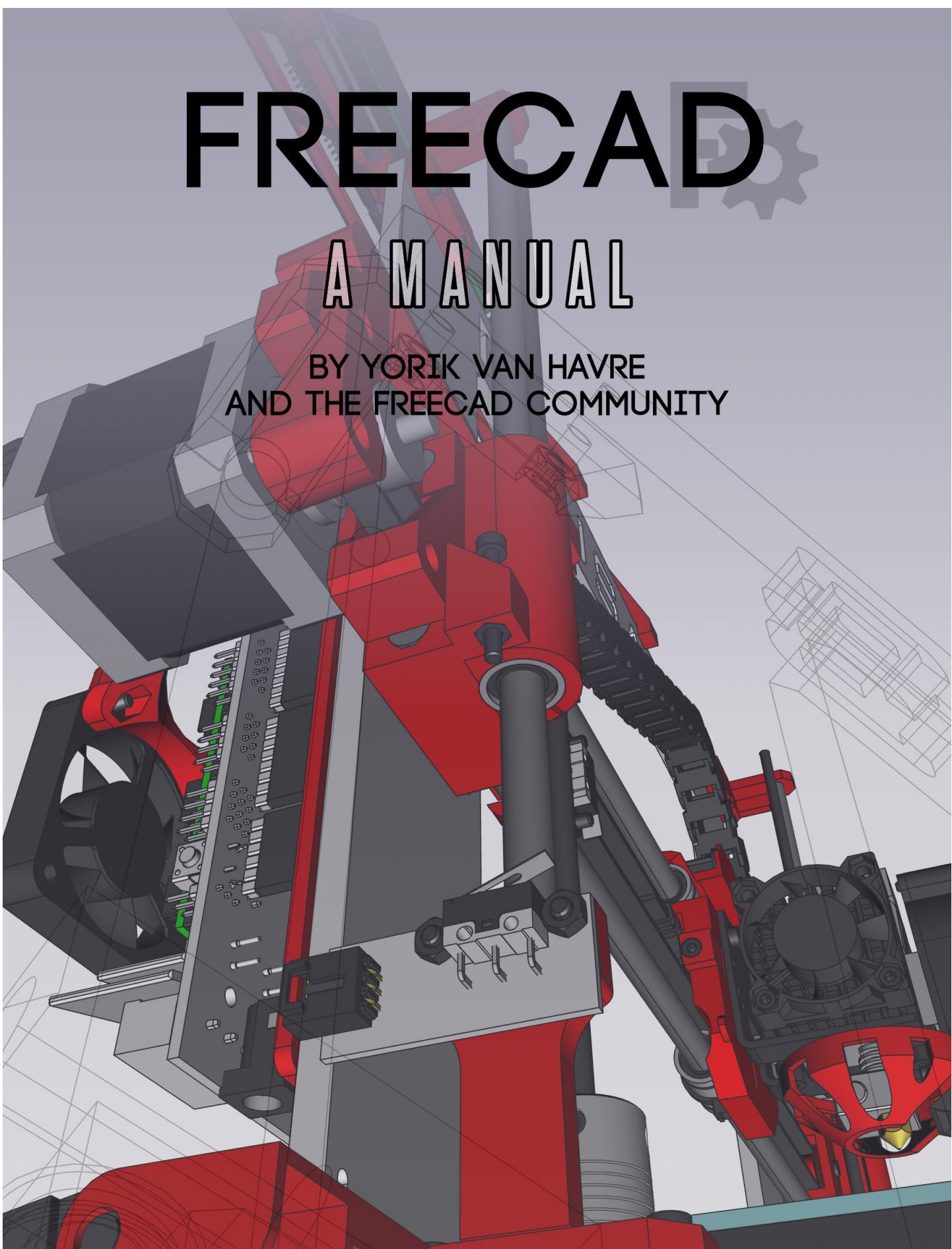


FREECAD

A MANUAL

BY YORIK VAN HAVRE
AND THE FREECAD COMMUNITY



Remerciements

Tout d'abord un très grand merci à Yorik et à la Communauté pour la création et le développement de cet excellent outil qu'est FreeCad.

Merci aussi pour la réalisation de ce manuel qui offre un tour d'horizon encourageant et motivant pour les nouveaux utilisateurs.

Avertissement concernant la traduction

Cet ouvrage a été traduit à partir des nombreuses pages déjà traduites concernant les différents ateliers et outils de FreeCad disponibles sur le site de la Communauté
<https://www.freecadweb.org>

Pour tout ce qui n'était pas encore traduit, je me suis servi de
<https://translate.google.fr/?hl=fr>

J'ai fait de mon mieux pour rendre compréhensible le résultat de la traduction automatique et j'ai utilisé parfois mon expérience de DAO/CAO pour affiner cette traduction.

Toutefois, dans certains domaines, comme l'atelier Arch par exemple ainsi que la programmation Python où je n'ai aucune connaissance, il est fort probable que de nombreux points sont mal traduits ou inappropriés.

Je demande donc à chaque lecteur de bien vouloir me faire parvenir ses remarques par le forum de FreeCad : <https://forum.freecadweb.org/>

Merci d'avance pour votre indulgence,
jpg87

Avertissement concernant les liens

La traduction française n'étant pas toujours disponible, j'ai choisi de conserver les liens d'origine sur les sites anglophones : à chacun de vérifier en bas de page si une traduction française existe.

Un manuel pour FreeCAD : Table des matières

<u>Introduction</u>	1.1
<u>Découvrir FreeCAD</u>	1.2
<u>Qu'est-ce que FreeCAD?</u>	1.2.1
<u>Installation</u>	1.2.2
<u>Installation sur Windows</u>	1.2.2.1
<u>Installation sur Linux</u>	1.2.2.2
<u>Installation sur Mac OS</u>	1.2.2.3
<u>Désinstallation</u>	1.2.2.4
<u>Définir les préférences de base</u>	1.2.2.5
<u>Installation de contenu supplémentaire</u>	1.2.2.6
<u>L'interface FreeCAD</u>	1.2.3
<u>Les ateliers</u>	1.2.3.1
<u>L'interface</u>	1.2.3.2
<u>Personnalisation de l'interface</u>	1.2.3.3
<u>Navigation dans la vue 3D</u>	1.2.4
<u>Un mot sur l'espace 3D</u>	1.2.4.1
<u>La vue FreeCAD 3D</u>	1.2.4.2
<u>Sélection d'objets</u>	1.2.4.3
<u>Le document FreeCAD</u>	1.2.5
<u>Objets paramétriques</u>	1.2.6
<u>Importer et exporter vers d'autres types de fichiers</u>	1.2.7
<u>Travailler avec FreeCAD</u>	1.3
<u>Un coup d'œil sur les différents ateliers</u>	1.3.1
<u>Modélisation traditionnelle, mode CSG</u>	1.3.2
<u>Dessin 2D traditionnel</u>	1.3.3
<u>Modélisation pour la conception de produits</u>	1.3.4
<u>Préparation de modèles pour l'impression 3D</u>	1.3.5
<u>Exportation vers des trameuses</u>	1.3.5.1
<u>Conversion d'objets en mailles</u>	1.3.5.2
<u>Utilisation de Slic3r</u>	1.3.5.3
<u>Utilisation de l'addon Cura</u>	1.3.5.4
<u>Génération du G-code</u>	1.3.5.5
<u>Génération de dessins 2D</u>	1.3.6
<u>Modélisation BIM</u>	1.3.7
<u>Utilisation de feuilles de calcul</u>	1.3.8
<u>Lecture des propriétés</u>	1.3.8.1
<u>Écriture des propriétés</u>	1.3.8.2
<u>Création d'analyses FEM</u>	1.3.9
<u>Création de rendus</u>	1.3.10
<u>Scripts Python</u>	1.4
<u>Une introduction douce</u>	1.4.1
<u>Écriture du code Python</u>	1.4.1.1
<u>Manipulation d'objets FreeCAD</u>	1.4.1.2
<u>Vecteurs et emplacements</u>	1.4.1.3
<u>Création et manipulation de la géométrie</u>	1.4.2
<u>Création d'objets paramétriques</u>	1.4.3
<u>Création d'outils d'interface</u>	1.4.4
<u>La communauté</u>	1.5

Un manuel FreeCAD

1-1 Introduction

[FreeCAD](#) est une application open source (gratuite) pour la modélisation 3D paramétrique. Il est principalement conçu pour modéliser des objets de la vie courante, allant des petits composants électroniques aux bâtiments et aux projets de génie civil, en mettant l'accent sur les objets imprimables en 3D. FreeCAD est en téléchargement libre, ainsi que son utilisation, sa distribution et toute modification et son code source est ouvert et publié sous la licence [LGPL](#) très permissive. Les données que vous produisez avec FreeCAD sont entièrement à vous et peuvent être récupérées sans FreeCAD.

FreeCAD est également fondamentalement un projet social, car il est développé et maintenu par une communauté de développeurs et d'utilisateurs unis par leur passion pour FreeCAD.

Ce manuel est une expérience consistant à prendre la voie inverse du wiki officiel de la documentation FreeCAD ([official FreeCAD documentation wiki](#)). Le wiki est écrit en collaboration par des dizaines de membres de la communauté et, comme la plupart des wikis, il contient dénormes quantités d'informations, mais il est très difficile d'accès et de navigation par les nouveaux arrivants. Cela en fait une ressource précieuse à titre de référence, mais pas un outil très pratique pour apprendre FreeCAD. Ce manuel vous guidera à travers les mêmes informations disponibles sur le wiki. Cependant, nous espérons que le rythme plus progressif, basé sur les exemples, et le ton plus uniifié donné par un nombre plus restreint d'auteurs, le rendra plus approprié pour un premier contact avec FreeCAD et qu'il deviendra un parfait compagnon pour le wiki.

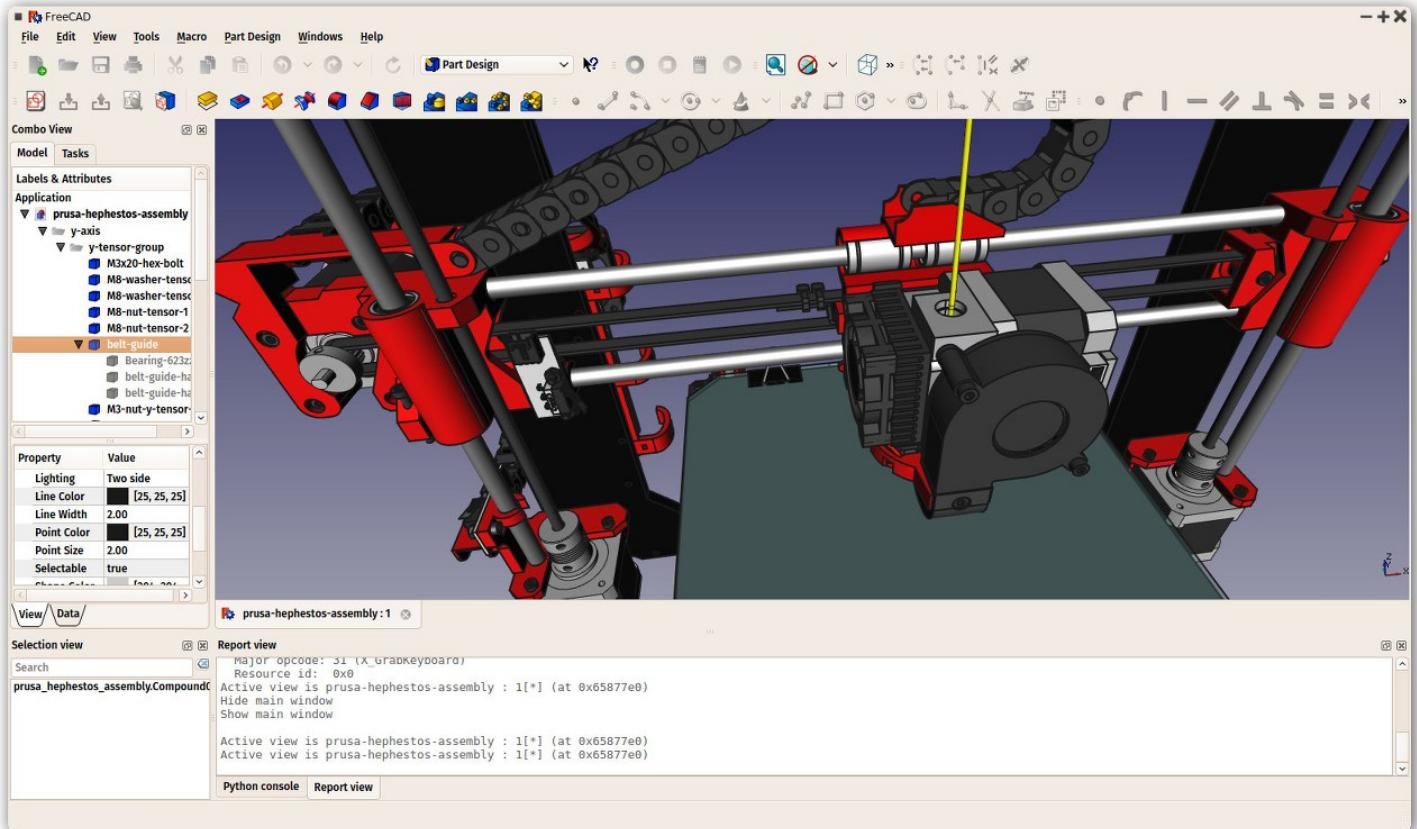
Ce manuel a été écrit pour la version stable actuelle de FreeCAD qui est la version 0.16.

Tout le contenu de ce manuel est publié sous la licence [Creative Commons 4.0](#) et peut être utilisé, téléchargé, copié et modifié de manière libre. Les fichiers source de ce manuel sont hébergés sur ce [wiki](#) et sur le compte original du [github](#) utilisé pour écrire la première version de ce livre. Plus faciles à lire, les versions HTML, PDF, MOBI et EPUB sont disponibles sur [GitBook](#). Une version imprimée est en préparation.

Ce livre a été écrit principalement par Yorik, mais en utilisant beaucoup d'informations construites par les utilisateurs de FreeCAD, principalement du wiki FreeCAD. Le véritable auteur de ce livre est en fait toute la communauté FreeCAD !

1-2 Découverte de FreeCAD

1-2-1 Qu'est-ce que FreeCAD?



FreeCAD est une application de modélisation 3D paramétrique open source, conçue principalement pour concevoir des objets de la vie réelle. La modélisation paramétrique décrit un certain type de modélisation, où la forme des objets 3D que vous concevez est contrôlée par des paramètres. Par exemple, la forme d'une brique peut être contrôlée par trois paramètres: hauteur, largeur et longueur. Dans FreeCAD, comme dans d'autres modeleurs paramétriques, ces paramètres font partie de l'objet et restent modifiables à tout moment après la création de l'objet. Certains objets peuvent avoir d'autres objets comme paramètres, par exemple, vous pourriez avoir un objet qui prend notre brique comme entrée et crée une colonne à partir de celle-ci. Vous pouvez penser à un objet paramétrique en tant que petit programme qui crée une géométrie à partir des paramètres.

FreeCAD n'est pas conçu pour un type de travail particulier ou pour créer un certain type d'objets. Au lieu de cela, il permet une large gamme d'utilisations, et permet aux utilisateurs de produire des modèles de toutes les tailles et de tous les objets, depuis les petits composants électroniques jusqu'aux pièces imprimables en 3D et jusqu'aux bâtiments. Chacune de ces tâches comporte différents ensembles dédiés d'outils et de flux de travail disponibles.

FreeCAD est également multiplateforme (il fonctionne exactement de la même manière sur les plates-formes Windows, Mac OS et Linux) et open-source. Étant open-source, FreeCAD bénéficie des contributions et des efforts d'une grande communauté de programmeurs, amateurs et utilisateurs du monde entier. FreeCAD est essentiellement une application créée par les personnes qui l'utilisent, au lieu d'être créée par une entreprise qui tente de vous vendre un produit. Et bien sûr, cela signifie également que FreeCAD est gratuit, non seulement pour l'utilisation, mais aussi pour distribuer, copier, modifier ou même vendre.

FreeCAD est une application open source de modélisation 3D paramétrique, conçue principalement pour concevoir des objets de la vie courante. La modélisation paramétrique décrit un certain type de modélisation, où la forme des objets 3D que vous concevez est contrôlée par des paramètres. Par exemple, la forme d'une brique peut être contrôlée par trois paramètres: hauteur, largeur et longueur. Dans FreeCAD, comme dans d'autres modélisateurs paramétriques, ces paramètres font partie de l'objet et restent modifiables à tout moment après la création de l'objet. Certains objets peuvent avoir d'autres objets comme paramètres, par exemple, vous pourriez avoir un objet qui prend notre brique comme entrée et crée une colonne à partir de celle-ci. Vous pouvez penser à un objet paramétrique en tant que petit programme qui crée une géométrie à partir des paramètres.

FreeCAD n'est pas conçu pour un type de travail particulier ou pour créer un certain type d'objets. Au lieu de cela, il permet une large gamme d'utilisations, et permet aux utilisateurs de produire des modèles de toutes les tailles et de tous les objets, depuis les petits composants électroniques jusqu'aux pièces imprimables en 3D et jusqu'aux bâtiments. Chacune de ces tâches comporte différents ensembles dédiés d'outils et de flux de travail disponibles.

FreeCAD est également multiplateforme (il fonctionne exactement de la même manière sur les plates-formes Windows, Mac OS et Linux) et open-source. Étant open-source, FreeCAD bénéficie des contributions et des efforts d'une grande communauté de programmeurs, amateurs et utilisateurs du monde entier. FreeCAD est essentiellement une application créée par les personnes qui l'utilisent, au lieu d'être créée par une entreprise qui tente de vous vendre un produit. Et bien sûr, cela signifie également que FreeCAD est gratuit, non seulement pour l'utilisation, mais aussi pour distribuer, copier, modifier ou même vendre.

FreeCAD bénéficie également de l'expérience énorme accumulée par le monde open-source. Dans ses entrailles, plusieurs autres composants du monde open-source sont utilisés, car FreeCAD lui-même peut être utilisé comme composant dans d'autres applications. Il possède également toutes sortes de fonctionnalités qui sont devenues une norme dans le monde open-source, telles que le support d'une large gamme de formats de fichiers, extrêmement scriptables, personnalisables et modifiables. Tout est possible grâce à une communauté d'utilisateurs dynamique et enthousiaste.

Le site officiel de FreeCAD se trouve à <http://www.freecadweb.org>

Lire plus d'informations:

- À propos de FreeCAD: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=About_FreeCAD
- Liste des fonctionnalités: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Feature_list
- Captures d'écran et cas d'utilisateurs: <http://forum.freecadweb.org/viewforum.php?f=24>

1-2-2 Installation

FreeCAD utilise la licence [LGPL](#), ce qui vous permet de télécharger, installer, redistribuer et utiliser FreeCAD comme vous le souhaitez, quel que soit le type de travail que vous allez faire avec (commercial ou non commercial). Vous n'êtes lié à aucune clause ou restriction, et les fichiers que vous produirez avec sont entièrement à vous. La seule chose que la licence interdit, en réalité, est de prétendre que vous avez programmé FreeCAD vous-même !

FreeCAD fonctionne sans aucune différence sur Windows, Mac OS et Linux. Cependant, les méthodes d'installation diffèrent légèrement selon votre plate-forme. Sur Windows et Mac, la communauté FreeCAD fournit des paquets précompilés (installateurs) prêts à télécharger, alors que sous Linux, le code source est mis à la disposition des responsables de distribution de Linux, qui sont responsables de l'emballage de FreeCAD pour leur distribution spécifique. Par conséquent, sur Linux, vous pouvez généralement installer FreeCAD directement à partir de l'application du gestionnaire de logiciels.

La page de téléchargement officielle de FreeCAD pour Windows et Mac OS est
<https://github.com/FreeCAD/FreeCAD/releases>

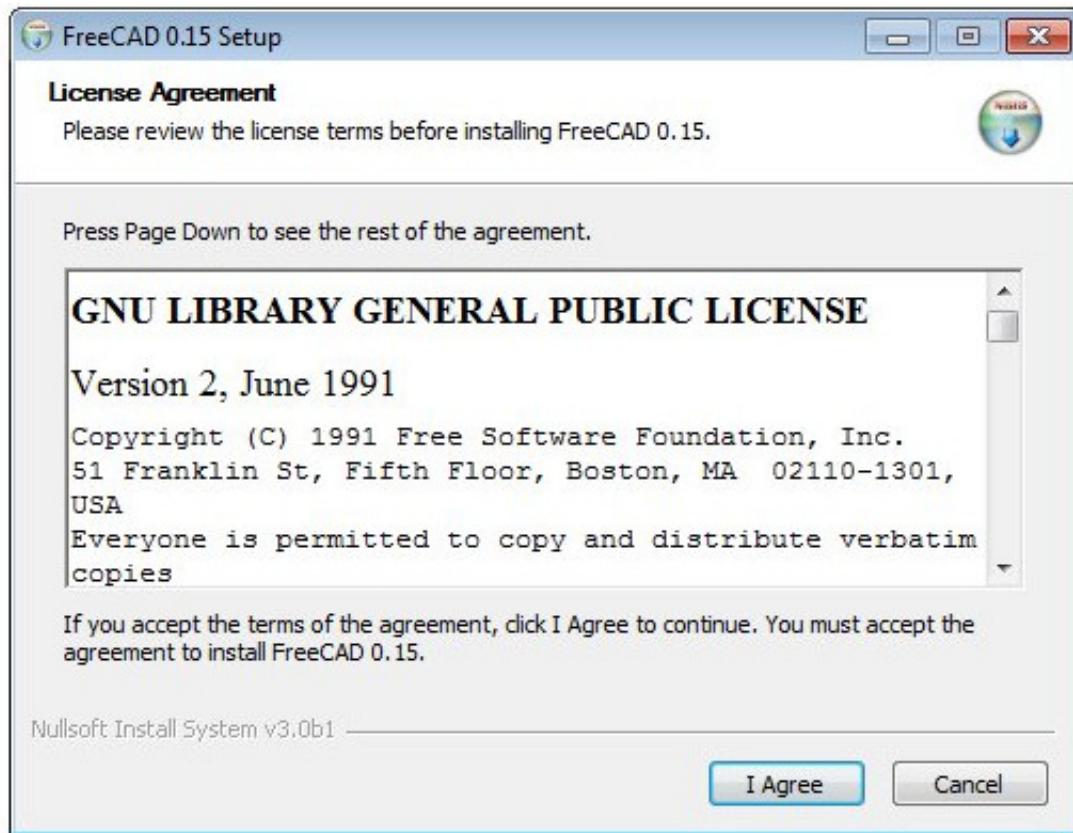
Versions de FreeCAD

Les versions officielles de FreeCAD, que vous pouvez trouver sur la page ci-dessus et dans le gestionnaire de logiciels de votre distribution, sont des versions stables. Cependant, le développement de FreeCAD est rapide! Les nouvelles fonctionnalités et les corrections de bogues sont ajoutées presque tous les jours. Puisque cela peut parfois prendre beaucoup de temps entre les versions stables, vous pourriez être intéressé par essayer une version plus efficace de FreeCAD. Ces versions de développement, ou pré-versions, sont mises à disposition de temps en temps vers la page de téléchargement mentionnée ci-dessus ([download page](#)) ou, si vous utilisez Ubuntu, la communauté FreeCAD gère également [PPA](#) (Personal Package Archives) ou «builds quotidiens» régulièrement mis à jour avec les changements les plus récents.

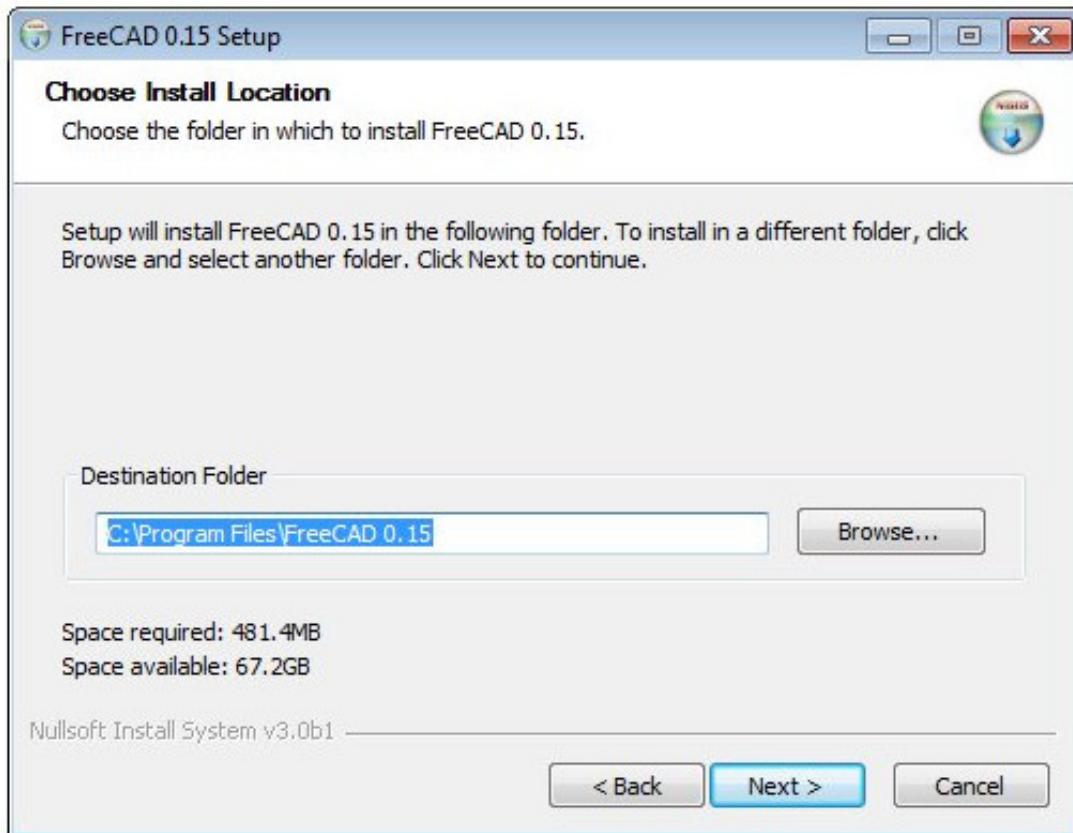
Si vous installez FreeCAD dans une machine virtuelle, sachez que la performance peut être faible ou, dans certains cas, inutilisable en raison des limites du support [OpenGL](#) sur la plupart des machines virtuelles.

1-2-2-1 Installation sur Windows

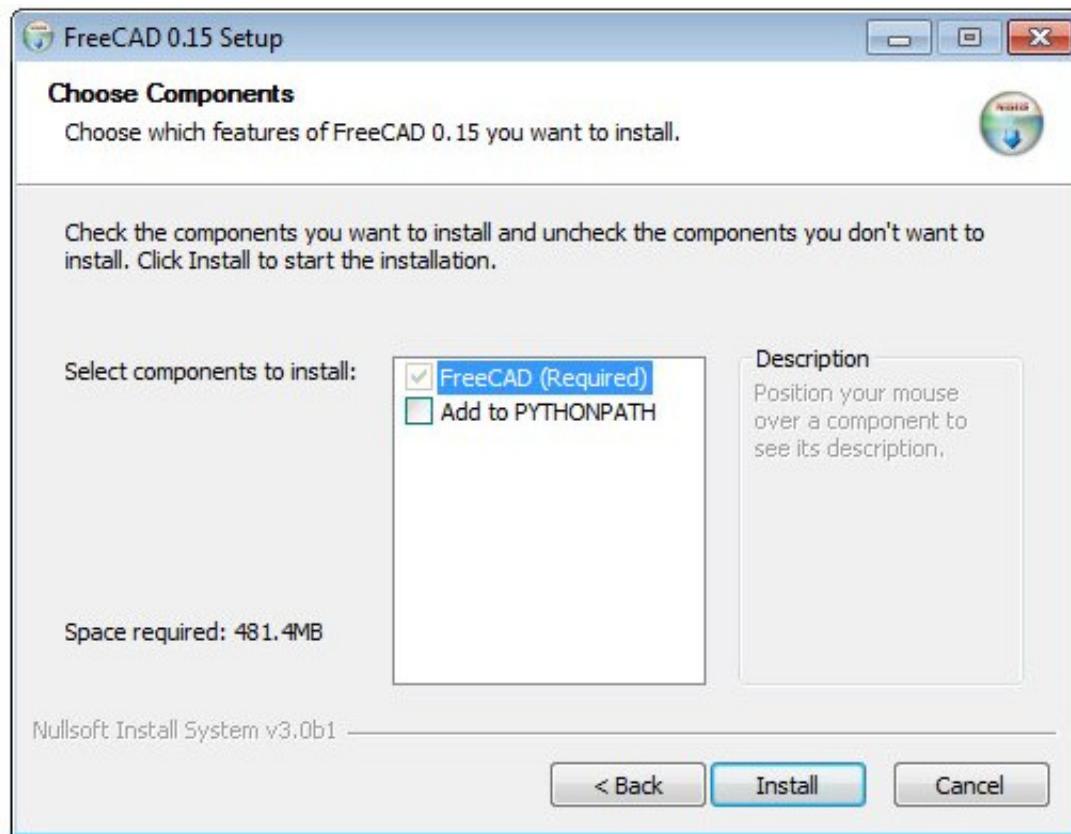
1. Téléchargez un package d'installation (.exe) correspondant à votre version de Windows (32 bits ou 64 bits) à partir de la page de téléchargement ([download page](#)). Les installateurs FreeCAD devraient fonctionner sur n'importe quelle version à partir de Windows 7.
2. Double-cliquez sur le programme d'installation téléchargé.
3. Acceptez les termes de la licence LGPL (ce sera l'un des rares cas où vous pouvez vraiment cliquer sur le bouton "accepter" sans lire le texte. Pas de clauses cachées) :



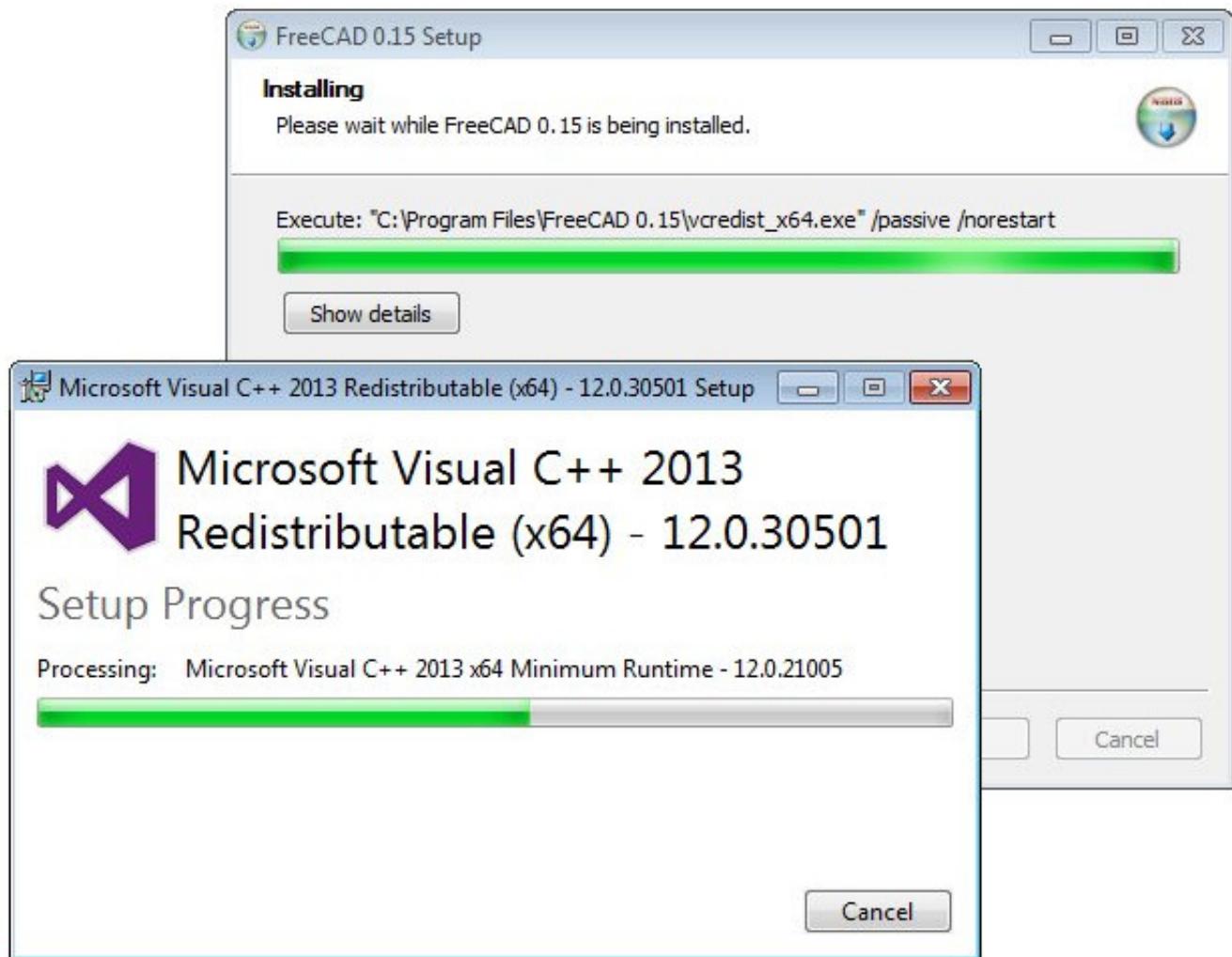
4. Vous pouvez laisser ici le chemin par défaut ou le modifier si vous le souhaitez:



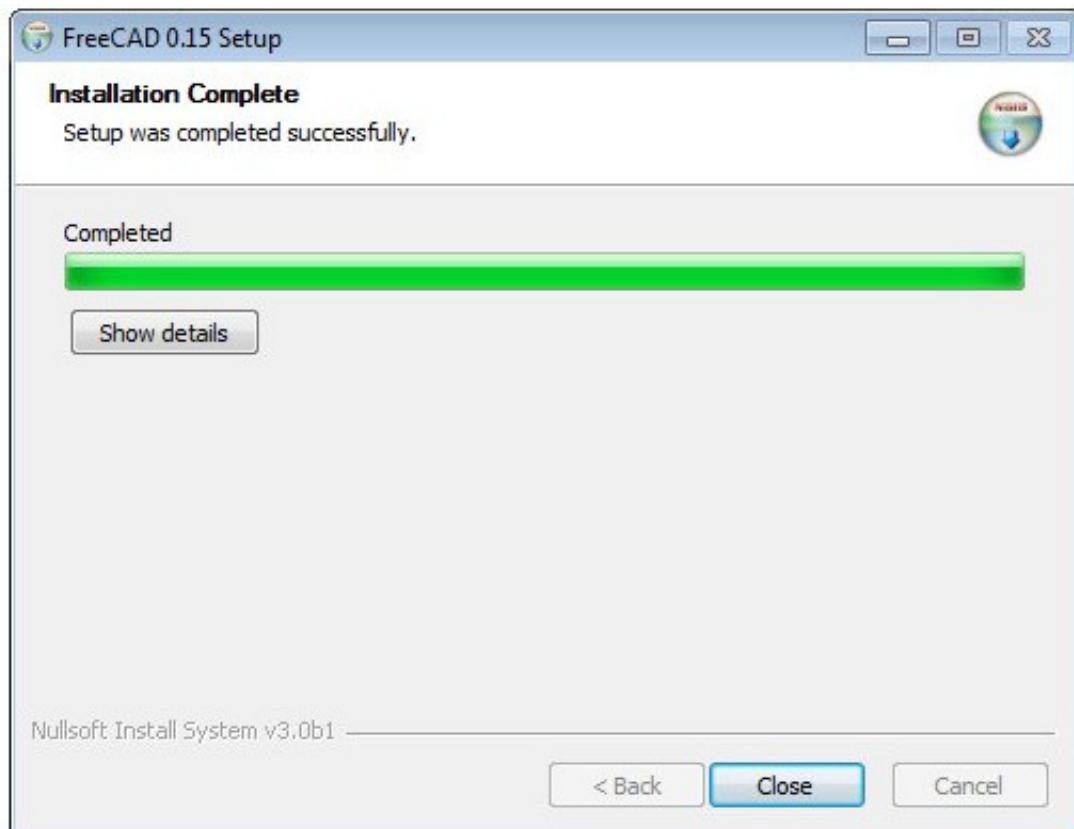
5. Il n'est pas nécessaire de définir la variable PYTHONPATH, sauf si vous prévoyez faire des améliorations en programmation Python, dans ce cas, vous savez probablement déjà pourquoi :



6. Pendant l'installation, un certain nombre de composants supplémentaires, qui sont regroupés à l'intérieur de l'installeur, sera installé aussi :



7. Ça y est, FreeCAD est installé. Vous le trouverez dans votre menu de démarrage.



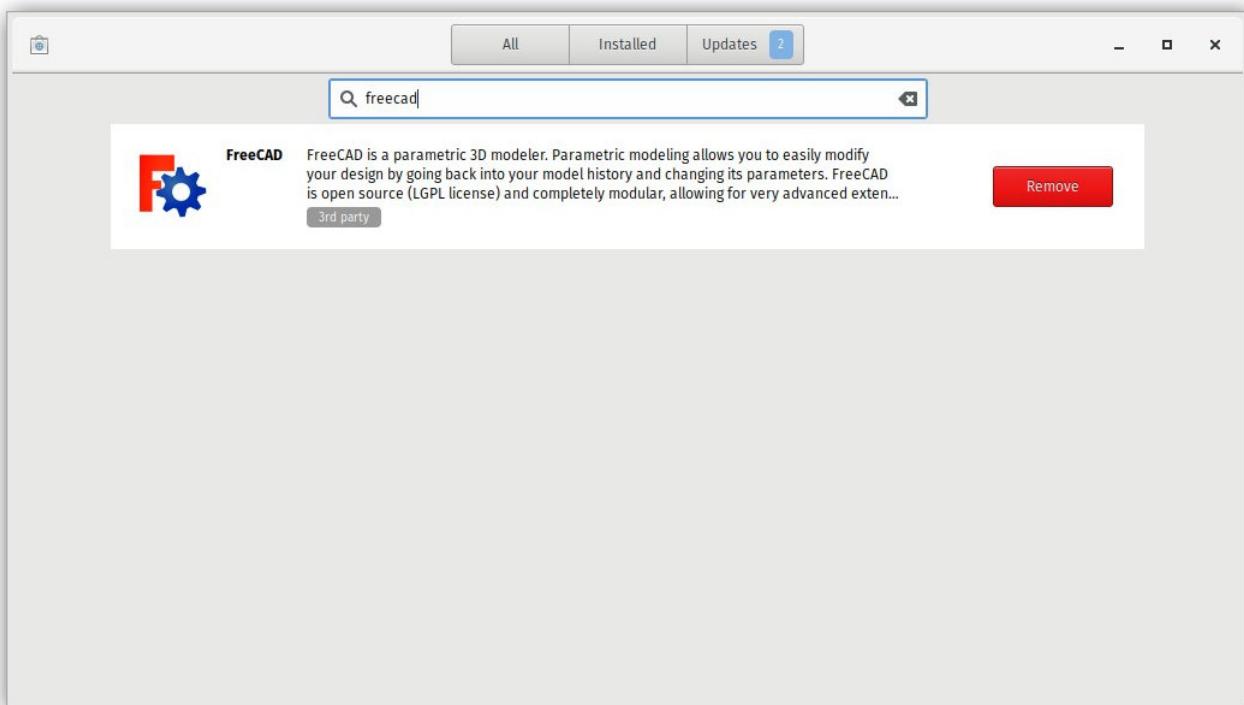
Installation d'une version de développement

La réalisation du package FreeCAD et la création d'un installateur prend du temps et du dévouement, de sorte que les versions de développement (également appelées pré-versions) sont fournies sous forme d'archives .zip (ou .7z). Celles-ci n'ont pas besoin d'être installées, il suffit de les décompresser et de lancer FreeCAD en double-cliquant sur le fichier FreeCAD.exe que vous trouverez à l'intérieur. Cela vous permet également de conserver à la fois les versions stable et "instable" sur le même ordinateur.

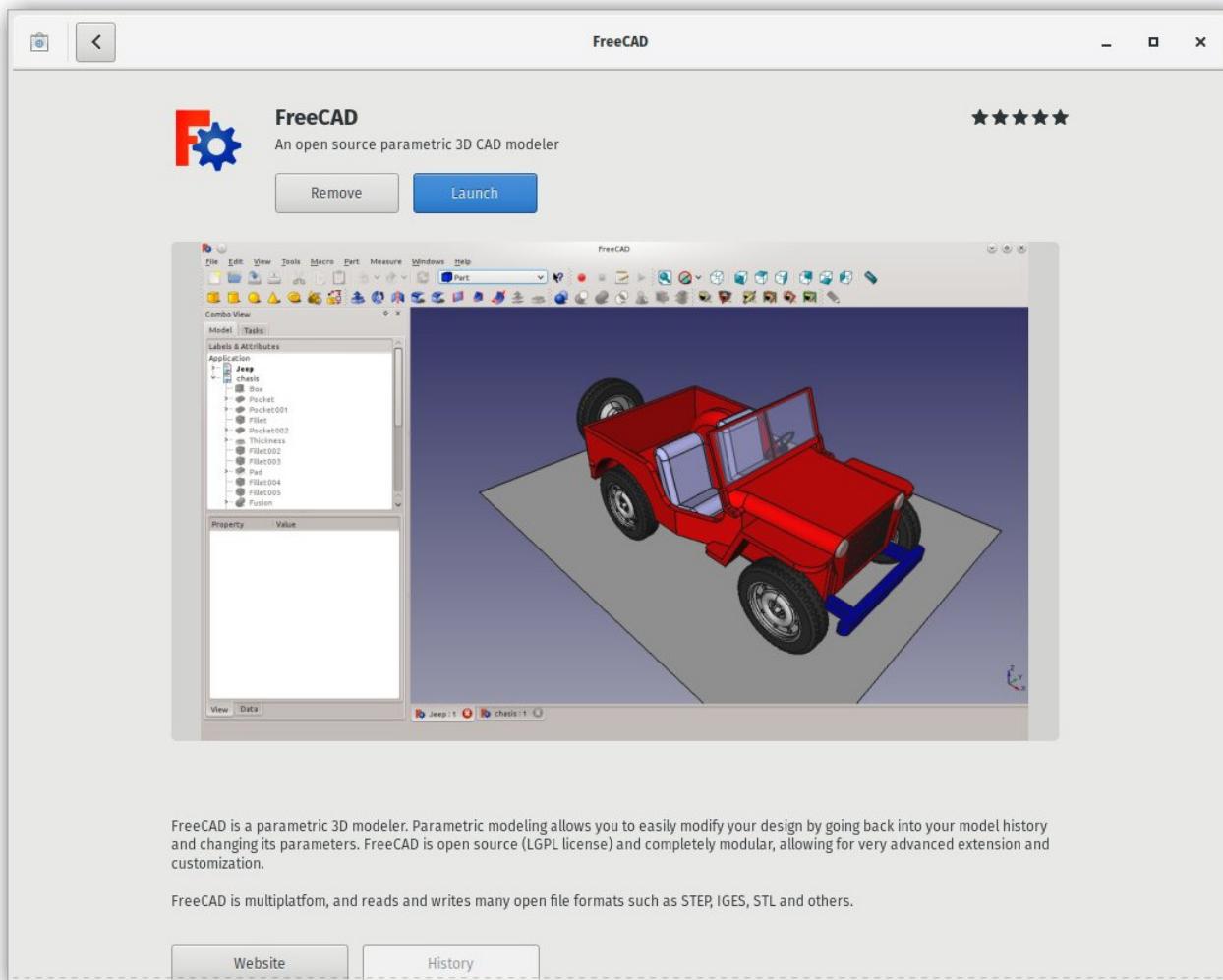
1-2-2 Installation sur Linux

Sur la plupart des distributions Linux modernes (Ubuntu, Fedora, OpenSUSE, Debian, Mint, Elementary, etc.), FreeCAD peut être installé en un bouton, directement à partir de l'application de gestion de logiciels fournie par votre distribution (l'aspect peut différer des images ci-dessous, chaque distribution utilise son propre outil).

1. Ouvrez le gestionnaire de logiciels et recherchez "freecad":



2. Cliquez sur le bouton "installer" et c'est tout, FreeCAD s'installe. N'oubliez pas de noter ensuite!



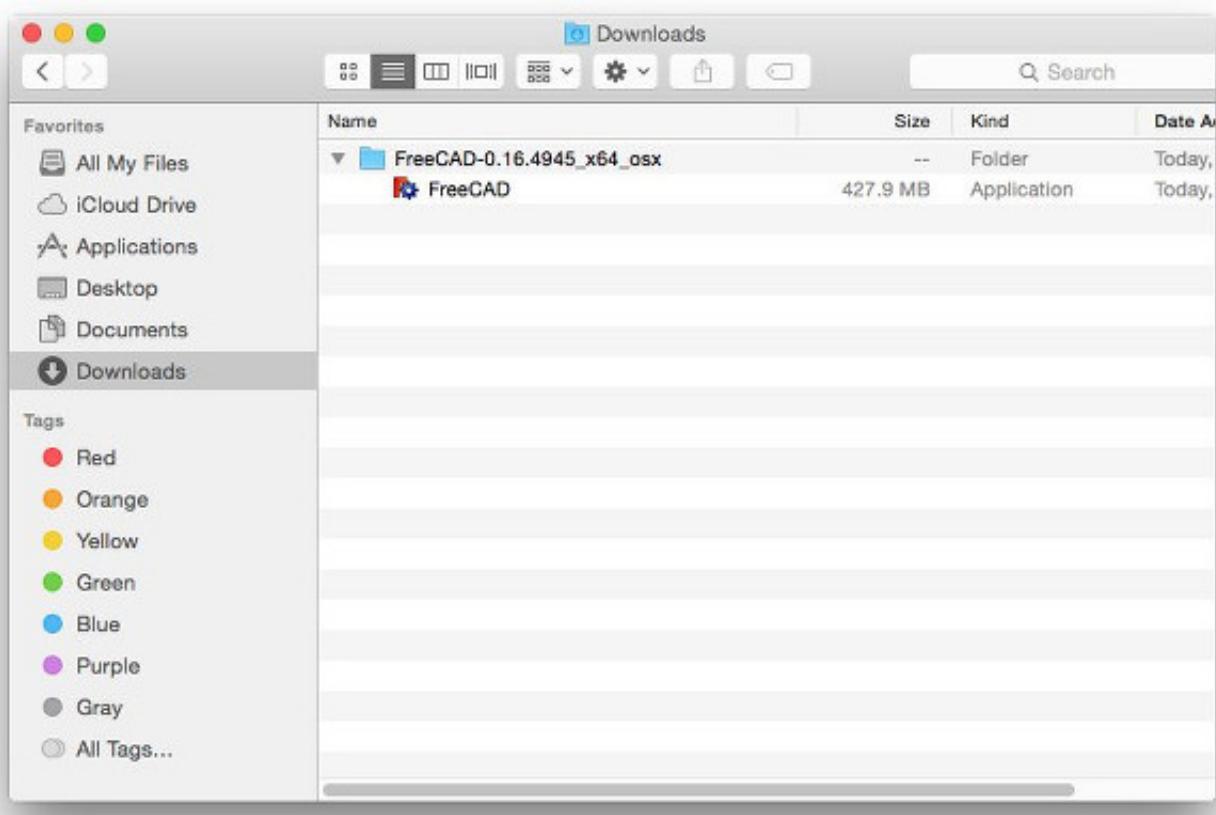
Modes alternatifs

L'une des grandes joies de l'utilisation de Linux est la multitude de possibilités d'adapter votre logiciel, ne vous en privez donc pas. Sur Ubuntu et les dérivés, FreeCAD peut également être installé à partir d'un [PPA](#) maintenu par la communauté FreeCAD (il contient des versions stables et de développement) et, comme il s'agit de logiciels open-source, vous pouvez également compiler FreeCAD vous-même ([compile FreeCAD yourself](#)).

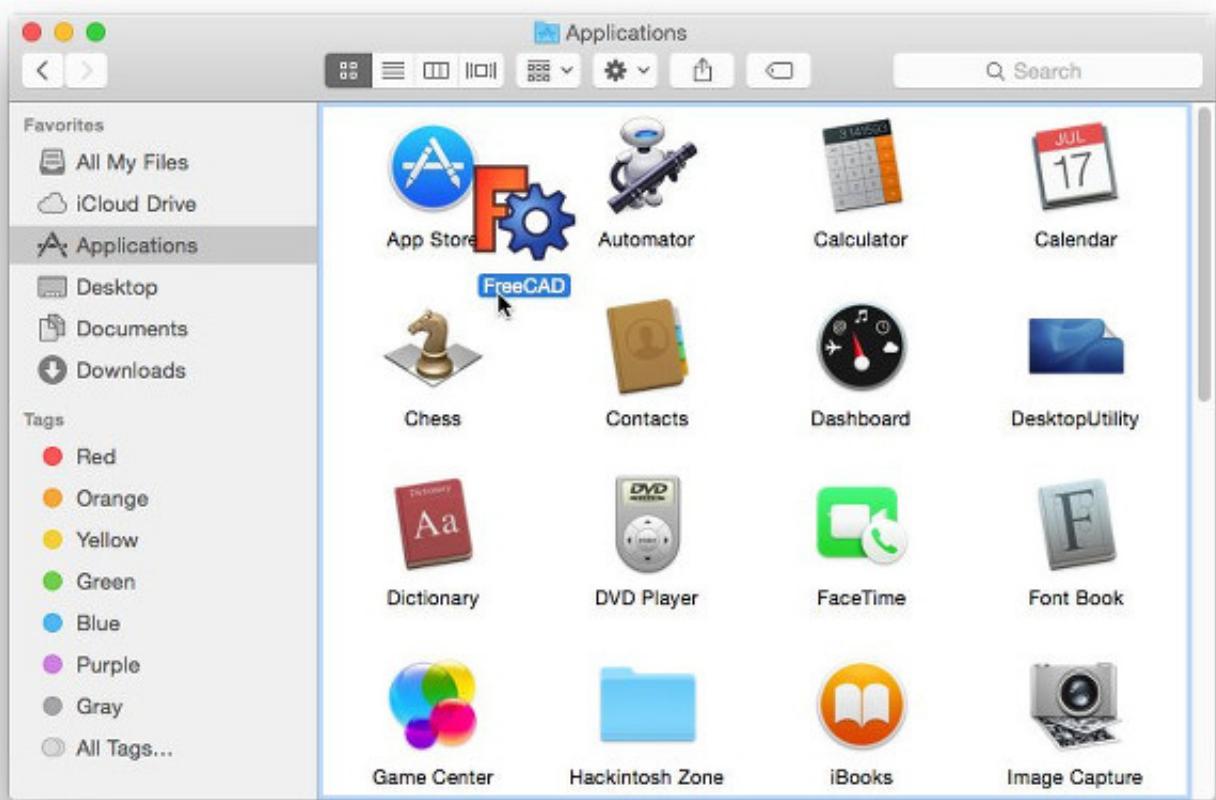
1-2-2-3 Installation sur Mac OS

L'installation de FreeCAD sur Mac OSX est aujourd'hui aussi simple que sur d'autres plates-formes. Cependant, étant donné qu'il y a moins de gens dans la communauté qui possèdent un Mac, les paquets disponibles sont souvent en retrait de quelques versions derrière les autres plates-formes.

1. Téléchargez un package compressé correspondant à votre version à partir de la page de téléchargement ([download page](#)).
2. Ouvrez le dossier Téléchargements et développez le fichier zip téléchargé:



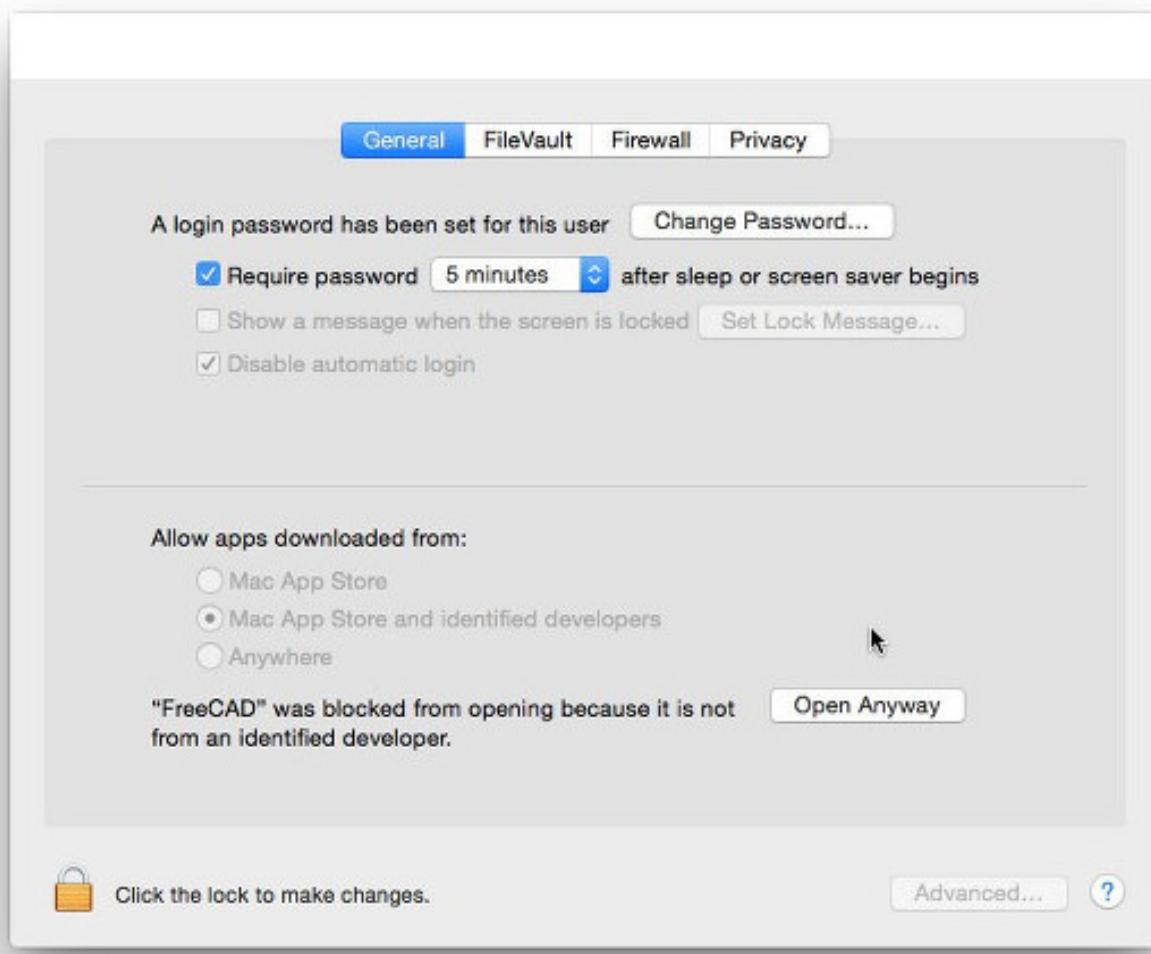
3. Faites glisser l'application FreeCAD de l'intérieur du zip vers le dossier Applications :



4. Ça y est, FreeCAD est installé !



5. Si le système empêche FreeCAD de se lancer, en raison des autorisations restreintes pour les applications ne provenant pas de l'App Store, vous devrez l'activer dans les paramètres du système :



1-2-2-4 Désinstallation

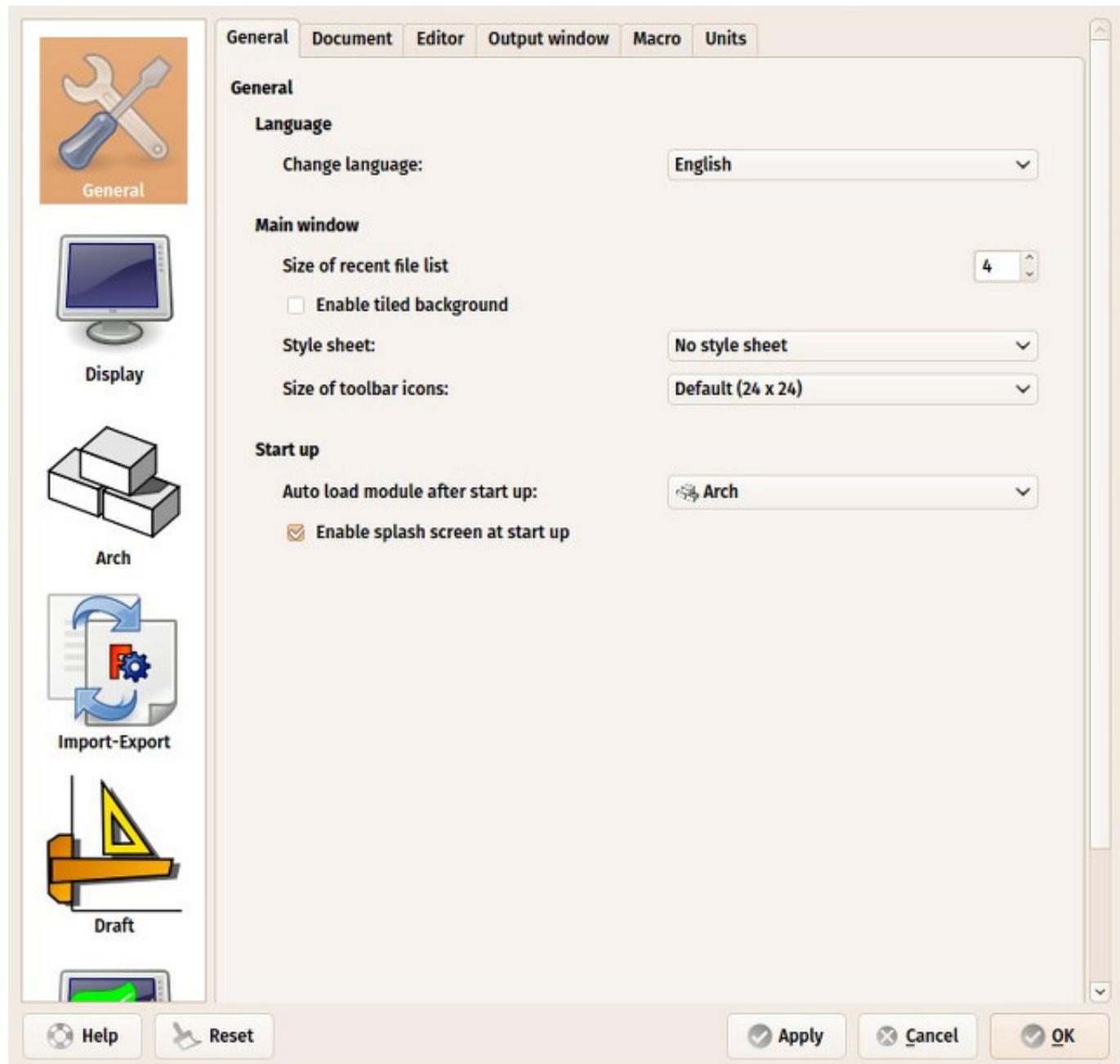
J'espère que vous ne voudrez pas le faire, mais il est bon de le savoir de toute façon. Sur Windows et Linux, la désinstallation de FreeCAD est très simple. Utilisez l'option "supprimer logiciel" standard qui se trouve dans le panneau de contrôle sur Windows, ou supprimez-le avec le même gestionnaire de logiciels que vous avez utilisé pour installer FreeCAD sur Linux. Sur Mac, tout ce que vous devez faire est de l'enlever du dossier Applications.

1-2-2-5 Définir les préférences de base

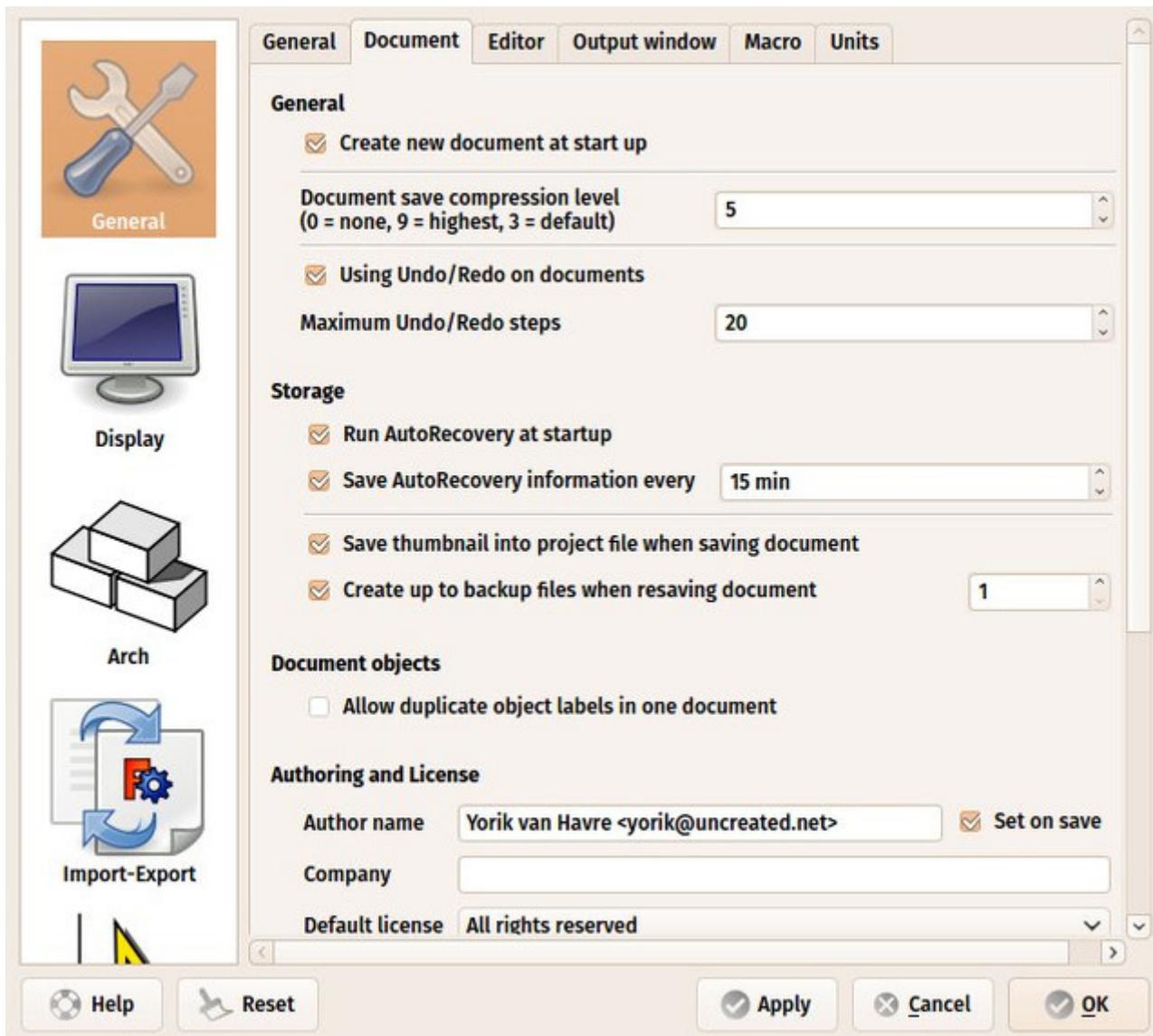
Une fois que FreeCAD est installé, vous voudrez peut-être l'ouvrir et définir quelques préférences.

Les paramètres de préférences dans FreeCAD se trouvent sous menu **Edit -> Preferences**. Vous pouvez parcourir les différentes pages pour voir s'il y a autre chose que vous voudriez changer, mais voici quelques éléments fondamentaux :

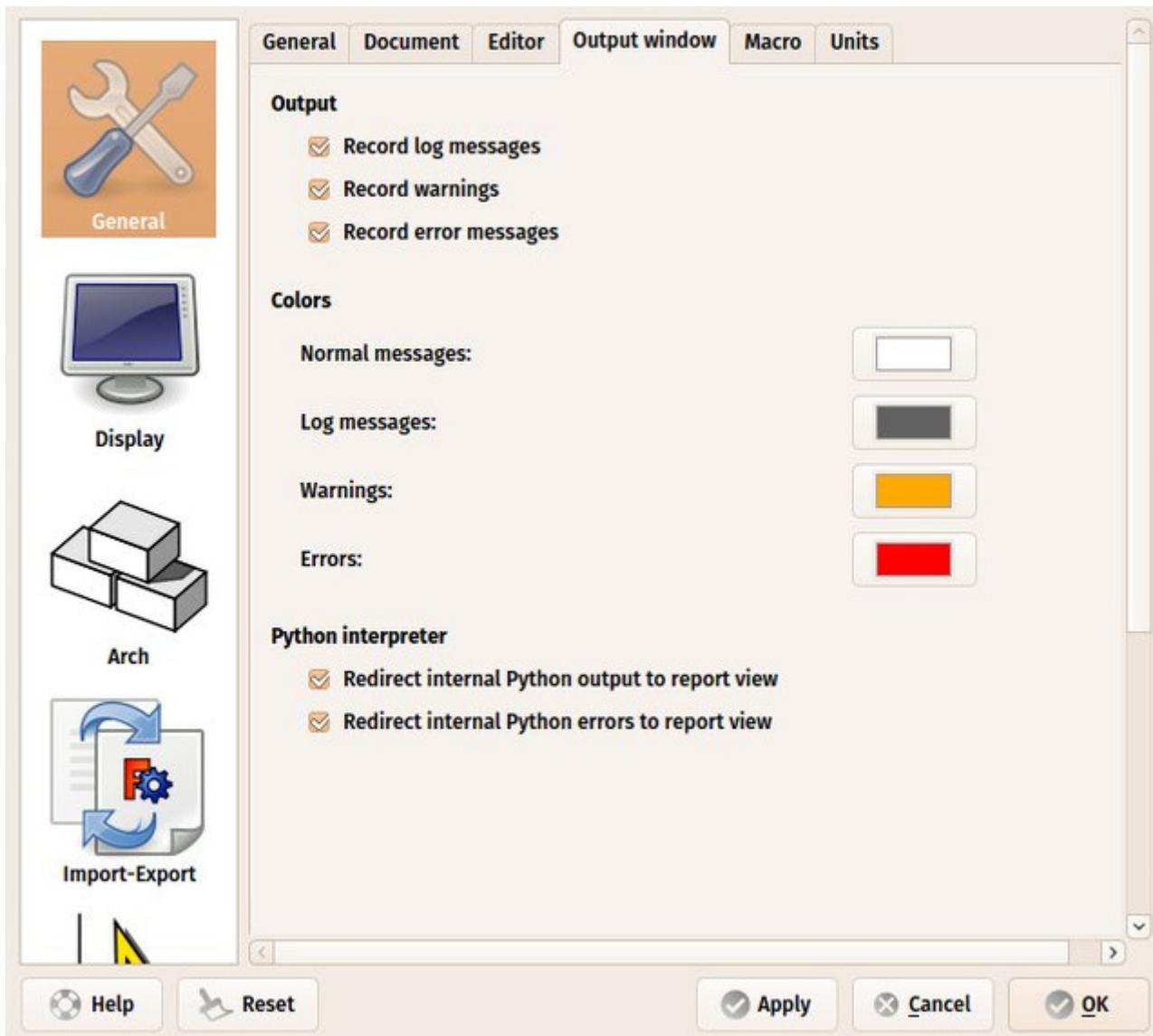
1. **Langue** : FreeCAD choisira automatiquement la langue de votre système d'exploitation, mais vous pourriez vouloir changer cela. FreeCAD est presque entièrement traduit en 5 ou 6 langues, plus beaucoup d'autres qui ne sont actuellement traduites que partiellement. Vous pouvez facilement aider à traduire FreeCAD ([help to translate FreeCAD](#)).



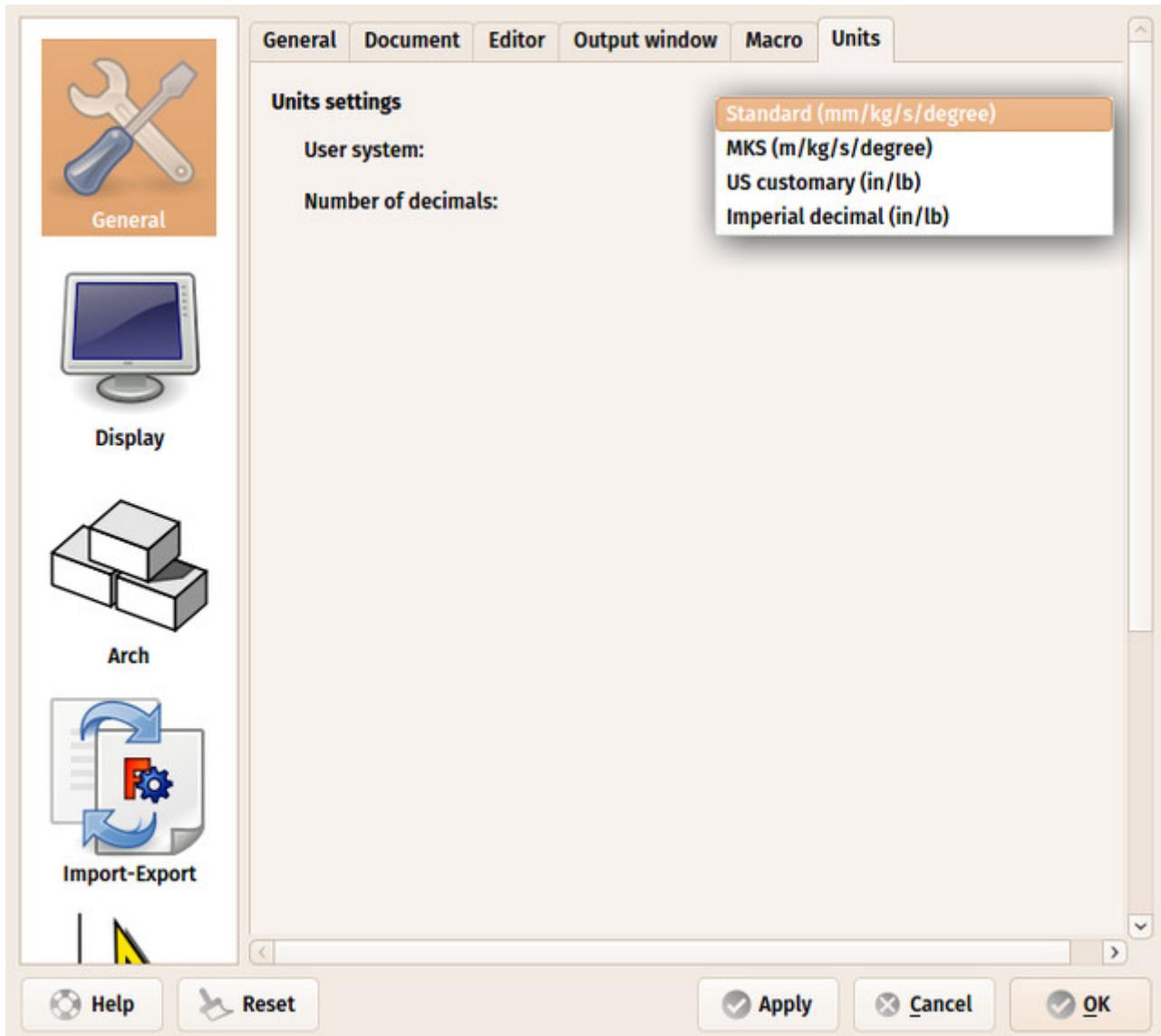
2. **Module de chargement automatique** : Normalement, FreeCAD commencera en vous montrant la page centrale de démarrage. Vous pouvez la sauter et commencer une session FreeCAD directement dans l'atelier de votre choix. Les ateliers ([Workbenches](#)) seront expliqués en détail dans le chapitre suivant.
3. **Créer un document au démarrage** : combiné à l'option ci-dessus, cela démarre FreeCAD prêt à travailler.



4. **Options de stockage** : en tant qu'application complexe, FreeCAD risque d'être interrompu de temps à autre. Ici, vous pouvez configurer quelques options qui vous aideront à récupérer votre travail en cas de crash.
5. **Autorisation et licence** : vous pouvez définir les paramètres par défaut qui seront utilisés pour votre nouveau dossier. Envisagez de rendre vos fichiers partageables directement depuis le début, en utilisant une licence plus amicale de [copyleft](#) comme [Creative Commons](#).
6. **Rediriger les messages Python vers la sortie** : ces deux options sont toujours bonnes à cocher, car elles vous permettront de voir ce qui ne va pas dans le rapport de fonctionnement quand il y a un problème avec l'exécution d'un script python particulier.



7. **Unités** : Ici, vous pouvez définir le système d'unités par défaut que vous souhaitez utiliser.



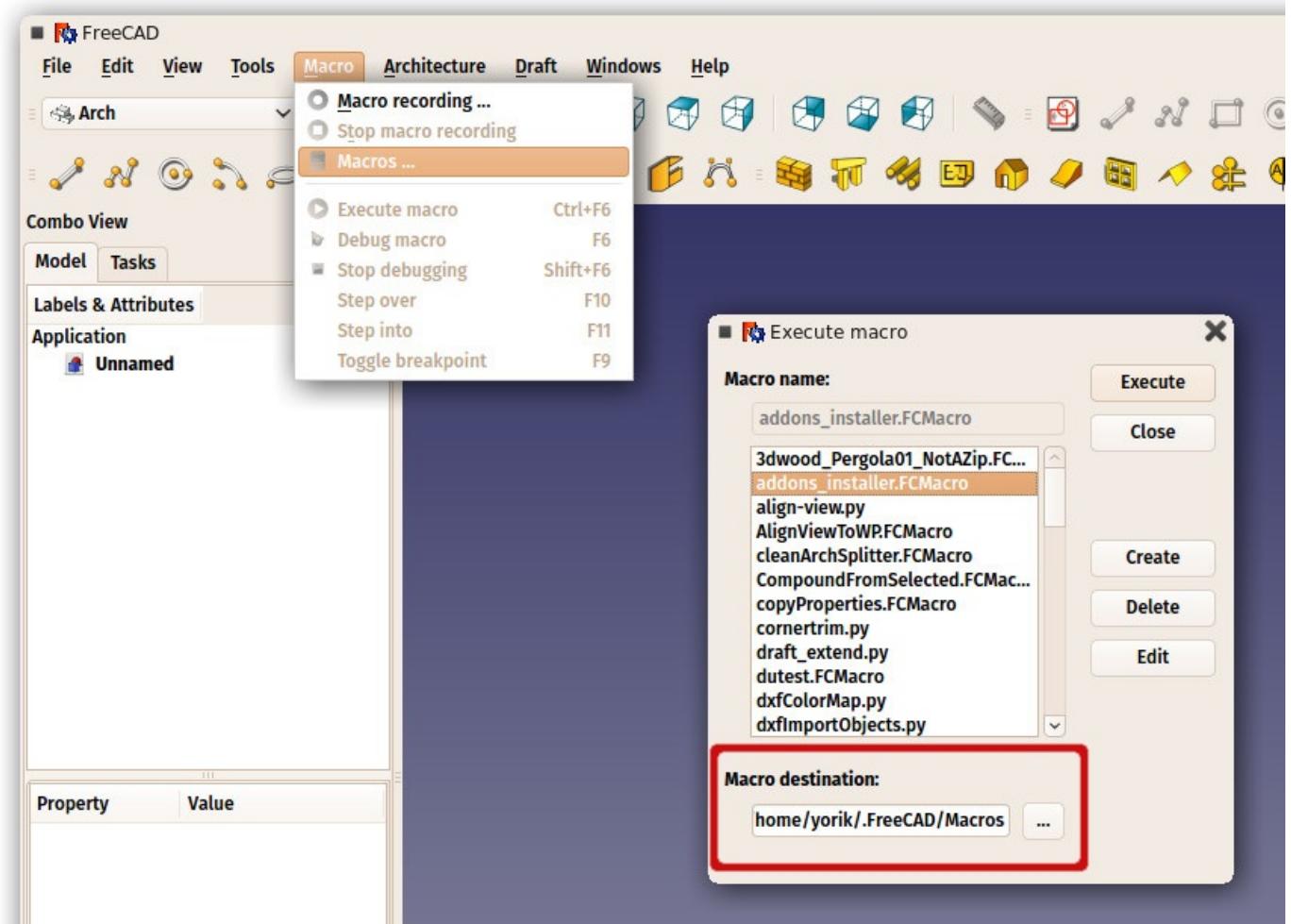
1-2-2-6 Installation de contenu supplémentaire

À mesure que le projet FreeCAD et sa communauté augmentent rapidement, et aussi parce qu'il est facile à étendre, les contributions externes et les projets parallèles réalisés par les membres de la communauté et les autres amateurs commencent à apparaître partout sur Internet. Cela demande un effort pour rassembler tous ces ajouts intéressants dans un seul endroit, sur la [FreeCAD github page](#). Là, entre autres choses, vous trouverez :

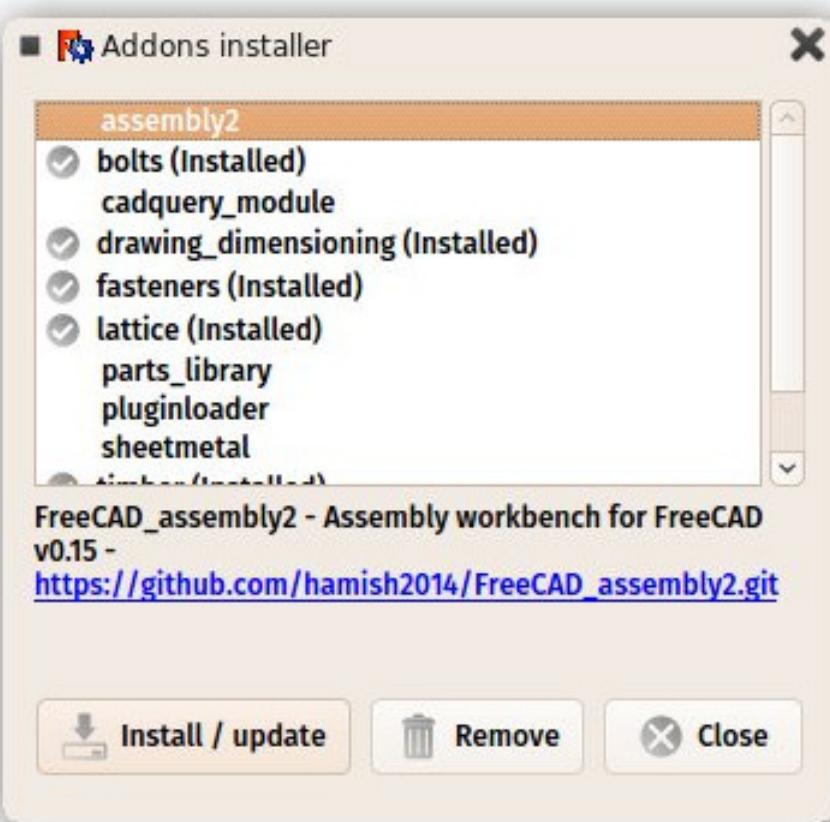
1. Une bibliothèque de pièces ([Parts library](#)), qui contient toutes sortes de modèles utiles, ou des modèles créés par des utilisateurs FreeCAD qui peuvent être utilisés gratuitement dans vos projets. La bibliothèque peut être utilisée et est accessible directement depuis votre installation FreeCAD.
2. Une collection de greffons ([collection of addons](#)), la plupart des ateliers supplémentaires, qui étendent la fonctionnalité de FreeCAD pour certaines tâches. Les instructions d'installation sont fournies sur chaque page complémentaire.
3. Une collection de macros ([collection of macros](#)), qui sont également disponibles sur le wiki FreeCAD ([the FreeCAD wiki](#)) ainsi que des informations sur la façon de les utiliser. Le wiki contient beaucoup plus de macros.

Si vous utilisez Ubuntu ou l'un de ses dérivés, le [PPA](#) FreeCAD-extras contient la plupart de ces addons. Sur d'autres plates-formes, n'importe quel addon, y compris la bibliothèque de pièces, peut être facilement installé à l'aide d'une macro addon-installer fournie dans le dépôt addons. La procédure suivante montre comment installer l'addon-installer (d'autres macros peuvent être installées de la même manière) :

1. Téléchargez le fichier addons-installer.FCMacro à partir de <https://github.com/FreeCAD/FreeCAD-addons> en cliquant dessus, puis en cliquant avec le bouton droit sur le bouton "RAW" et en choisissant "Enregistrer sous".
2. Placez la macro dans votre dossier de destination FreeCAD Macros. Le chemin de destination de FreeCAD Macros est indiqué au bas de la boîte de dialogue de **Exécuter macro** dans FreeCAD:



3. Fermez et réouvrez la boîte de dialogue de **Exécuter macro**, puis démarrez **Addons_installer.FCMacro**. Le programme d'installation démarrera, d'où vous pourrez installer, mettre à jour et désinstaller tous les addons :

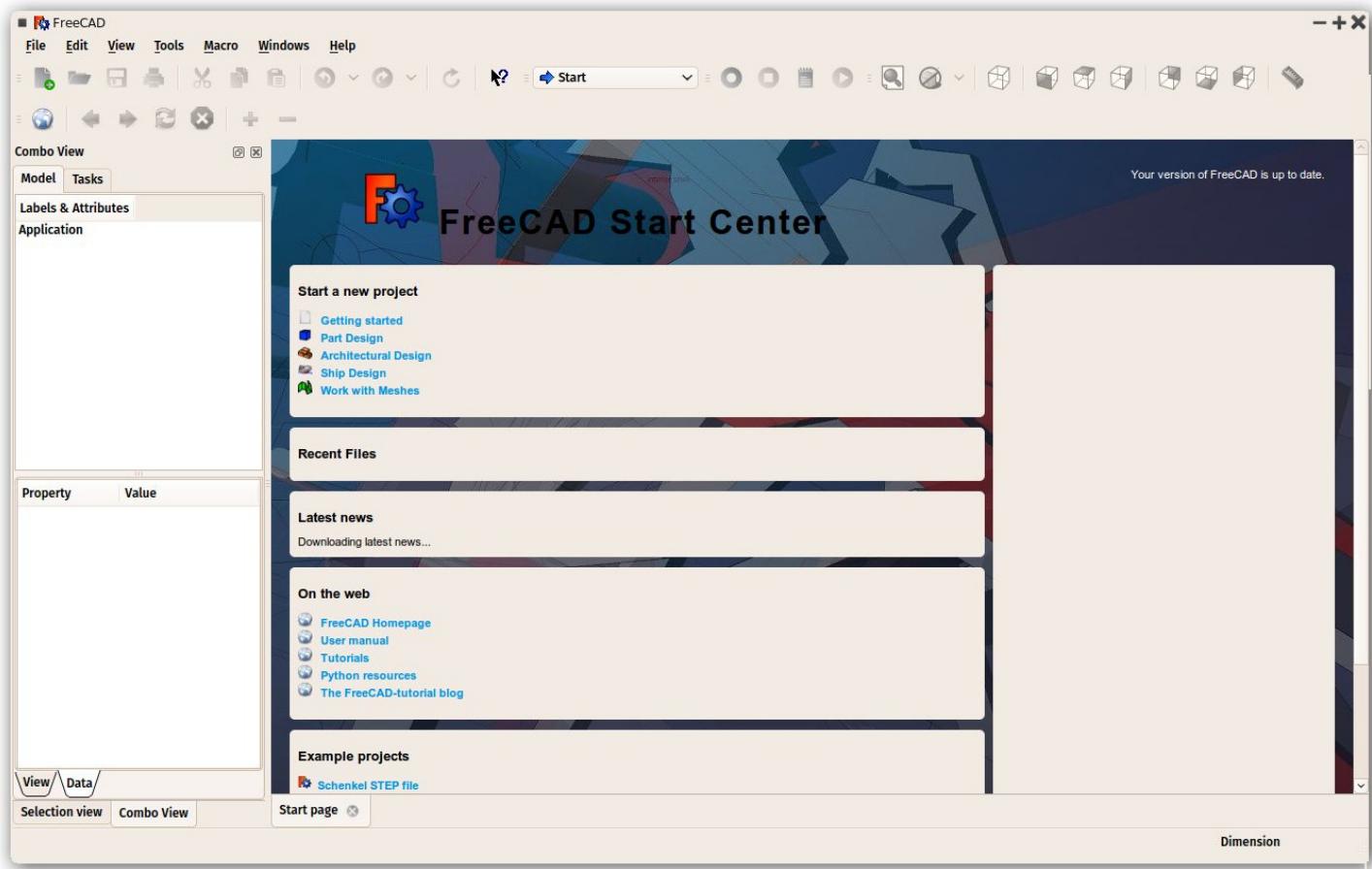


Lire plus d'informations

- Plus d'options de téléchargement: <http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Download>
- Instructions détaillées d'installation: <http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?Title=Installation>
- FreeCAD PPA pour Ubuntu: <https://launchpad.net/~freecad-maintainers>
- FreeCAD addons PPA pour Ubuntu: <https://launchpad.net/freecad-extras>
- Compilez FreeCAD vous-même: <http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Compiling>
- Traductions FreeCAD: <https://crowdin.com/project/freecad>
- Page du github FreeCAD: <https://github.com/FreeCAD>

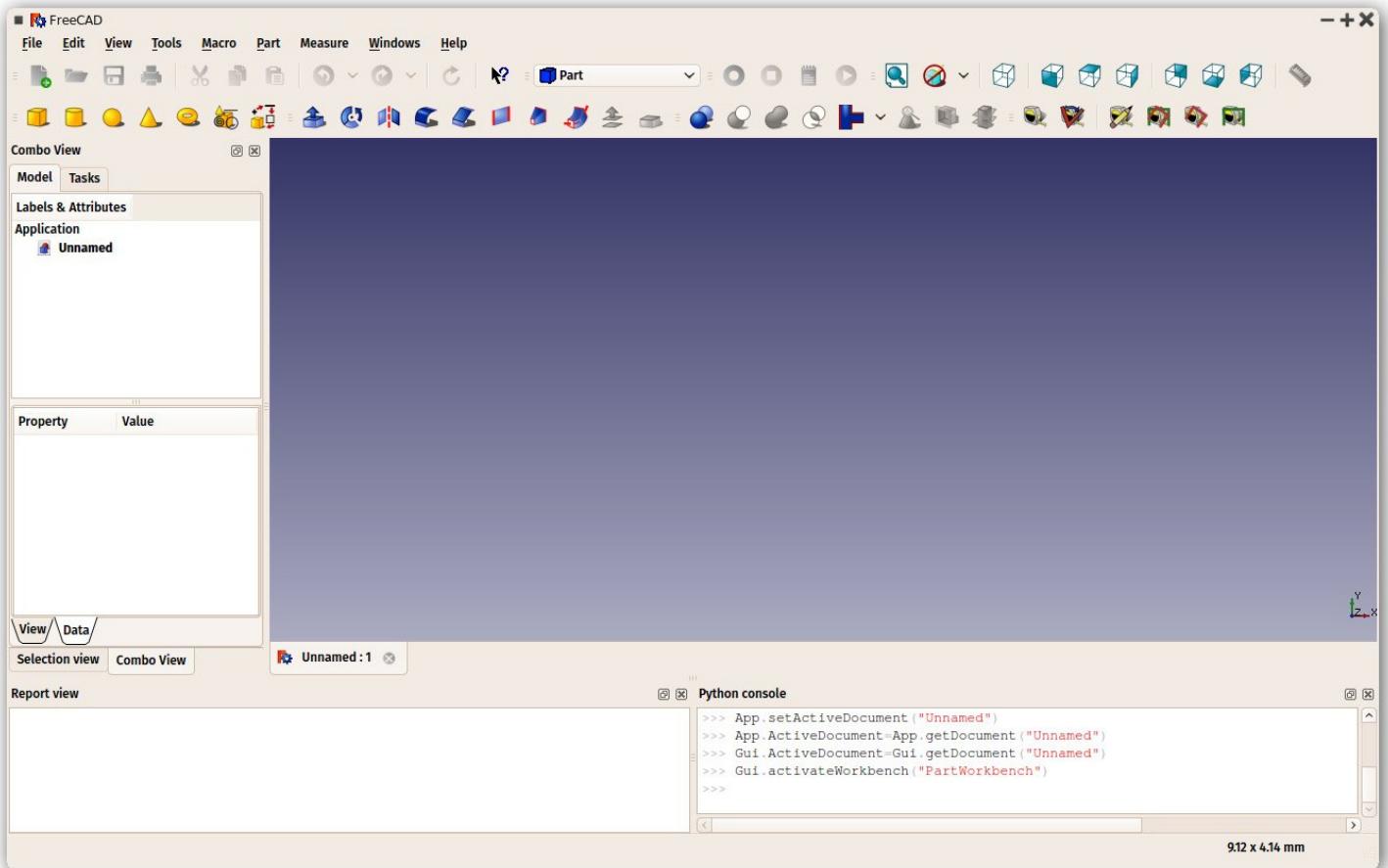
1-2-3 L'interface FreeCAD

FreeCAD utilise le framework Qt ([Qt framework](#)) pour dessiner et gérer son interface. Ce cadre est utilisé dans un large éventail d'applications, et l'interface FreeCAD est alors très classique et ne présente pas de difficulté particulière à comprendre. La plupart des boutons sont standard et vous les trouverez où vous les attendez (Fichier -> Ouvrir, Modifier -> Coller, etc.). Voici l'apparence de FreeCAD lorsque vous l'ouvrez pour la première fois, juste après l'installation, qui vous montrera le centre de démarrage :



Le centre de démarrage est un «écran de bienvenue» pratique, qui présente des informations utiles pour les nouveaux arrivants, comme les derniers fichiers sur lesquels vous avez travaillé, les nouveautés du Monde FreeCAD, ou des informations rapides sur les ateliers les plus courants. Il vous informera également si une nouvelle version stable de FreeCAD est disponible.

Mais après un certain temps, ou après avoir fait quelques changements dans les préférences, vous allez beaucoup plus probablement vous trouver directement dans l'un des autres ateliers, avec un nouveau document ouvert. Ou tout simplement, fermez l'onglet de la page de démarrage et créez un nouveau document :

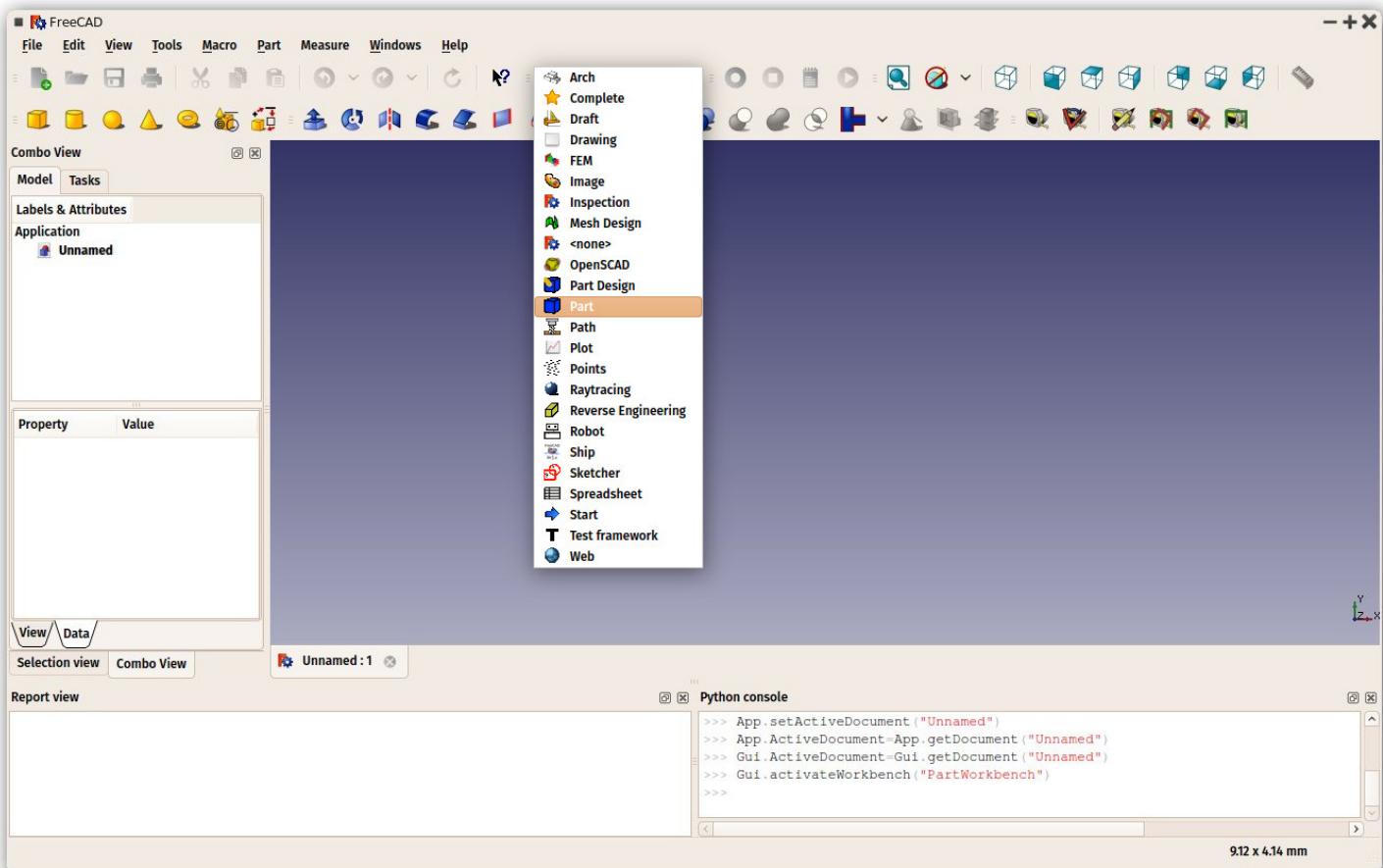


1-2-3-1 Les ateliers.

Notez que certaines des icônes ont changé entre les deux captures d'écran ci-dessus. C'est là où le concept le plus important utilisé dans l'interface FreeCAD entre en jeu : les ateliers.

Les ateliers sont un groupe d'outils (boutons de barre d'outils, menus et autres contrôles d'interface) qui sont regroupés par spécialité. Pensez à un atelier où vous avez différentes personnes travaillant ensemble : une personne qui travaille avec du métal, une autre avec du bois. Chacun d'eux a, en son atelier, une table séparée avec des outils spécifiques pour son travail. Cependant, ils peuvent tous travailler sur les mêmes objets. Il en va de même dans FreeCAD.

Le contrôle le plus important de l'interface FreeCAD est le sélecteur d'atelier (Workbench), que vous utilisez pour passer d'un atelier à l'autre :

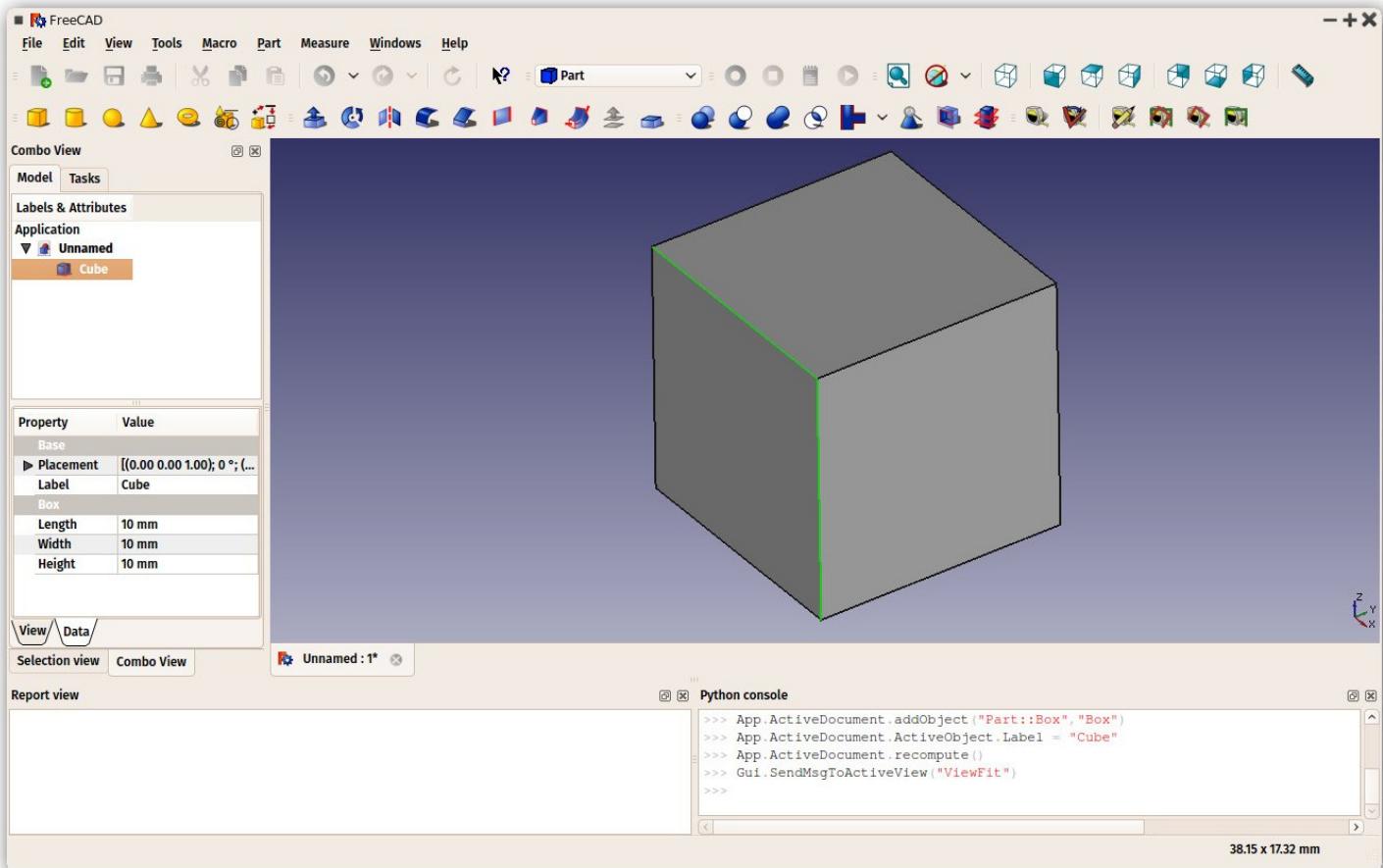


Les ateliers perturbent souvent les nouveaux utilisateurs, car il n'est pas toujours facile de savoir dans lequel rechercher un outil spécifique. Mais ils apprennent rapidement, et après peu de temps, ressentent le contexte - en réalisant un moyen pratique d'organiser la multitude d'outils que FreeCAD offre, et ils sont également entièrement personnalisables (voir ci-dessous).

Plus loin dans ce manuel, vous trouverez également un tableau montrant le contenu de tous les ateliers.

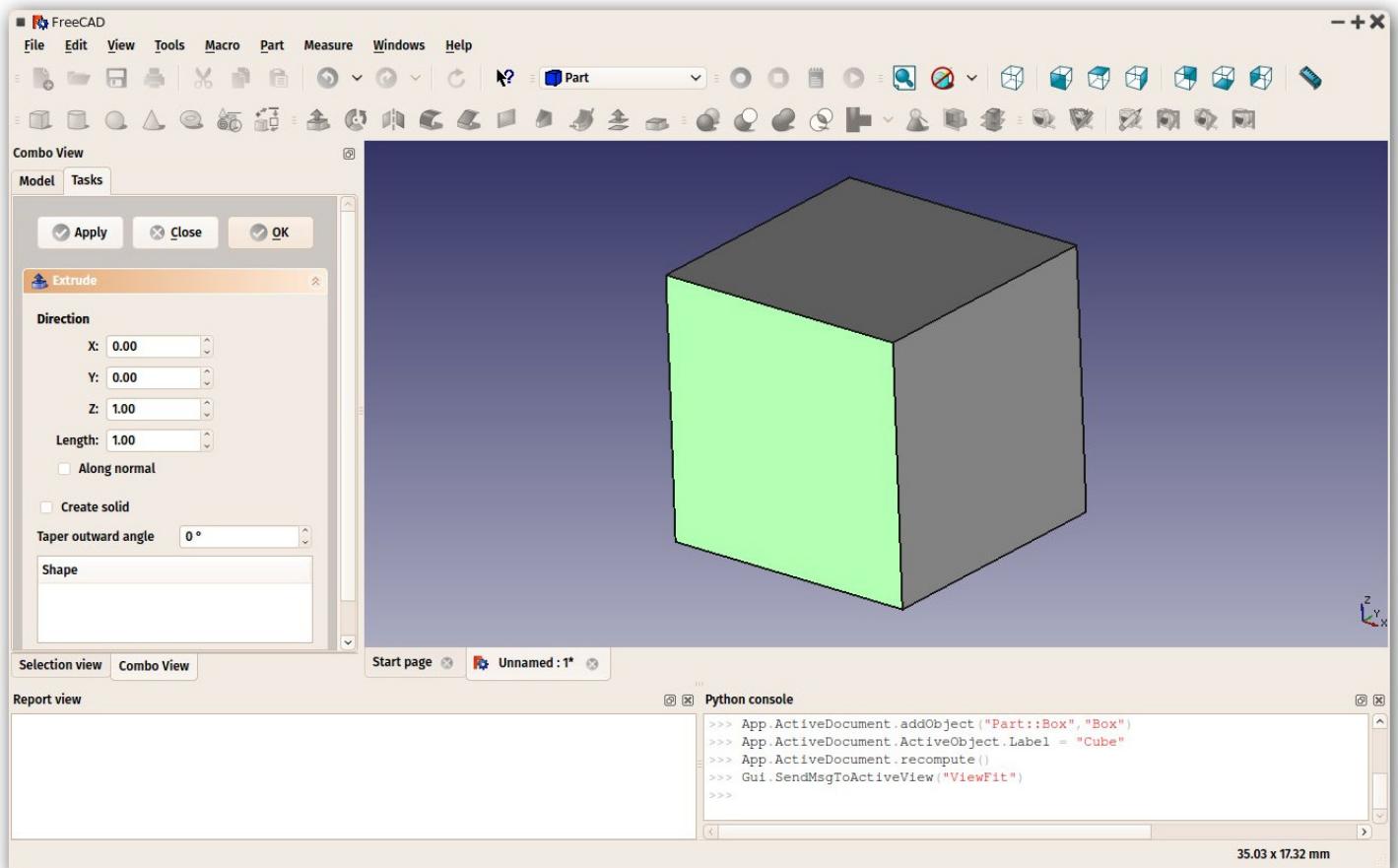
1-2-3-2 L'interface

Regardons mieux les différentes parties de l'interface :



- **La vue 3D** est le composant principal de l'interface. Il peut être désactivé hors de la fenêtre principale, vous pouvez avoir plusieurs vues du même document (ou des mêmes objets), ou plusieurs documents ouverts en même temps. Vous pouvez sélectionner des objets ou des parties d'objets en cliquant dessus, et vous pouvez obtenir une vue panoramique, zoomer et faire pivoter la vue avec les boutons de la souris. Cela sera expliqué plus avant dans le prochain chapitre.
- **La vue combinée** comporte deux onglets :
 - L'onglet Modèle vous montre le contenu et la structure de votre document ci-dessus et les propriétés (ou les paramètres) des objets sélectionnés ci-dessous. Ces propriétés sont séparées en deux catégories :
 - Données (propriétés qui concernent la géométrie elle-même)
 - Affichage (propriétés qui affectent la façon dont la géométrie ressemble à l'écran).
 - L'onglet Tâches est l'endroit où FreeCAD vous demandera des valeurs spécifiques à l'outil que vous utilisez à cet instant, par exemple, en entrant une valeur «longueur» lorsque l'outil Ligne est utilisé. Il se ferme automatiquement après avoir appuyé sur le bouton OK (ou Annuler). De plus, en double-cliquant sur l'objet associé dans la vue combinée, la plupart des outils vous permettront de rouvrir ce panneau de tâches afin de modifier les paramètres.

- **L'affichage du rapport** est normalement caché, mais il est judicieux de le laisser ouvert, car il énumérera toute information, avertissement ou erreur pour vous aider à déchiffrer (ou à déboguer) ce que vous avez mal fait.
- **La console Python** est également cachée par défaut. C'est là que vous pouvez interagir avec le contenu du document à l'aide du langage Python ([Python language](#)). Étant donné que chaque action que vous faites sur l'interface FreeCAD exécute effectivement un morceau de code Python, l'ouverture de cette console vous permet de regarder le code se déployer en temps réel, ce qui vous permet de découvrir un peu Python sur votre chemin, presque sans le remarquer.

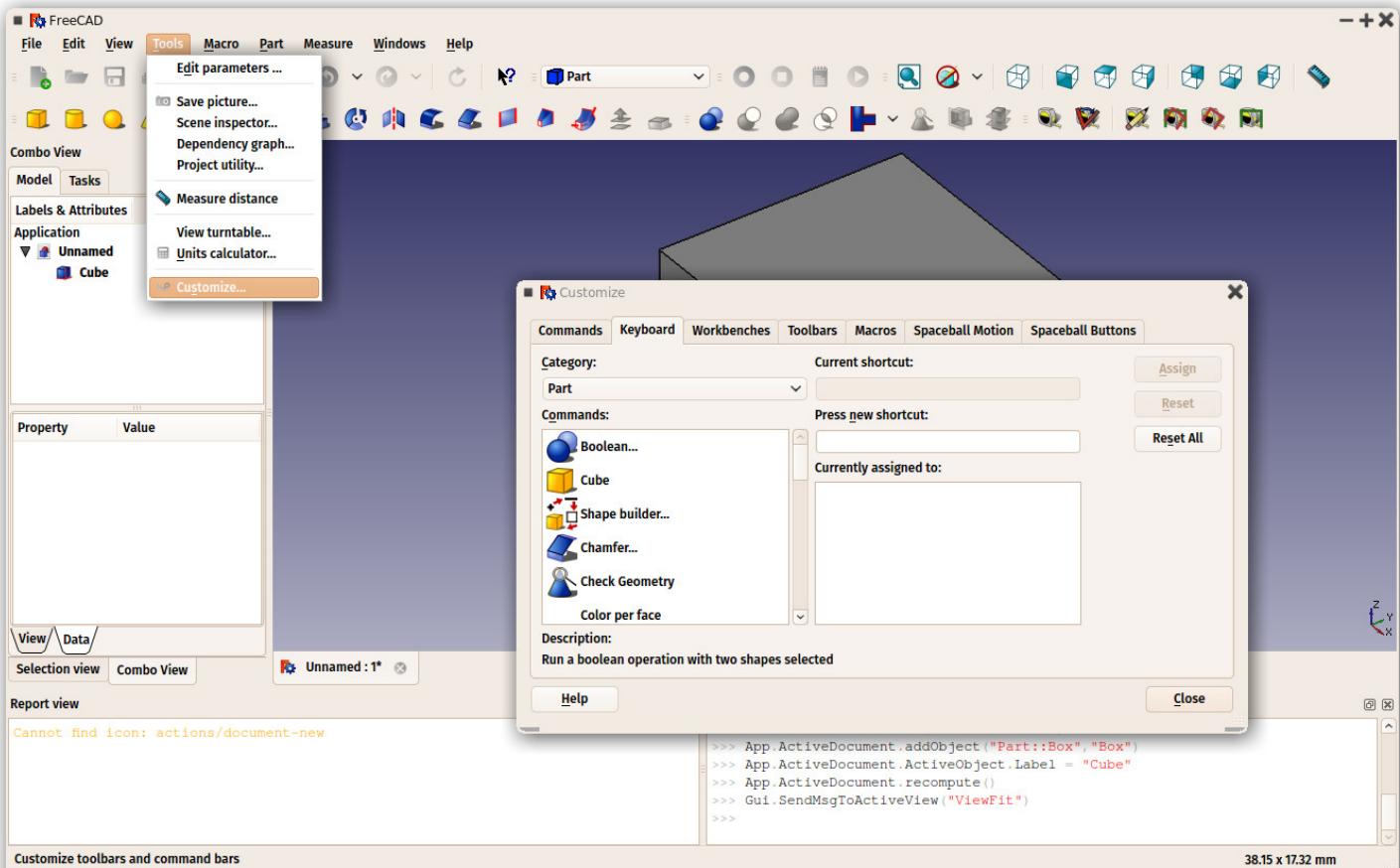


N'importe lequel des panneaux ci-dessus peut être activé / désactivé à partir du menu Affichage -> Panneaux.

1-2-3-3 Personnalisation de l'interface

L'interface de FreeCAD est profondément personnalisable. Tous les panneaux et barres d'outils peuvent être déplacés vers différents endroits ou empilés l'un sur l'autre. Ils peuvent également être fermés et rouverts quand c'est nécessaire dans le menu Affichage ou en cliquant avec le bouton droit de la souris sur une zone vide de l'interface. Il y a, cependant, beaucoup d'autres options disponibles, telles que la création de barres d'outils personnalisées avec des outils à partir de n'importe quel atelier, ou l'affectation et la modification des raccourcis clavier.

Ces options de personnalisation avancées sont disponibles à partir du menu Outils -> Personnaliser :



Lire plus d'informations

- Pour commencer avec FreeCAD: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?Title=Getting_started
- Personnalisation de l'interface: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?Title=Interface_Customization
- Ateliers: <http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=ateliers>
- En savoir plus sur Python: <https://www.python.org>

1-2-4 Navigation dans la vue 3D

1-2-4-1 Un mot sur l'espace 3D

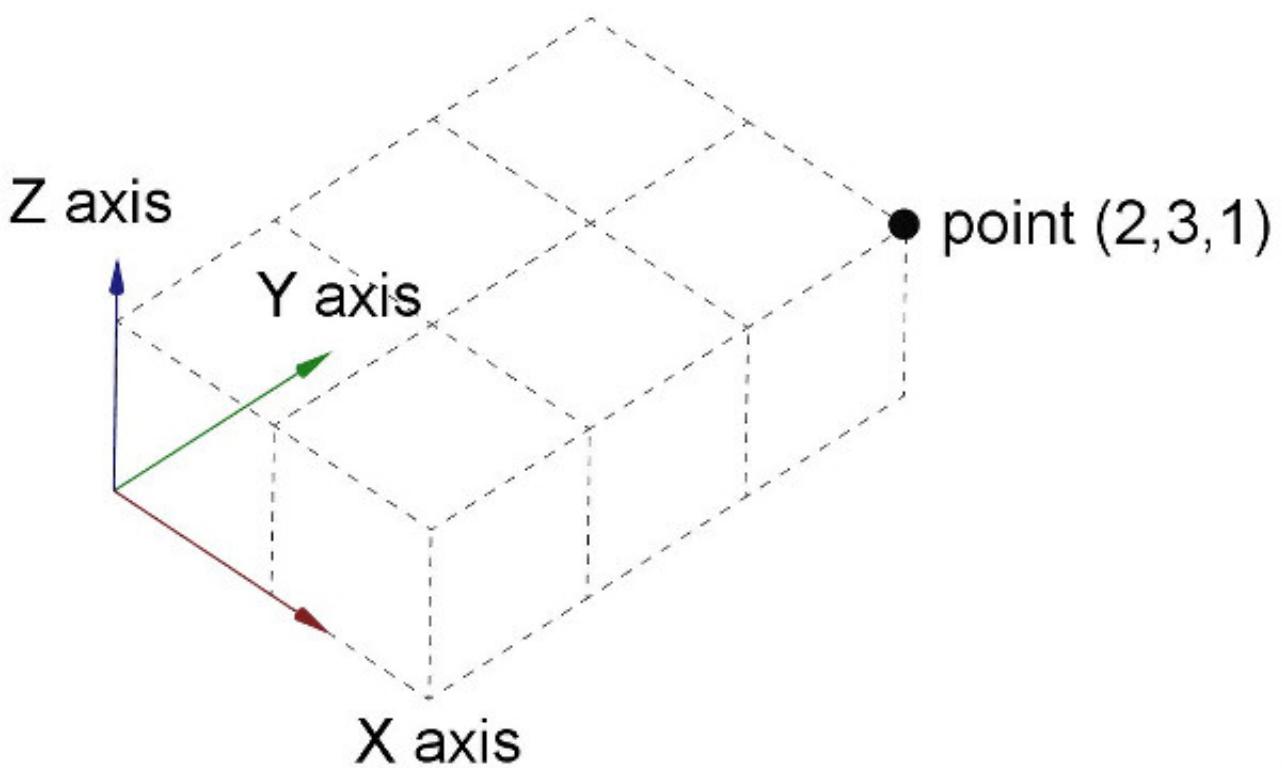
Si c'est votre premier contact avec une application 3D, vous devrez d'abord saisir certains concepts. Sinon, vous pouvez ignorer cette section en toute sécurité.

L'espace FreeCAD 3D est un espace euclidien ([euclidian space](#)). Il a un point d'origine et trois axes: X, Y et Z. Si vous regardez votre scène d'en haut, de manière conventionnelle, l'axe X pointe vers la droite, l'axe Y vers l'arrière, et l'axe Z vers le haut. Dans le coin inférieur droit de la vue FreeCAD, vous pouvez toujours voir d'où vous regardez la scène :



Chaque point de chaque objet qui existe dans cet espace peut être situé par ses coordonnées (x, y, z).

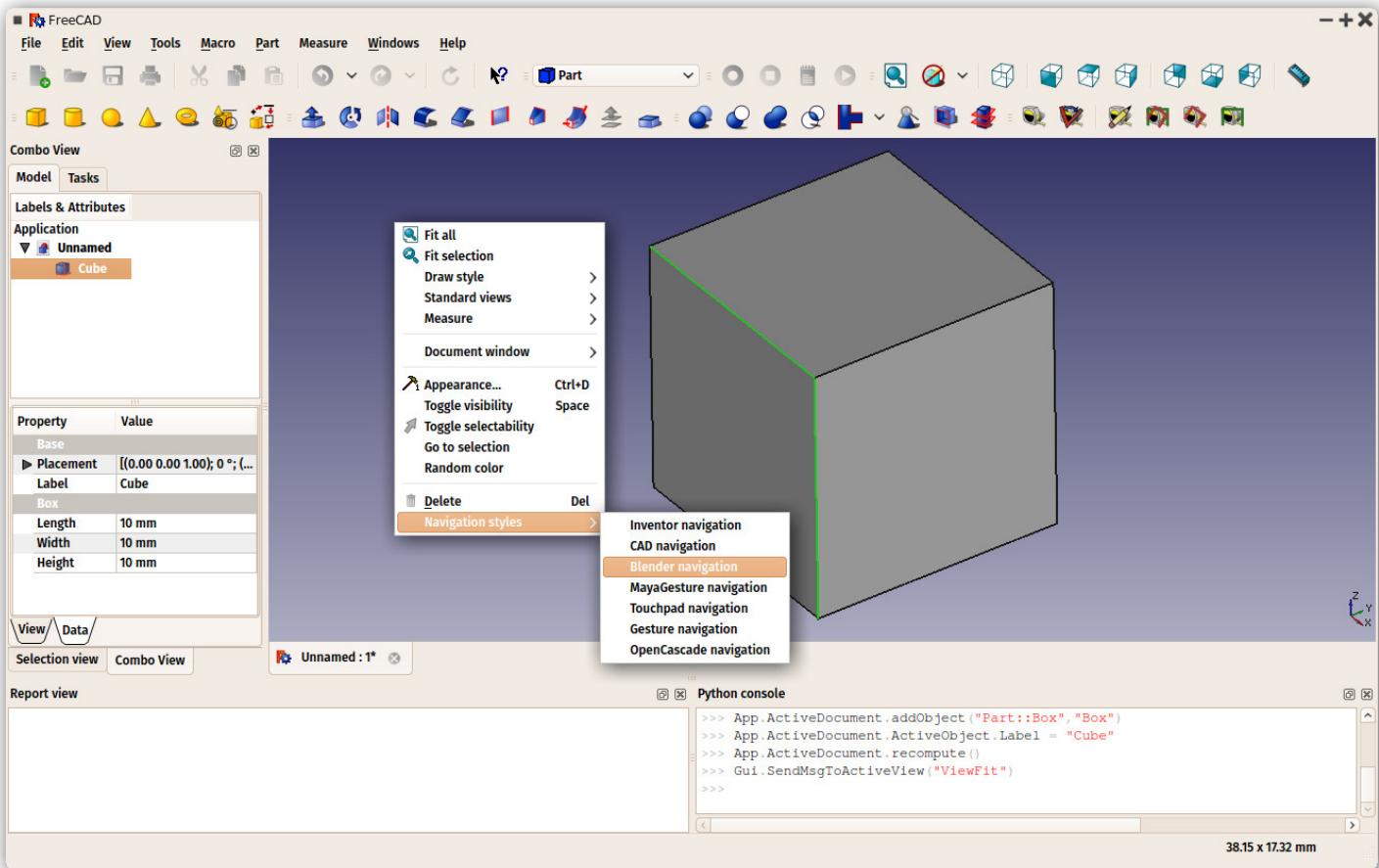
Par exemple, un point avec des coordonnées (2, 3, 1) se situera à 2 unités sur l'axe X, 3 unités sur l'axe Y et 1 unité sur l'axe Z :



Vous pouvez regarder cette scène sous n'importe quel angle, comme si vous teniez une caméra. Cette caméra peut être déplacée à gauche, à droite, en haut et en bas (pan), tourné autour de ce que vous regardez (tourner) et vous rapprocher ou plus loin de la scène (zoom).

1-2-4-2 La vue 3D FreeCAD

La navigation dans la vue FreeCAD 3D peut se faire avec une souris, un périphérique Space Navigator, le clavier, un pavé tactile ou une combinaison de ceux-ci. FreeCAD propose plusieurs modes de navigation ([navigation modes](#)), qui déterminent comment les trois opérations de manipulation de la vue de base (pan, rotation et zoom) sont effectuées, ainsi que la façon de sélectionner des objets sur l'écran. Les modes de navigation sont accessibles à partir de l'écran Préférences, ou directement en cliquant avec le bouton droit n'importe où sur la vue en 3D :



Chacun de ces modes attribue différents boutons de souris, ou souris + combinaison de clavier, ou des gestes de souris, à ces quatre opérations. Le tableau suivant montre les principaux modes disponibles :

Mode	Panoramique	Rotation	Zoom	Selection
Inventor				CTRL +
CAD (default)				
Blender				
Touchpad			PGUP / PGDOWN	
Geste	+ DRAG	+ DRAG		

Alternativement, certaines commandes de clavier sont toujours disponibles, quel que soit le mode de navigation :

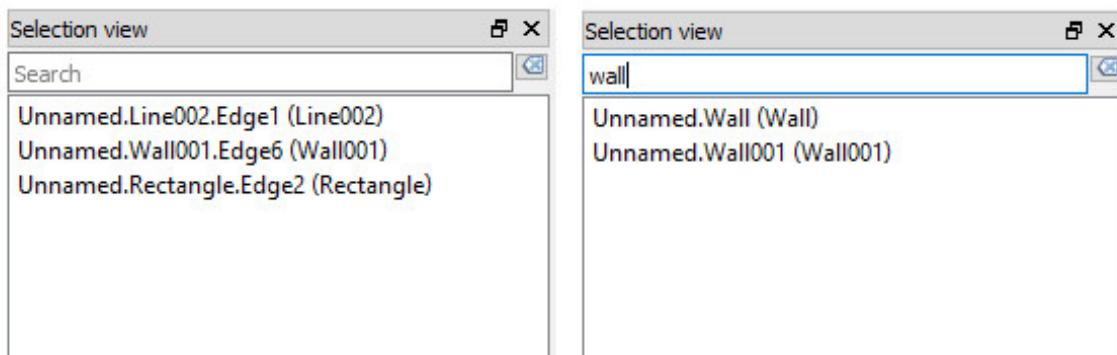
- **CTRL + et CTRL -** pour zoomer et zoom arrière
- Les **touches fléchées** pour déplacer la vue vers la gauche / vers la droite et vers le haut / vers le bas
- **SHIFT + flèche gauche et SHIFT + flèche droite** pour faire pivoter la vue de 90 degrés
- Les touches numériques, **1 à 6**, pour les six vues standard, haut, avant, droite, bas, arrière et gauche
- **O** mettra la caméra en mode orthographique,
- Tandis que **P** le met en mode en perspective.
- **CTRL** vous permettra de sélectionner plus d'un objet ou élément

Ces contrôles sont également disponibles dans le menu Affichage et certains dans la barre d'outils Affichage.

1-2-4-3 Sélection d'objets

Les objets dans la vue 3D peuvent être sélectionnés en cliquant dessus avec le bouton de la souris correspondant, en fonction du mode de navigation. Un seul clic sélectionnera l'objet, et l'un de ses sous-composantes (arête, face, sommet). Double-cliquer sélectionnera l'objet, et tout ses sous-composants. Vous pouvez sélectionner plus d'un sous-composant, voire différents sous-composants de différents objets, en appuyant sur la touche CTRL. Cliquer avec le bouton de sélection sur une partie vide de la vue 3D désélectionnera tout.

Un panneau appelé "Vue de sélection", disponible dans le menu Affichage, peut également être activé, ce qui vous montre ce qui est actuellement sélectionné :



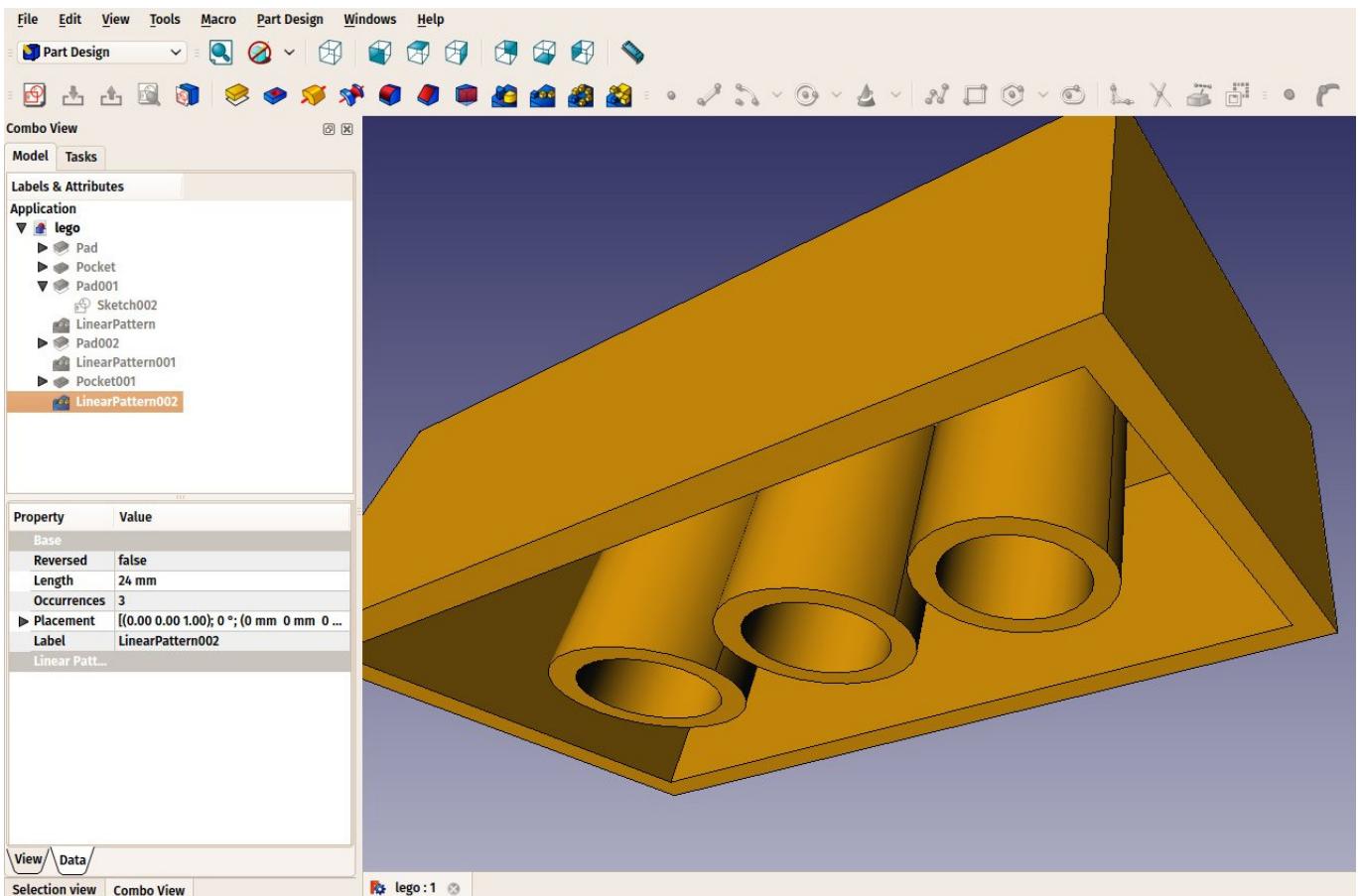
Vous pouvez également utiliser la vue de sélection pour sélectionner des objets en recherchant un objet particulier.

Lire plus d'informations

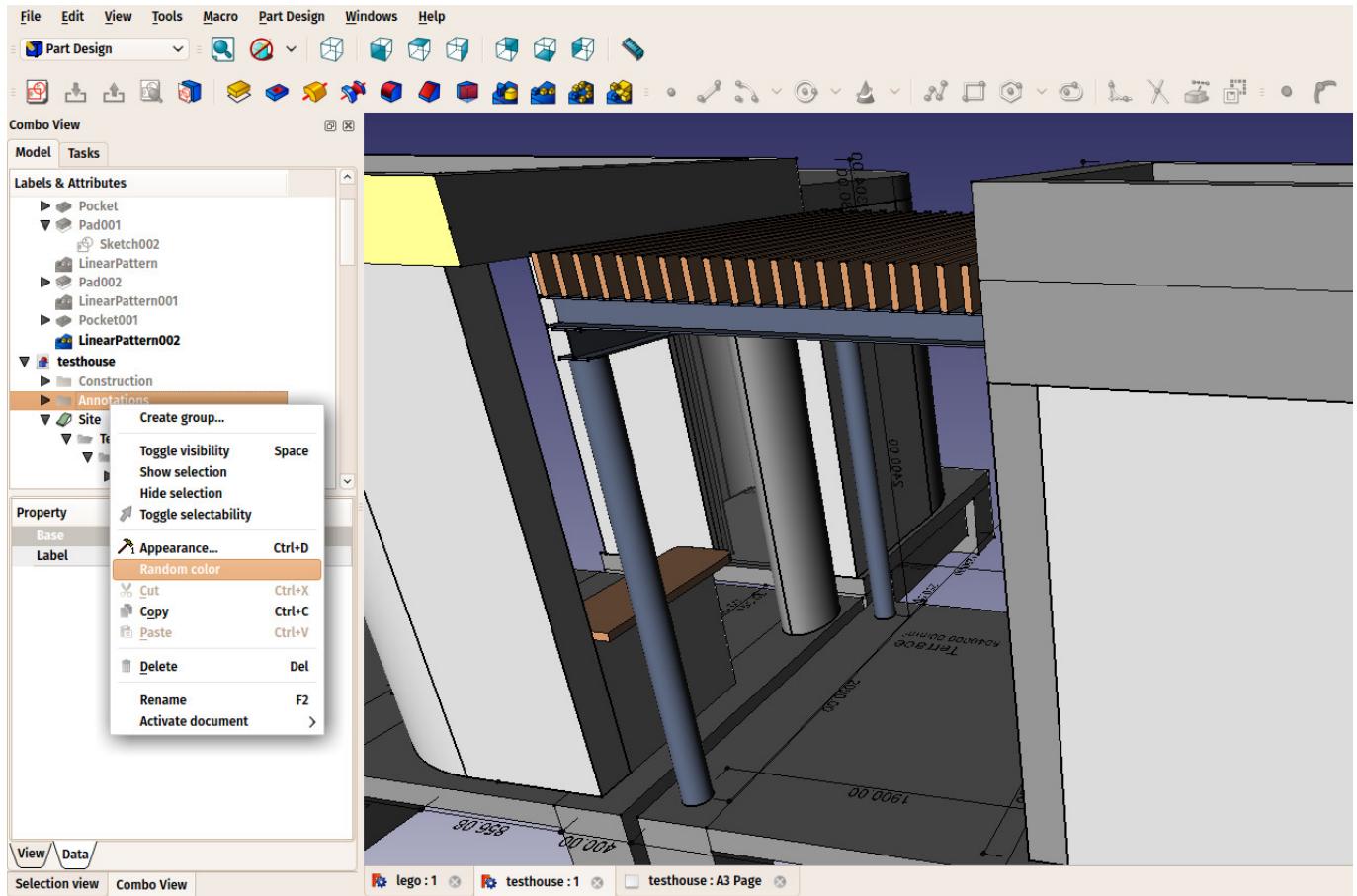
- Les modes de navigation FreeCAD: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?Title=Mouse_Model

1-2-5 Le document FreeCAD

Un document FreeCAD contient tous les objets de votre scène. Il peut contenir des groupes et des objets construits avec n'importe quel atelier. Vous pouvez donc basculer entre les ateliers et travailler toujours sur le même document et / ou objets dans ce document. Le document est ce qui est enregistré sur le disque lorsque vous enregistrez votre travail. Vous pouvez également ouvrir plusieurs documents en même temps dans FreeCAD et ouvrir plusieurs vues du même document.



À l'intérieur du document, les objets peuvent être déplacés en groupes et ont un nom unique. La gestion des groupes, des objets et des noms d'objets se fait principalement à partir de l'arborescence. Là, vous pouvez créer des groupes, déplacer des objets vers des groupes, supprimer des objets ou des groupes. En cliquant avec le bouton droit de la souris dans la vue arborescente ou sur un objet, vous pouvez renommer des objets, modifier leur couleur, les cacher ou les afficher, ou éventuellement réaliser d'autres opérations, selon l'atelier du moment.



Les objets dans un document FreeCAD peuvent être de différents types. Chaque atelier peut ajouter ses propres types d'objets, par exemple, l'atelier Mesh ([Mesh Workbench](#)) ajoute des objets maillés, l'atelier Part ([Part Workbench](#)) ajoute des objets pièces, etc.

S'il y a au moins un document ouvert dans FreeCAD, il existe toujours un seul et unique document. C'est le document qui apparaît dans la vue en 3D du moment, le document sur lequel vous êtes actuellement en train de travailler. Si vous changez d'onglet sur un autre document, celui-ci devient le document actif. La plupart des opérations fonctionnent toujours sur le document actif.

Les documents FreeCAD sont enregistrés avec l'extension .FcStd, qui est un composé à base de format zip, similaire à [LibreOffice](#). Si quelque chose va très mal, il est souvent possible de le décompresser et de résoudre le problème ou de sauver les données.

Lire plus d'informations

- Le document FreeCAD: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?Title=Document_structure
- Le format de fichier FcStd: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?Title=File_Format_FCStd

1-2-6 Objets paramétriques

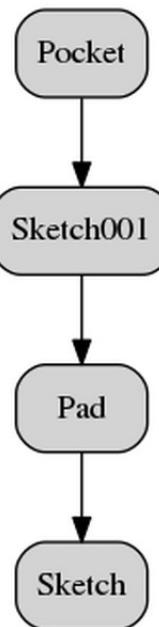
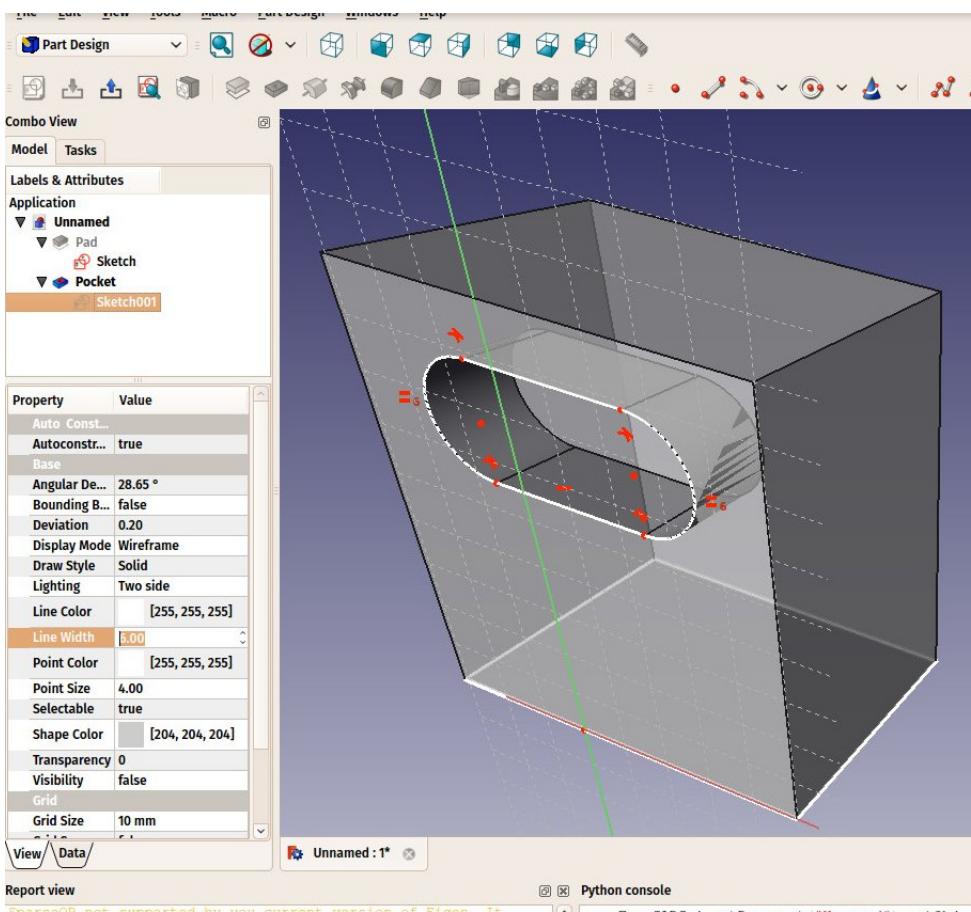
FreeCAD est conçu pour la modélisation paramétrique. Cela signifie que la géométrie que vous créez, au lieu d'être librement constructible, est produite par des règles et des paramètres. Par exemple, un cylindre pourrait être produit à partir d'un rayon et d'une hauteur. Avec ces deux paramètres, le programme contient suffisamment d'informations pour construire le cylindre.

Les objets paramétriques, dans FreeCAD, sont en réalité de petits morceaux d'un programme qui fonctionnent chaque fois que l'un des paramètres a changé. Les objets peuvent avoir beaucoup de types de paramètres différents : des nombres (nombres entiers comme 1, 2, 3 ou à virgule flottante comme 3.1416), des tailles réelles (1m m, 2.4m, 4.5ft), des coordonnées (x, y, z), des chaînes de texte ("hello!") ou même d'autres objets.

Ce dernier type permet de créer rapidement des chaînes d'opérations complexes, chaque nouvel objet étant basé sur un précédent, et en ajoutant de nouvelles fonctionnalités.

Dans l'exemple ci-dessous, un objet parallélépipédique solide (Pad) est basé sur une forme 2D rectangulaire (Sketch ou esquisse) et a une longueur d'extrusion. Avec ces deux propriétés, il produit une forme solide en extrudant la forme de base par la distance donnée. Vous pouvez alors utiliser cet objet comme base pour d'autres opérations, comme le dessin d'une nouvelle forme 2D sur l'une de ses faces (Sketch001) et puis faire une soustraction (Pocket), jusqu'à ce que vous arriviez à votre objet final.

Toutes les opérations intermédiaires (formes 2D, pad, poche, etc.) sont toujours là, et vous pouvez toujours modifier n'importe lequel de leurs paramètres à tout moment. Toute la chaîne sera reconstruite (recalculée) chaque fois que cela s'avère nécessaire.



Il est nécessaire de savoir deux choses importantes :

1. Le recalcul n'est pas toujours automatique. Les opérations lourdes, qui pourraient modifier une grande partie de votre document, et donc prendre un certain temps, ne sont pas exécutées automatiquement. Au lieu de cela, l'objet (et tous les objets qui en dépendent) seront marqués pour le recalcul (une petite icône bleue apparaît sur eux dans l'arborescence). Vous devez alors appuyer sur le bouton de recalcul pour que tous les objets marqués soient recalculés.
2. L'arbre de dépendance doit toujours circuler dans la même direction. Les boucles sont interdites. Vous pouvez avoir l'objet A qui dépend de l'objet B qui dépend de l'objet C. Mais vous ne pouvez pas avoir l'objet A qui dépend de l'objet B qui dépend de l'objet A. Cela serait une dépendance circulaire. Cependant, vous pouvez avoir beaucoup d'objets qui dépendent du même objet, par exemple, les objets B et C dépendent tous deux de A. Le menu **outil** → **graphique de dépendance** vous montre un diagramme de dépendance comme sur l'image ci-dessus. Ça peut être utile pour détecter les problèmes.

Tous les objets ne sont pas paramétriques dans FreeCAD. Souvent, les géométries que vous importez d'autres fichiers ne contiennent aucun paramètre et seront des objets simples et non paramétriques. Cependant, ceux-ci peuvent souvent être utilisés comme base ou point de départ pour les objets paramétriques nouvellement créés, en fonction, bien sûr, de ce que requiert l'objet paramétrique, et de la qualité de la géométrie importée.

Tous les objets, cependant, paramétriques ou non, auront quelques paramètres de base, comme un Nom, qui est unique dans le document et ne peut pas être édité, un label, qui est un nom défini par l'utilisateur et qui peut être édité, et un emplacement ([placement](#)) qui définit sa position dans l'espace 3D.

Enfin, il convient de noter que les objets paramétriques personnalisés sont faciles à programmer en python ([easy to program in python](#)).

Lire plus d'informations

- L'éditeur de propriétés: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Property_editor
- Comment programmer des objets paramétriques: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?Title=Scripted_objects
- Positionnement d'objets dans FreeCAD: <http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?Title=Placement>
- Activation du graphe de dépendance: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?Title=Std_DependencyGraph

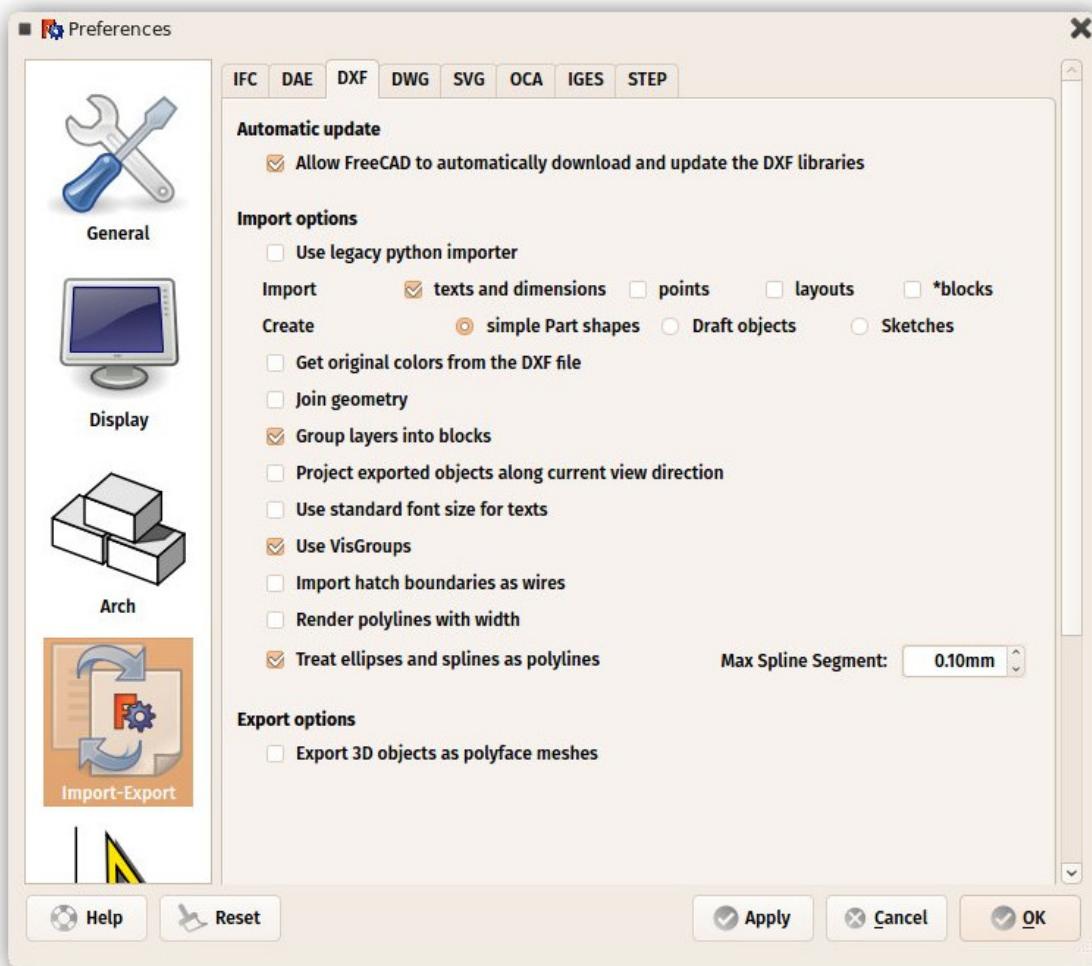
1-2-7 Importer et exporter vers d'autres types de fichiers

FreeCAD peut importer et exporter vers plusieurs types de fichiers. Voici une liste des plus importants avec une brève description des caractéristiques disponibles :

Format	Import	Export	Notes
STEP	Oui	Oui	C'est le format d'importation / exportation le plus fidèle disponible, car il supporte la géométrie solide et NURBS. Utilisez le chaque fois que cela est possible.
IGES	Oui	Oui	Un format solide ancien, également très bien pris en charge. Certaines anciennes applications ne supportent pas STEP mais supportent IGES.
BREP	Oui	Oui	Le format natif d' OpenCasCade , le noyau de géométrie FreeCAD.
DXF	Oui	Oui	Un format ouvert maintenu par Autodesk. Depuis la 3D les données contenues dans un fichier DXF sont encodées dans un format propriétaire, FreeCAD ne peut importer / exporter que des données 2D à partir de ce format.
DWG	Oui	Oui	La version propriétaire de DXF. Nécessite l'installation de l'utilitaire Teigha File Converter . Ce format souffre des mêmes limitations que DXF.
OBJ	Oui	Oui	Un format basé sur un maillage. Ne peut contenir que des mailles triangulaires. Tous les objets solides et basés sur NURBS de FreeCAD seront convertis en maillage à l'exportation. Un exportateur alternatif est fourni par l'atelier Arch, plus adapté à l'exportation des modèles d'architecture.
DAE	Oui	Oui	Le format principal d'importation / exportation de Sketchup. Peut seulement contenir des mailles triangulaires. Tous les objets solides et basés sur NURBS de FreeCAD seront convertis en maillage à l'exportation.
STL	Oui	Oui	Un format basé sur un maillage, couramment utilisé pour l'impression en 3D. Peut seulement contenir des mailles triangulaires. Tous les objets solides et basés sur NURBS de FreeCAD seront convertis en maillage à l'exportation.
PLY	Oui	Oui	Un ancien format de maillage. Peut seulement contenir des mailles triangulaires. Tous les objets solides et basés sur NURBS de FreeCAD seront convertis en maillage à l'exportation.
IFC	Oui	Oui	Industry Foundation Classes . Nécessite l'installation de IfcOpenShell-python . Le format IFC et sa compatibilité avec d'autres applications est une affaire complexe, à utiliser avec précaution.
SVG	Oui	Oui	Un excellent format graphique 2D
VRML	Oui	Oui	Un format Web assez ancien.

GCODE	Oui	Oui	FreeCAD peut déjà importer et exporter vers / depuis plusieurs variantes de GCode, mais seulement un petit nombre de machines sont actuellement prises en charge.
CSG	Oui	Non	Format CSG d'OpenSCAD (géométrie solide constructive).

Certains de ces formats de fichiers ont des options. Celles-ci peuvent être configurées à partir du menu **Édition ->Préférences -> Importer / exporter :**



Lire plus d'informations

- Tous les formats de fichiers pris en charge par FreeCAD: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?Title=Import_Export
- Travailler avec des fichiers DXF dans FreeCAD: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?Title=Draft_DXF
- Activation du support DXF et DWG: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?Title=Dxf_Importer_Install
- Travailler avec des fichiers SVG dans FreeCAD: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?Title=Draft_SVG
- Importation et exportation vers IFC: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?Title=Arch_IFC
- OpenCasCade: <http://www.opencascade.com>

- Teigha File Converter: <https://www.opendesign.com/guestfiles>
- Le format IFC: <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/final/html/index.htm>
- IfcOpenShell: <http://ifcopenshell.org/>

1-3 Travailler avec FreeCAD

1-3-1 Un coup d'œil sur les différents ateliers de travail

L'une des plus grandes difficultés pour les nouveaux utilisateurs de FreeCAD est de savoir dans quel atelier trouver un outil spécifique. Le tableau ci-dessous vous donnera un aperçu des ateliers les plus importants et leurs outils. Reportez-vous à chaque page atelier dans la documentation FreeCAD pour une liste complète d'informations.

Quatre ateliers sont également conçus pour travailler par paires, et l'un d'entre eux est entièrement inclus dans l'autre : Arch contient tous les outils Draft, et PartDesign tous les outils Sketcher. Cependant, pour plus de clarté, ils sont séparés ci-dessous.

Part

L'atelier Part fournit des outils de base pour travailler avec des pièces solides : primitives, telles que cube et sphère, des opérations géométriques simples et des opérations booléennes. Étant le principal point d'ancrage avec OpenCascade, l'atelier Part fournit la base du système de géométrie de FreeCAD, et presque tous les autres ateliers produisent une géométrie partielle.

Outil	Description	Outil	Description
	Dessine une boîte en spécifiant ses dimensions		Dessine un cône en spécifiant ses dimensions
	Dessine un cylindre en spécifiant ses dimensions		Dessine une sphère en spécifiant ses dimensions
	Dessine un tore (anneau) en spécifiant ses dimensions		Outil pour créer différentes primitives géométriques paramétriques
	Outil pour créer des formes complexes, de plusieurs primitives géométriques paramétriques		Fusionne (ajoute) deux objets
	Extrait la partie commune (Intersection) de deux solides		Soustrait un objet à un autre
	Crée un raccord avec connexion interne de objets		Intègre un objet clos dans un autre objet avec paroi
	Crée une découpe dans la paroi d'un objet pour ajouter un autre objet avec paroi		Extrude les faces planes d'un objet
	Réalise un congé (arrondi) sur les arêtes d'un objet		Crée un objet par révolution d'un autre objet autour d'un axe
	Crée une coupe par l'intersection d'un objet avec un plan de coupe		Plusieurs sections de coupes ...:

Outil	Description	Outil	Description
 Chanfrein	Chanfreine les arêtes d'un objet	 Symétrie	Réalise la symétrie axiale de l'objet sélectionné autour d'un axe donné
 Surface Réglée	Crée une surface réglée	 Balayage	Balayage d'une ou plusieurs sections le long d'un chemin (tracé)
 Lissage	Crée un lissage d'un profil jusqu'à un autre profil ou d'une série de profils	 Homothétie	Crée une copie à l'échelle de l'objet sélectionné
 Epaisseur	Affecte une épaisseur à une face d'une forme		

Draft (Planche à dessin)

L'atelier Planche à dessin (Draft) fournit des outils pour effectuer des tâches de dessin de base en 2D : lignes, cercles, etc. et une série d'outils génériques utiles tels que le déplacement, la rotation ou le changement d'échelle. Il fournit également plusieurs aides au dessin, telles que la grille et l'accrochage. Il s'agit principalement de dessiner les lignes directrices pour des objets Arch, mais sert également de «couteau suisse» de FreeCAD.

Outil	Description	Outil	Description
 Segment	Trace un segment de ligne à partir de 2 points	 Polyligne	Trace une ligne composée de plusieurs segments de lignes
 Cercle	Trace un cercle à partir du centre et du rayon	 Arc	Trace un segment d'arc à partir du centre, rayon, angle de départ et angle d'arrivée
 Ellipse	Dessine une ellipse à partir de deux points opposés (coins)	 Polygone	Dessine un polygone régulier à partir du centre et du rayon
 Rectangle	Trace un rectangle à partir de 2 points opposés	 Texte	Dessine une note en texte multiligne
 Dimension	Trace une cote	 BSpline	Dessine une courbe B-Spline à partir d'une série de points
 Point	Insère un objet point	 Forme composée texte	L'outil ShapeString insère une forme composée, qui représente une chaîne de texte
 Objet sur face	Crée un nouvel objet sur la face de l'objet sélectionné	 Courbe de Bezier	Extrude les faces planes d'un objet
 Déplacer	Déplace l'objet (ou les objets) d'un emplacement à un autre	 Révolution	Crée un objet par révolution d'un autre objet autour d'un axe

Outil	Description	Outil	Description
 Décalage	Déplace les segments d'un objet à une certaine distance	 Ajuster	Découpe ou prolonge un objet
 Upgrade	Joint des objets en un objet de plus haut niveau	 Downgrade	Explode des objets en objets de niveau inférieur
 Homothétie	Redimensionne l'objet (ou les objets) sélectionné(s) à partir d'un point de base	 Projection 2D	Génère une projection 2D à partir d'un objet 3D
 Dessin vers esquisse	Convertit un objet Draft en esquisse (Sketcher) et vice versa	 Réseau	Crée une matrice polaire ou rectangulaire de l'objet sélectionné
 Réseau complexe	Crée une série d'objets le long d'un tracé (chemin)	 Clone	Clone les objets sélectionnés
 Symétrie	Copie d'objets par symétrie à travers une ligne		

Atelier Sketcher (esquisses)

L'atelier Sketcher contient des outils pour créer et modifier des objets 2D complexes, appelés des esquisses. La géométrie à l'intérieur de ces esquisses peut être positionnée avec précision et reliée par l'utilisation de contraintes. Elles sont principalement destinées à être les éléments constitutifs de la géométrie PartDesign, mais sont utiles partout dans FreeCAD.

Outil	Description	Outil	Description
 Point	dessine un point.	 Segment	dessine un segment entre 2 points.
 Arc	dessine un segment d'arc à partir du centre, rayon, angle de départ et angle d'arrivée.	 Arc par 3 points	dessine un arc de cercle sur deux points et un troisième point pour la circonférence.
 Cercle	dessine un cercle à partir de son centre et du rayon.	 Cercle par 3 points	dessine un cercle à partir de trois points.
 Ellipse	dessine une ellipse à partir du centre, d'un point sur le grand rayon et d'un point sur le petit rayon.	 Ellipse par 3 points	dessine une ellipse à partir du grand diamètre (2 points) et d'un point sur le petit rayon.
 Arc d'ellipse	dessine une ellipse à partir du centre, d'un point sur le grand rayon, avec un point de départ et un point d'arrivée.	 Arc d'hyperbole	dessine un arc d'hyperbole. (v0.17)
 Arc de parabole	dessine un arc de parabole. (v0.17)	 Polyligne	dessine une ligne composée de plusieurs segments connectés entre eux.

Outil	Description	Outil	Description
 Rectangle	dessine un rectangle à partir de 2 points opposés.	 Triangle	dessine un triangle équilatéral inscrit dans un cercle.
 Carré	dessine un carré inscrit dans un cercle.	 Pentagone	dessine un pentagone régulier inscrit dans un cercle.
 Hexagone	dessine un hexagone régulier inscrit dans un cercle.	 Heptagone	dessine un heptagone régulier inscrit dans un cercle.
 Octogone	dessine un octogone régulier inscrit dans un cercle.	 Oblong	dessine une forme oblongue en entrant le centre du demi-cercle, le point pour le rayon et le point final du deuxième demi-cercle (clavette type A par ex.).
 Congé	crée un congé entre deux lignes connectées en un point. Sélectionnez les deux lignes, ou cliquez sur le sommet commun, puis activez l'outil.	 Ajuster	ajuste une ligne, un cercle ou un arc par rapport à l'emplacement du clic.
 Géométrie externe	crée une arête liée à une géométrie externe.	 Mode Construction	bascule un élément vers / depuis le mode construction.

Remarque : dans une esquisse, les éléments de construction (en bleu) sont ignorés lors d'une opération de géométrie 3D et sont seulement visibles quand l'esquisse qui les contient est en mode édition.

Dans FreeCAD v0.16, il a été ajouté la possibilité de créer une géométrie directement dans le Mode Construction, et l'icone a été changée. Le fait de sélectionner une géométrie existante et de cliquer sur cet outil bascule la géométrie en mode Construction. Dans FreeCAD v0.16, quand on clique sur cet outil alors qu'aucune géométrie n'est sélectionnée, cela change le mode pour les prochains objets à créer (Normal / Construction).

Contraintes d'esquisse

Les contraintes sont utilisées pour définir des règles entre les éléments d'esquisse et pour verrouiller l'esquisse le long des axes vertical et horizontal.

Contraintes non associées à des données numériques :

Outil	Description	Outil	Description
 Coïncident	crée une contrainte de coïncidence (point sur point) entre deux sommets sélectionnés.	 Point sur objet	crée une contrainte point-sur-objet entre les éléments sélectionnés. L'un des éléments doit être un sommet, l'autre une ligne, un arc ou un cercle.
 Vertical	crée une contrainte de verticalité sur les lignes ou segments de polylinéaires sélectionnés. Plus d'un élément peut être sélectionné.	 Horizontal	crée une contrainte d'horizontalité sur les lignes ou segments de polylinéaires sélectionnés. Plus d'un élément peut être sélectionné.
 Parallèle	crée une contrainte de parallélisme entre deux lignes sélectionnées.	 Perpendiculaire	crée une contrainte de perpendicularité entre deux lignes sélectionnées.

 Tangent	crée une contrainte de tangence entre deux éléments sélectionnés, ou de colinéarité entre deux lignes.	 Égalité	crée une contrainte d'égalité entre au moins deux éléments sélectionnés. Contraindra la longueur pour des lignes et le rayon pour des cercles et des arcs.
 Symétrie	crée une contrainte symétrique entre deux points par rapport à une ligne.		

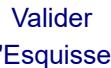
Contraintes associées à des données numériques :

Pour ces contraintes vous pouvez utiliser une [expression](#). Les données peuvent prendre la forme d'une [feuille de calcul de l'atelier Spreadsheet](#).

Outil	Description	Outil	Description
 Fixe	crée une contrainte fixe sur le sommet sélectionné en ajoutant des dimensions horizontale et verticale relatives à l'origine (les dimensions peuvent être éditées par la suite).	 Distance horizontale	fixe la distance horizontale entre deux sommets ou extrémités de ligne. Si un seul élément est sélectionné, la distance sera relative à l'origine.
 Distance verticale	fixe la distance verticale entre deux sommets ou extrémités de ligne. Si un seul élément est sélectionné, la distance sera relative à l'origine.	 Longueur	fixe la longueur d'une ligne sélectionnée, ou la distance entre une ligne et un point. La distance sera perpendiculaire à la ligne.
 Rayon	crée une contrainte radiale sur un arc ou un cercle sélectionné en ajoutant un rayon. Cette dimension pourra être éditée par la suite.	 Angle Interne	crée une contrainte d'angle interne entre deux lignes sélectionnées.
 Loi de Snell	contraint deux lignes à respecter une loi de réfraction simulant la trajectoire de la lumière à travers une interface.	 Alignement Interne	aligne les éléments sélectionnés à la forme sélectionnée (par exemple, contraint une ligne à devenir le grand axe d'une ellipse).
 Basculement de Contrainte	bascule la barre d'outils ou les contraintes sélectionnées vers / depuis le Mode Référence.		

Autres contraintes :

Outil	Description	Outil	Description
 Nouvelle Esquisse	crée une nouvelle esquisse sur un plan ou une face sélectionnée. Si rien n'est sélectionné, le plan XY sera utilisé par défaut.	 Editer l'Esquisse	édite l'esquisse sélectionnée.
 Quitter l'Esquisse	quitte le mode Edition de l'esquisse en cours d'édition.	 Vue de l'Esquisse	définit l'affichage de l'objet perpendiculairement au plan de l'esquisse.
 Appliquer une Esquisse	applique une esquisse sur une face ou un solide sélectionné.	 Réorienter l'Esquisse	réorienter l'esquisse en cours.

 Valider l'Esquisse	vérifier la tolérance des différents points et les faire correspondre entre eux.	 Fusionner les Esquisses	fusionner deux ou plusieurs esquisses.
 Esquisse miroir	crée une esquisse symétrique selon l'axe X, l'axe Y ou l'origine.	 Copier une esquisse	Recopie les éléments d'une esquisse dans l'esquisse en mode édition [v 0.17]

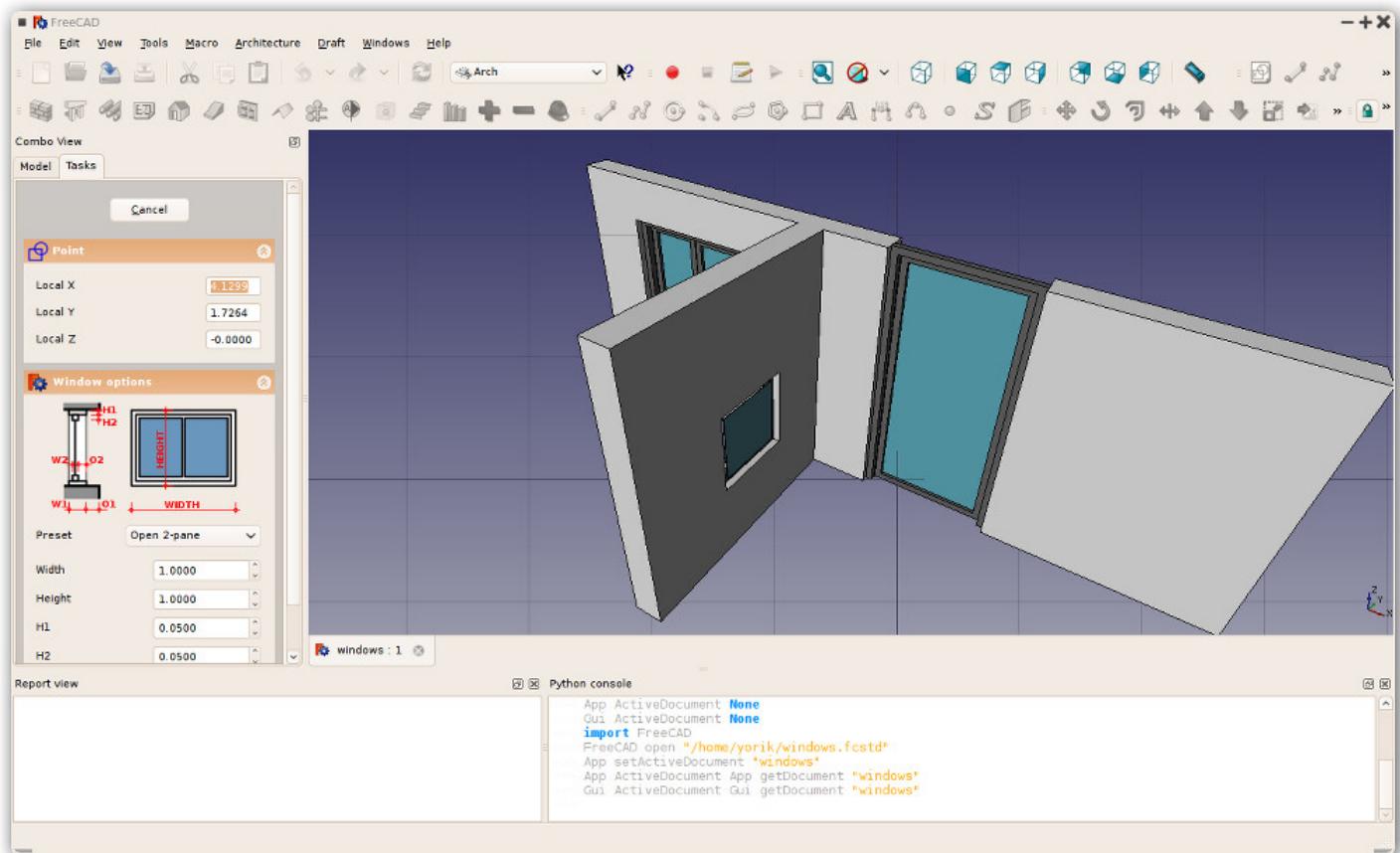
Atelier Part Design (conception de pièces)

L'atelier de conception de pièces contient des outils avancés pour créer des pièces solides. Il contient également tous les outils du sketcher. Comme il ne peut produire que des formes solides (la règle numéro 1 de Part Design), c'est l' atelier principal à utiliser lors de la conception de pièces (parts) à fabriquer ou imprimer en 3D, car vous obtiendrez toujours un objet imprimable.

Outil	Description	Outil	Description
 Protrusion	Crée un objet solide par extrusion de l'esquisse sélectionnée.	 Cavité	Crée une cavité (ou poche) dans un solide existant, à partir de l'esquisse sélectionnée. L'esquisse doit être appliquée sur une face plane d'un objet solide existant.
 Révolution	Crée un solide par révolution de l'esquisse sélectionnée autour d'un axe.	 Enlèvement de matière par révolution	Enlève de la matière d'un solide existant par révolution de l'esquisse sélectionnée autour d'un axe (rainure ...). L'esquisse doit être appliquée sur une face plane d'un solide existant.
 Congé	Applique un congé sur les arêtes sélectionnées d'un objet.	 Chanfrein	Applique un chanfrein sur les arêtes sélectionnées d'un objet.
 Dépouille	Applique une pente angulaire aux faces d'un objet (dépouille).	 Symétrie	Crée une fonction de symétrie.
 Répétition Linéaire	Crée une fonction de répétition linéaire.	 Répétition Polaire	Crée une fonction de répétition polaire.
 Transformation multiple	Créé une fonction de transformation multiple.		
 assistant de conception d'arbre	Génère un arbre à partir d'un tableau de valeurs et permet d'analyser les forces et moments.	 engrenages Involutifs	Permet de créer des engrenages.

Arch

L'atelier Architecture (ou « **Arch** » pour faire court) fournit un flux de travail de type **BIM** à FreeCAD, avec des fonctionnalités telles le support du format **IFC**, des entités architecturales pleinement paramétriques comme les **murs**, éléments structurels ou **fenêtres**, et la production d'une documentation 2D complète. Le module Arch dispose également de tous les outils de l'[atelier Draft](#).



Outil	Description	Outil	Description
Mur	Crée un mur à partir de zéro ou à partir d'un objet sélectionné.	Élément structurel	Crée un élément structurel à partir de zéro ou à partir d'un objet sélectionné.
Rebar	Crée un renforcement de barres sur l'élément structurel sélectionné.	Étage	Crée un étage incluant les objets sélectionnés.
Bâtiment	Crée un bâtiment incluant les objets sélectionnés.	Site	Crée un site incluant les objets sélectionnés.
Fenêtre	Crée une fenêtre à partir d'un objet sélectionné.	Plan de coupe	Ajoute un plan de coupe au document.
Système d'axes	Ajouter un système d'axes dans le document.	Toiture	Crée un toit en pente à partir d'une face sélectionnée.
Espace	Crée un objet spatial dans le document.	Escaliers	Crée un objet escalier dans le document.
Panneau	Crée un objet panneau à partir de zéro ou d'un objet 2D sélectionné.	Ossature	Crée une ossature à partir d'un objet 2D plan et d'un profil.

Outil	Description	Outil	Description
 Equipment	Crée un objet équipement à partir d'un objet sélectionné.	 Matériaux	Crée ou modifie l'attribut matériel de l'objet sélectionné.
 Nomenclature	Crée une liste de matériaux ou de zones.		
 Tube	Crée un tube. (v0,17)	 Connecter tubes	Crée un onglet ou une connexion entre deux ou trois tubes sélectionnés. (v0,17)
 Couper	Coupe un objet selon un plan défini	 Ajouter	Ajouter un objet à un composant.
 Retirer	Retirer ou effacer un ou des objets d'un composant.	 Infos	Permet de prendre rapidement des mesures et des informations sur un modèle.

Atelier de mise en plan (Drawing)

L'**atelier de mise en plan (Drawing)** vous permet de couper sur papier votre projet 3D, en mettant des vues de votre modèle dans une fenêtre 2D et en insérant cette fenêtre dans une mise en plan (page). Celle-ci pourra avoir une bordure, un titre et un logo, et cette page pourra ensuite être imprimée. L'atelier de mise en plan est pour le moment en construction et consiste plus ou moins en un aperçu technologique !

Outil	Description	Outil	Description
 Ouvrir SVG	Ouvre une feuille de dessin précédemment sauvegardée au format de fichier SVG.	 Nouvelle feuille A3 paysage	Crée une nouvelle feuille de dessin (format A3 par défaut de FreeCAD).
 Insérer une vue	Insère une vue de l'objet sélectionné dans la feuille active.	 Annotation	Ajoute une annotation dans la feuille de dessin courante.
 Clip	Ajoute un groupe de clips dans la feuille de dessin courante	 Aperçu dans navigateur	Ouvre un aperçu de la feuille courante dans le navigateur.
 Vue Orthogonale	Crée automatiquement des vues orthogonales d'un objet sur la feuille de dessin	 Symbole	Ajoute le contenu d'un fichier SVG en tant que symbole sur la feuille de dessin en cours.
 Vue détail	Insère une vue préliminaire spéciale de l'objet sélectionné dans la feuille de dessin en cours.		
 Sauvegarder	Exporte la feuille de dessin dans un fichier au format SVG.		

Autres ateliers de travail intégrés

Bien que ce qui précède résume les outils les plus importants de FreeCAD, beaucoup d'autres ateliers de travail sont disponibles, parmi lesquels :

- L'atelier maillage ([Mesh Workbench](#)) permet de travailler avec des maillages polygonaux ([polygon meshes](#)). Bien que les maillages ne soient pas le type préféré de géométrie à utiliser dans FreeCAD, en raison de leur manque de précision et de support pour les courbes, les mailles ont encore beaucoup d'usages et sont entièrement prises en charge dans FreeCAD. Le Mesh Workbench offre également un certain nombre d'outils Part-to-Mesh et Mesh-to-Part.
- L'atelier de rendu réaliste ([Raytracing Workbench](#)) offre des outils pour l'interface avec des programmes externes tels que povray ou luxrender. Depuis FreeCAD, cet espace de travail vous permet de produire des rendus de haute qualité à partir de vos modèles.
- L'atelier feuille de calcul ([Spreadsheet Workbench](#)) permet la création et la manipulation de données de tableau, qui peuvent être extraites des modèles FreeCAD. Les cellules de feuille de calcul peuvent également être référencées dans de nombreux domaines de FreeCAD, ce qui permet de les utiliser comme structures de données de base.
- L'atelier résistance des matériaux ([FEM Workbench](#)) traite de l'analyse des éléments finis ([Finite Elements Analysis](#)) et permet d'effectuer des calculs de résistance pré et post-traitement et d'afficher les résultats graphiquement.

Ateliers externes

Un certain nombre d'autres ateliers très utiles produits par les membres de la communauté FreeCAD existent également. Bien qu'ils ne soient pas inclus dans une installation standard de FreeCAD, ils sont faciles à installer en tant que plug-ins. Ils sont tous référencés dans le dépôt [FreeCAD-addons](#). Parmi les plus développés sont les suivants :

- L'atelier de dimensionnement de dessin ([Drawing Dimensioning Workbench](#)) offre de nombreux nouveaux outils pour travailler directement sur les feuilles de dessin et vous permet d'ajouter des dimensions, des annotations et d'autres symboles techniques avec un grand contrôle sur leur aspect.
- L'atelier [Fasteners Workbench](#) offre une large gamme d'éléments de fixation prêts à insérer comme des vis, des boulons, des tiges, des rondelles et des écrous. De nombreuses options et paramètres sont disponibles.
- L'atelier [Assembly2 Workbench](#) offre une série d'outils pour monter et travailler avec des assemblages.

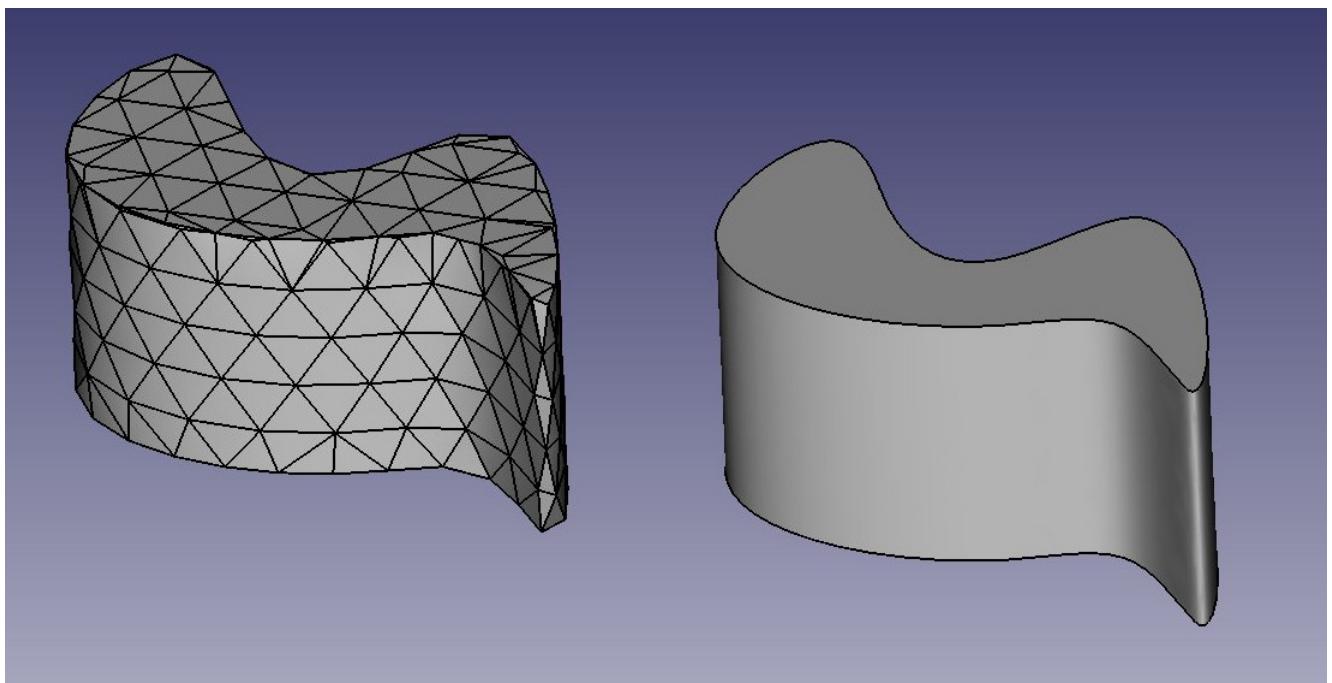
Lire plus d'informations

- La liste complète des ateliers: <http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?Title=ateliers>
- L'atelier Part: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Part_Module
- L'atelier Draft: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Draft_Module
- L'atelier Sketcher et l'atelier Part Design: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?Title=PartDesign_atelier
- L'atelier Arch: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Arch_Module
- L'atelier Drawing: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?Title=Drawing_Module
- L'atelier FEM: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Fem_atelier
- Le dépôt FreeCAD-addons: <https://github.com/FreeCAD/FreeCAD-addons>

1-3-2 Modélisation traditionnelle - la voie CSG

CGS signifie [Constructive Solid Geometry](#) et décrit la manière la plus simple de travailler avec la Géométrie 3D solide, qui crée des objets complexes en ajoutant et en enlevant des pièces en utilisant des opérations booléennes telles que l'union, la soustraction ou l'intersection de solides.

Comme nous l'avons vu plus tôt dans ce manuel, FreeCAD peut gérer de nombreux types de géométrie, mais le type préféré et le plus utile pour le genre d'objets 3D que nous voulons concevoir avec FreeCAD, c'est-à-dire les objets du monde réel, est, sans aucun doute, solide, la géométrie [BREP](#), qui est principalement prise en charge par l'atelier Part ([Part Workbench](#)). Contrairement aux maillages de polygones ([polygon meshes](#)), qui sont fabriqués uniquement de points et triangles, les objets BREP ont leurs faces définies par des courbes mathématiques, qui permettent une précision absolue, peu importe l'échelle.

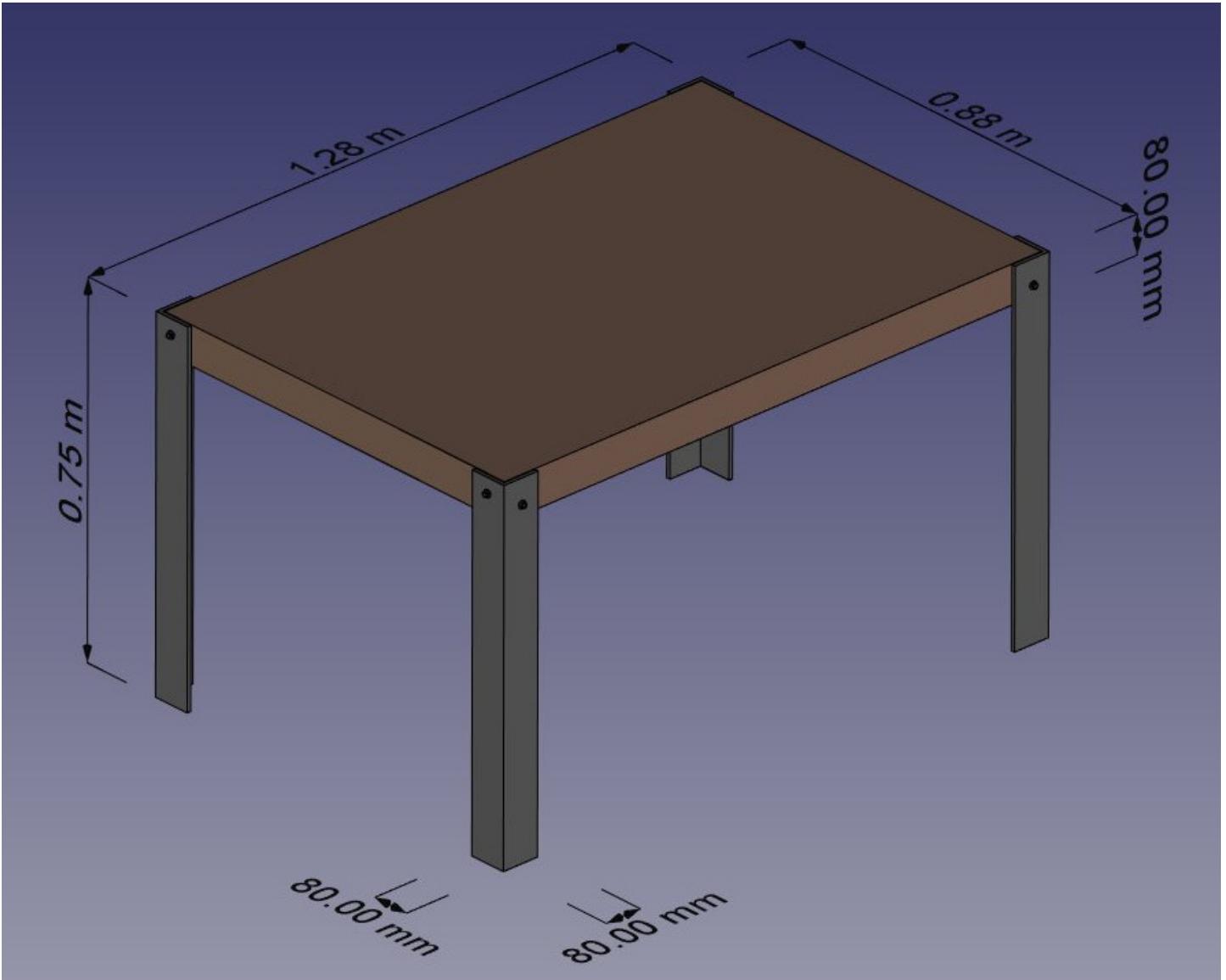


La différence entre les deux peut être comparée à la différence entre bitmap et images vectorielles. Comme pour les images bitmap, les maillons polygonaux ont leurs surfaces courbes fractionnées en une série de points. Si vous le regardez très près, ou que vous l'imprimez très grand, vous n'allez pas voir une surface courbe mais une surface facetisée. Dans les images vectorielles et les données BREP, la position de n'importe quel point sur une courbe n'est pas stockée dans la géométrie mais est calculée à la volée, avec une précision exacte.

Dans FreeCAD, toute la géométrie basée sur BREP est gérée par un autre logiciel open source, OpenCasCade. L'interface principale entre FreeCAD et le noyau [OpenCasCade](#) est l'atelier Part. La plupart des autres ateliers créent leurs fonctionnalités au dessus de l'atelier Part.

Bien que d'autres ateliers proposent souvent des outils plus avancés pour construire et manipuler la géométrie, puisqu'ils manipulent tous les objets Part, il est très utile de savoir comment ces objets fonctionnent en interne et peuvent utiliser les outils de Part car, plus simples, ils peuvent très souvent vous aider à contourner les problèmes que les outils les plus intelligents ne parviennent pas à résoudre correctement.

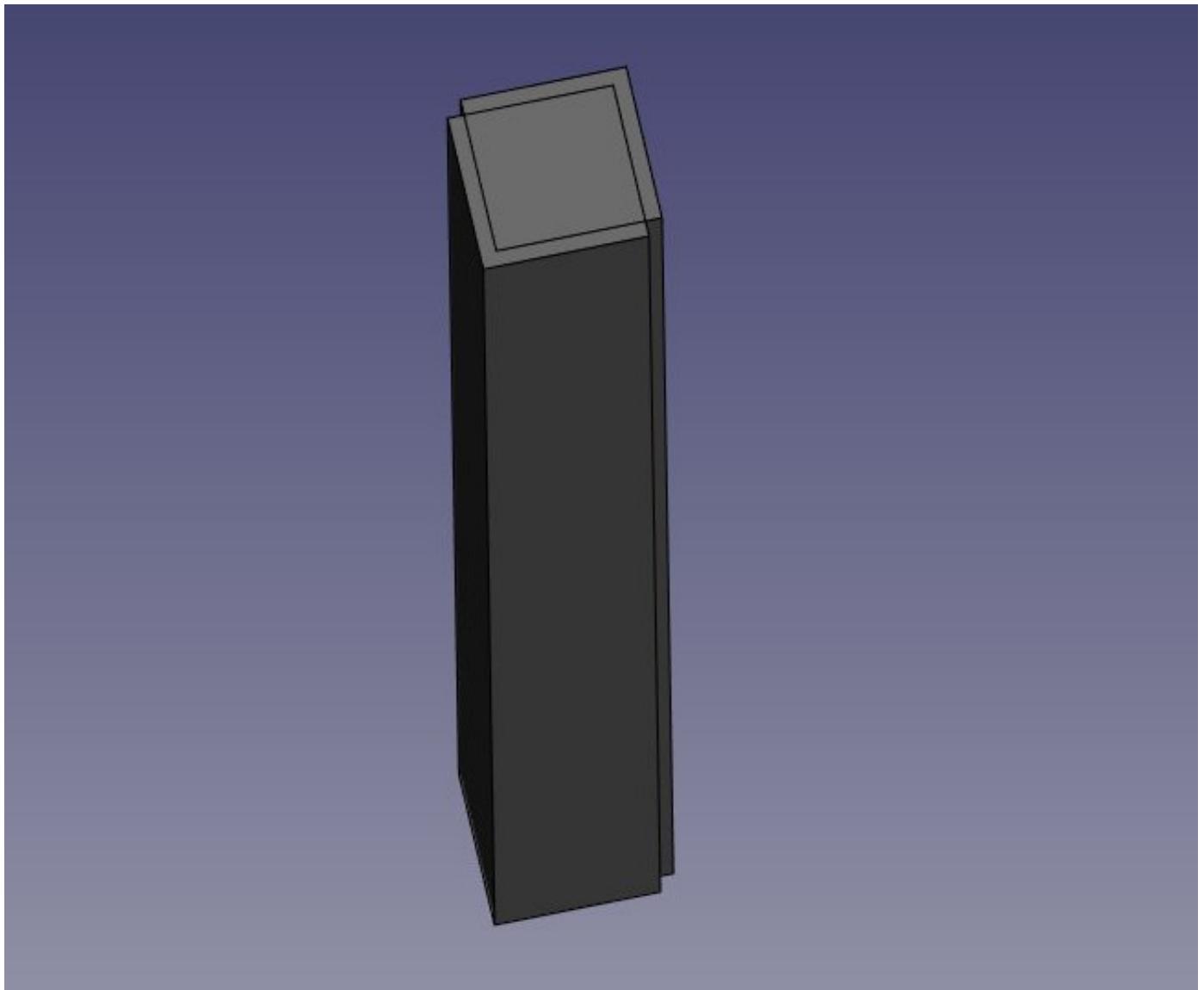
Pour illustrer le fonctionnement de l'atelier Part, nous modéliserons cette table, en utilisant uniquement des opérations CSG (à l'exception des vis, pour lesquelles nous utiliserons l'un des greffons (addons), et les dimensions, qui seront vues dans le chapitre suivant) :



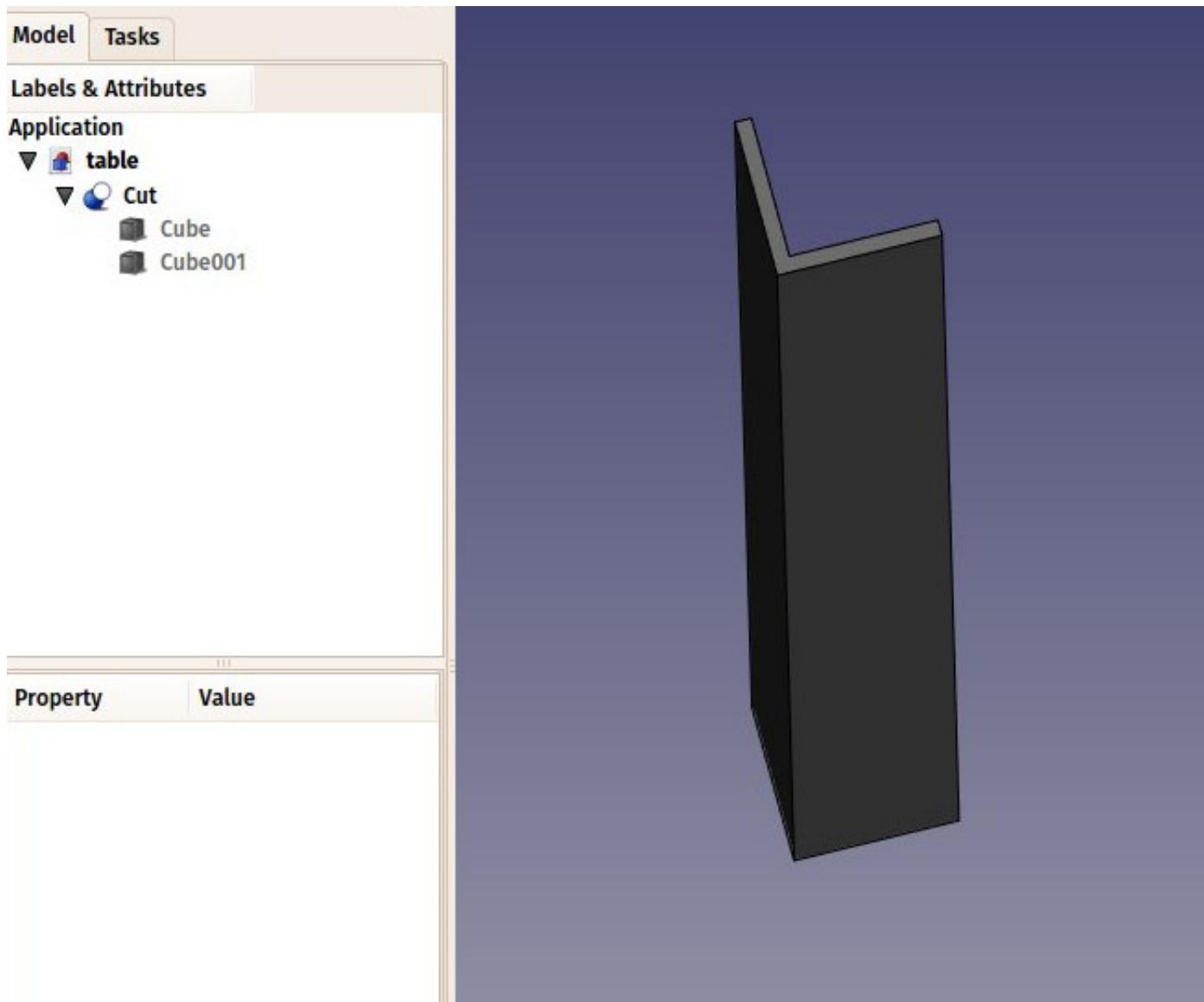
Créez un nouveau document (Ctrl + N ou menu Fichier -> Nouveau document), passez à l'atelier Part, et commencez par le premier pied :

- Appuyez sur le bouton Boîte
- Sélectionnez la boîte obtenue, puis définissez les propriétés suivantes (dans l'onglet Données):
 - Longueur: 80mm (ou 8cm, ou 0.8m, FreeCAD fonctionne dans n'importe quelle unité)
 - Largeur: 80mm
 - Hauteur: 75cm
- Dupliquez la boîte en appuyant sur Ctrl + C puis sur Ctrl + V (ou menu Edition -> Copier et coller)
- Sélectionnez le nouvel objet qui a été créé
- Changez sa position en modifiant sa propriété de placement :
 - Position x: 8mm
 - Position y: 8mm

Vous devriez obtenir deux boîtes hautes, à une distance de 8 mm l'une de l'autre :



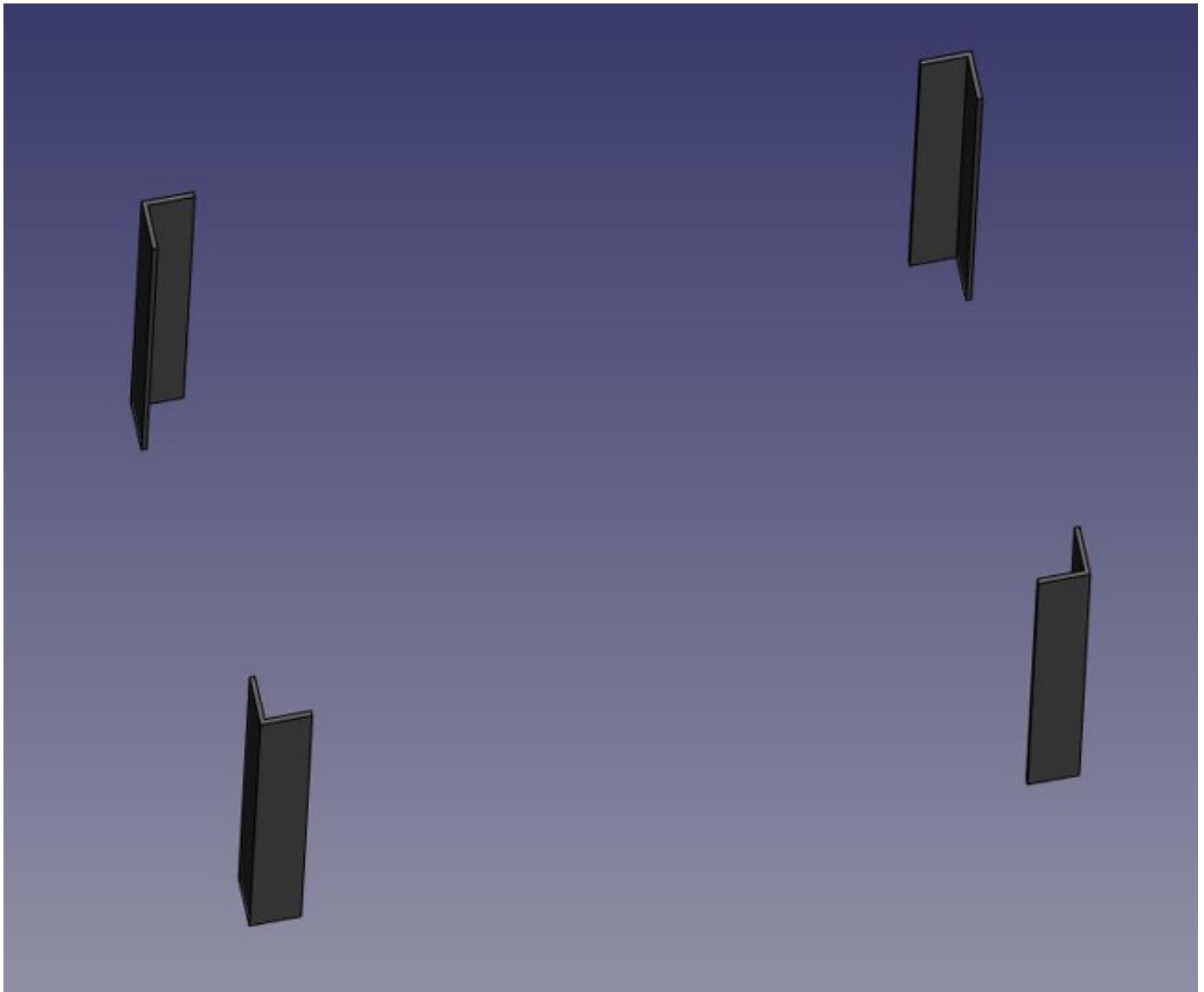
- Maintenant, nous pouvons soustraire l'un de l'autre: Sélectionnez le **premier**, c'est-à-dire celui qui **reste** donc avec la touche CTRL enfoncée, sélectionnez **l'autre**, qui sera **soustrait** (l'ordre est important) et appuyez sur le bouton Couper (soustraction booléenne) :



Observez que l'objet nouvellement créé, appelé "Cut", contient toujours les deux cubes que nous avons utilisés comme les opérandes. En fait, les deux cubes sont toujours présents dans le document, ils ont simplement été cachés et regroupés sous l'objet "Cut" dans l'arborescence. Vous pouvez toujours les sélectionner en développant la flèche à côté de l'objet "Cut" et, si vous le souhaitez, les rendre visibles à nouveau en cliquant droit sur eux ou en modifiant l'une de leurs propriétés.

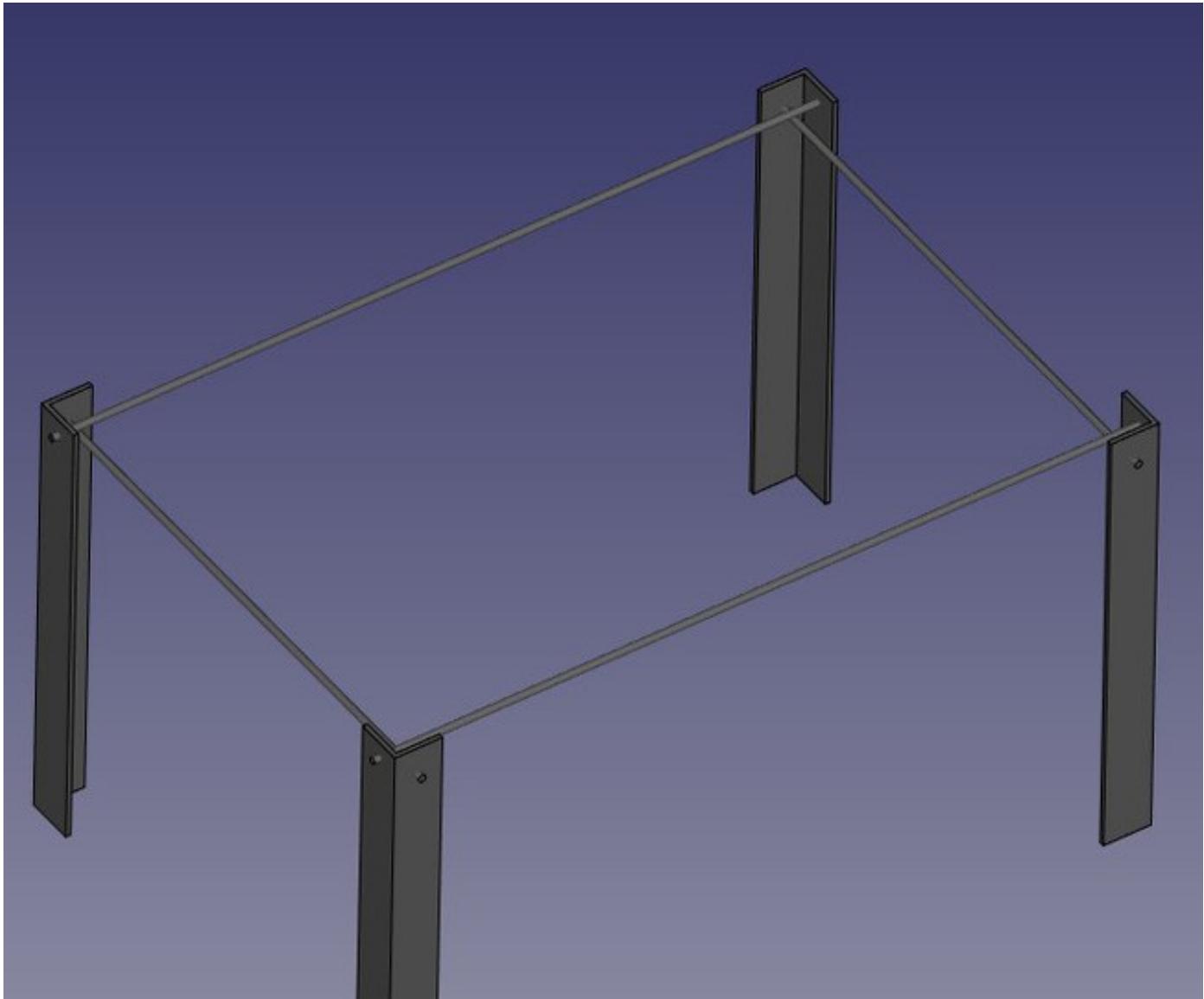
- Maintenant, créez les trois autres pieds en copiant notre cube de base 6 autres fois. Puisqu'il est toujours copié, vous pouvez simplement coller (Ctrl + V) 6 fois. Modifiez leur position comme suit :
 - Cube002: x: 0, y: 80cm
 - Cube003: x: 8mm, y: 79.2cm
 - Cube004: x: 120cm, y: 0
 - Cube005: x: 119.2cm, y: 8mm
 - Cube006: x: 120cm, y: 80cm
 - Cube007: x: 119.2cm, y: 79.2cm

- Maintenant, faisons les trois autres coupures, en sélectionnant d'abord le cube "hôte" puis le cube à soustraire. Nous avons maintenant quatre objets coupés :



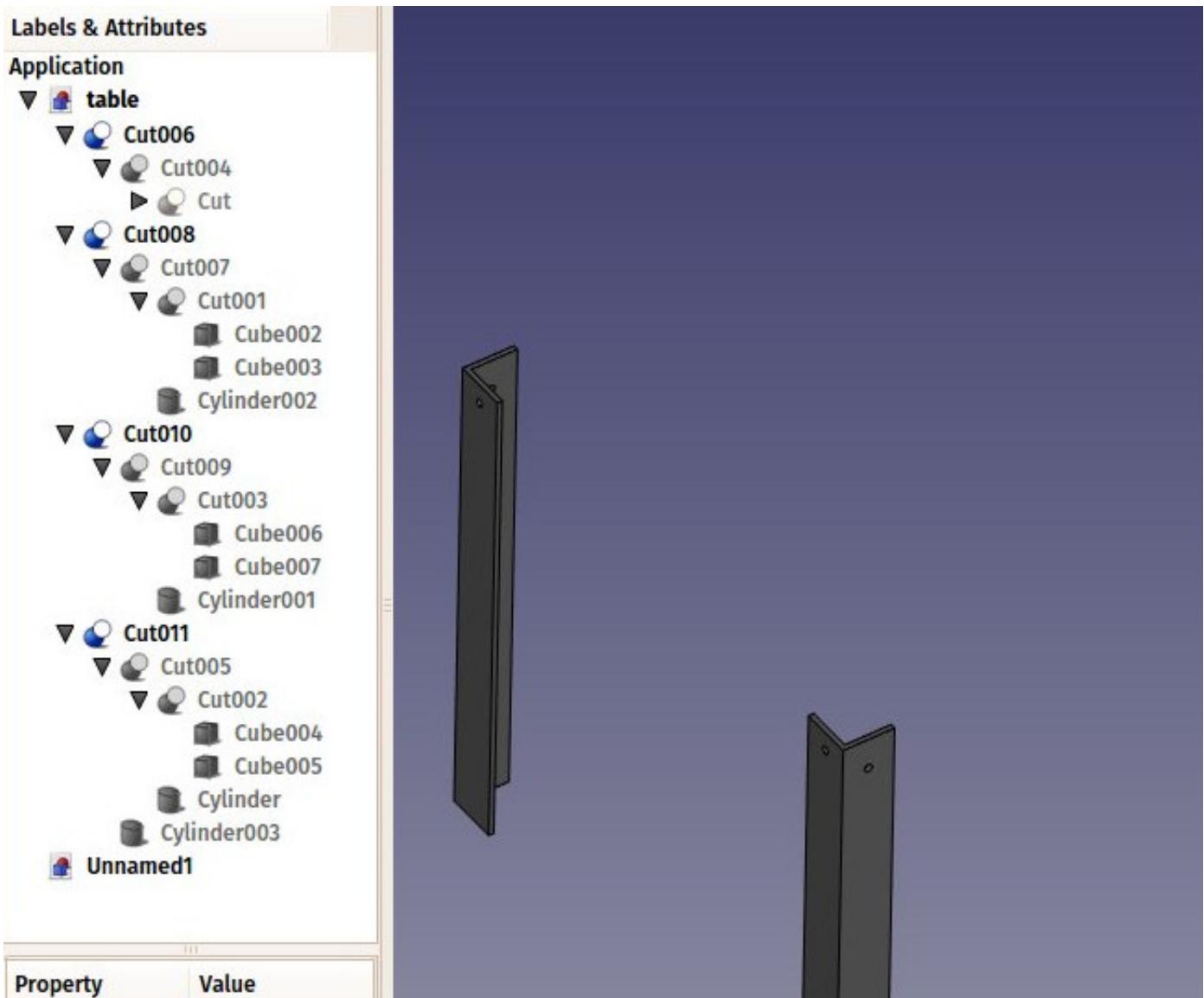
Vous avez peut-être pensé que, au lieu de dupliquer le cube de base six fois, nous pourrions dupliquer le pied complet trois fois. C'est tout à fait vrai, comme toujours dans FreeCAD, il existe plusieurs façons d'obtenir un même résultat. C'est une chose précieuse à retenir, parce que, lorsque nous progresserons vers des objets plus complexes, certaines opérations pourraient ne pas donner un résultat correct et nous devons souvent essayer d'autres façons.

- Nous allons maintenant faire des trous pour les vis, en utilisant la même méthode de coupe. Puisque nous avons besoin de 8 trous, deux dans chaque pied, nous pourrions faire 8 objets à soustraire. Au lieu de cela, explorons d'autres façons et faisons 4 cylindres, qui seront réutilisés par deux pieds. Alors, créons quatre cylindres en utilisant l'outil Cylindre . Vous pouvez à nouveau, en faire un seul et le doubler ensuite. Donnez à tous les cylindres un rayon de 6 mm. Cette fois, nous devrons les faire pivoter, ce qui se fait également via la propriété Placement :
 - Cylindre: hauteur: 130cm, angle: 90 °, axe: x: 0, y: 1, position: x: -10mm, y: 40mm, Z: 72cm
 - Cylindre001: hauteur: 130cm, angle: 90 °, axe: x: 0, y: 1, position: x: -10mm, y: 84cm, Z: 72cm
 - Cylindre 1002: hauteur: 90cm, angle: 90 °, axe: x: -1, y: 0, position: x: 40mm, y: -10mm, Z: 70cm
 - Cylindre003: hauteur: 90cm, angle: 90 °, axe: x: -1, y: 0, position: x: 124cm, y: -10mm, Z: 70cm



Vous remarquerez que les cylindres sont un peu plus longs que nécessaire. C'est parce que, comme dans toutes les applications 3D solides, les opérations booléennes dans FreeCAD sont parfois trop sensibles à des situations face-sur-face et pourraient échouer. En faisant cela, nous nous sommes placés dans une situation sûre.

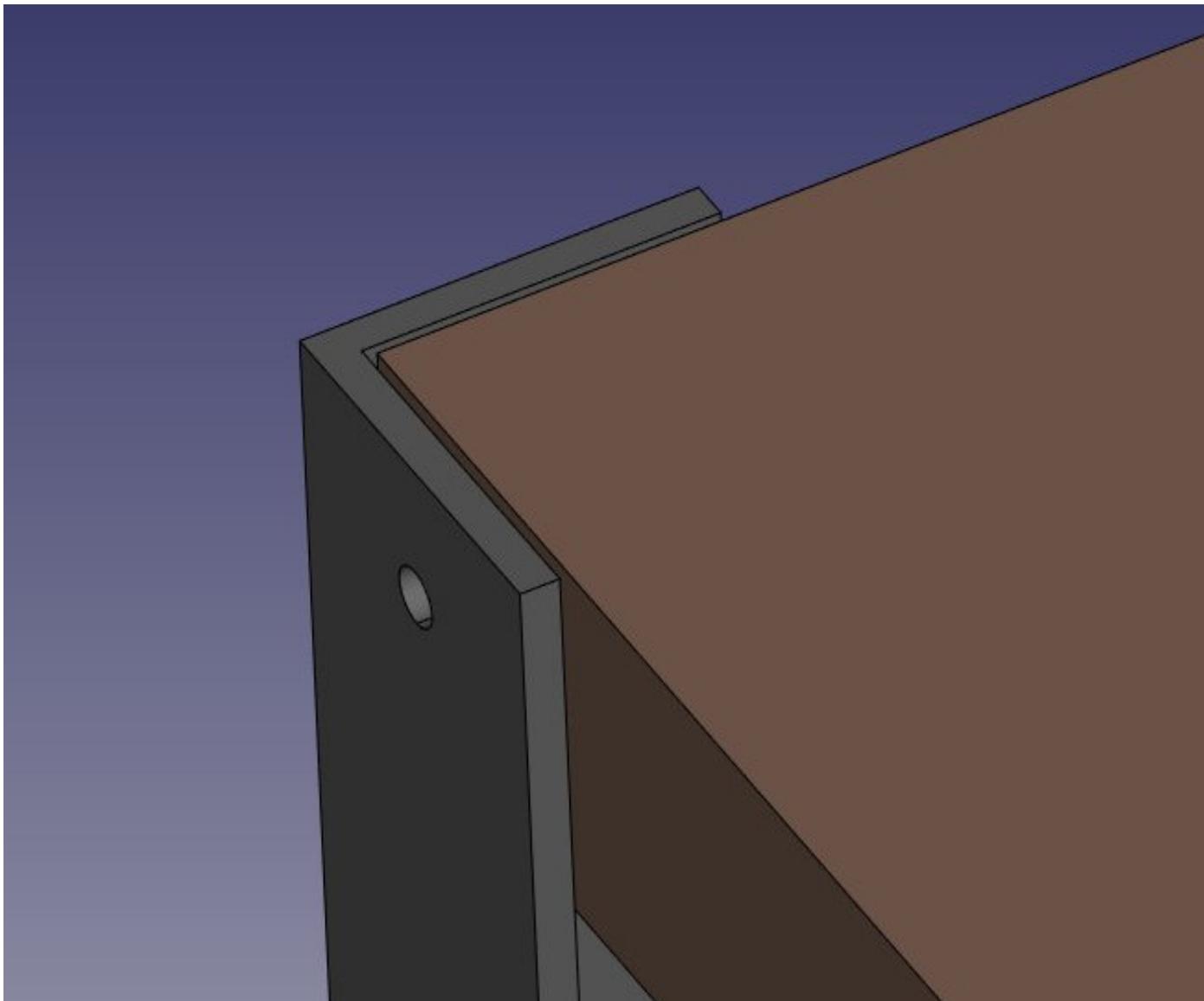
- Maintenant, faisons les soustractions. Sélectionnez le premier pied, puis, avec la touche CTRL enfoncée, sélectionnez un des cylindres qui le traversent, appuyez sur le bouton Couper. Le trou sera fait, et le cylindre caché. Trouvez-le dans l'arborescence en développant le pied percé.
- Sélectionnez un autre pied percé par ce cylindre caché, puis répétez l'opération, cette fois-ci en sélectionnant le tube dans l'arborescence avec Ctrl +, car il est caché dans la vue 3D (vous pouvez également le rendre visible et le sélectionner dans la vue 3D). Répétez ceci pour les autres pieds jusqu'à ce que chacun d'eux ait ses deux trous :



Comme vous pouvez le voir, chaque pied est devenu une série assez longue d'opérations. Tout cela reste paramétrique, et vous pouvez changer n'importe quel paramètre de l'une des anciennes opérations à tout moment. Dans FreeCAD, nous nous référons souvent à cette pile comme «historique de la modélisation» (ou parfois arbre de construction), car elle porte en fait tout l'historique des opérations que vous avez effectuées.

Une autre particularité de FreeCAD est que le concept de l'objet 3D et le concept de l'opération 3D ont tendance à se fondre en une même chose. La coupe est à la fois une opération, et l'objet 3D résultant de cette opération. Dans FreeCAD, cela s'appelle une "fonctionnalité", plutôt que objet ou opération.

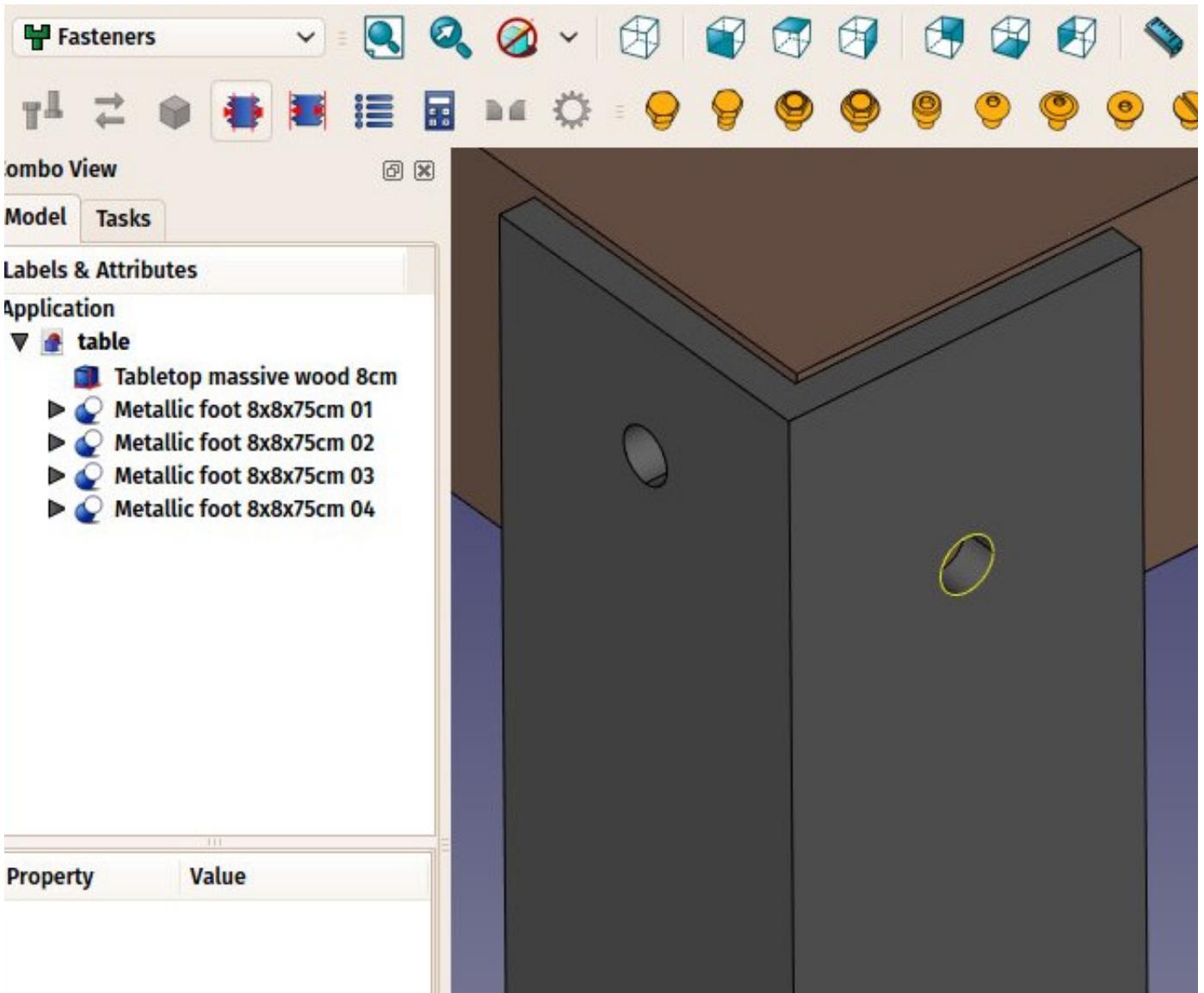
- Maintenant, faisons le dessus de la table, ce sera un simple bloc de bois ; faisons-le avec une autre boîte de longueur: 126cm, largeur: 86cm, hauteur: 8cm, position: x: 10mm, y: 10mm, z: 67cm. Dans l'onglet **Affichage**, vous pouvez lui donner une belle couleur brun-semblable au bois en changeant sa **Propriété couleur** :



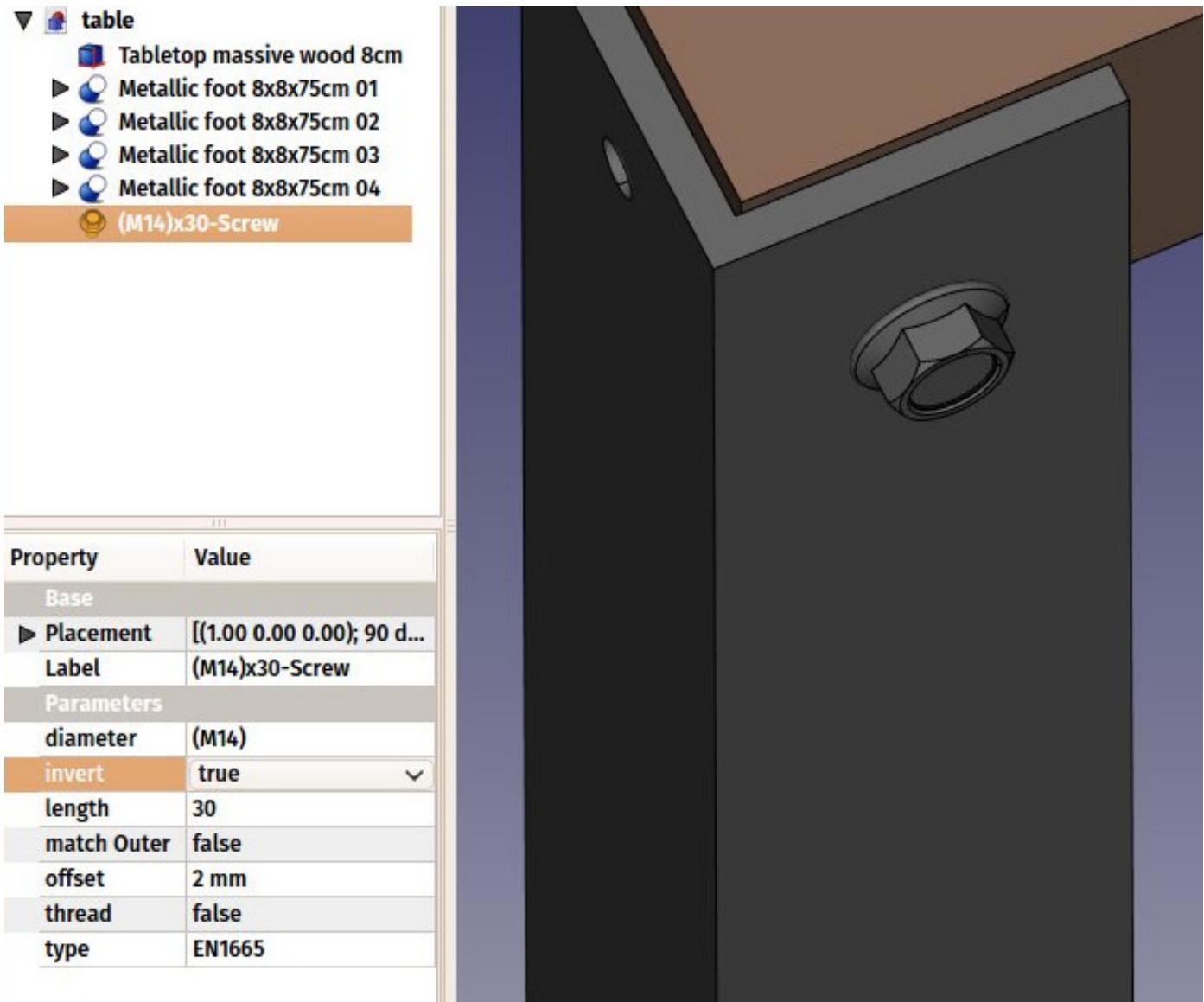
Notez que, bien que les pieds aient 8 mm d'épaisseur, nous l'avons placé à 10 mm, en laissant 2 mm entre eux. Ce n'est pas nécessaire, bien sûr, cela n'arrivera pas avec la vraie table, mais c'est une pratique courante utilisée dans ce genre de modèles "assemblés", cela aide les personnes qui regardent le Modèle pour comprendre que ce sont des pièces indépendantes, qui devront être jointes ensemble manuellement plus tard.

Maintenant que nos cinq pièces sont complètes, c'est le bon moment pour leur donner des noms plus parlants que "Cut015". En cliquant avec le bouton droit sur les objets dans l'arborescence (ou en appuyant sur F2), vous pouvez renommer de façon plus significative pour vous-même ou pour une autre personne qui ouvrirait votre travail plus tard. On dit souvent que le fait de donner simplement des noms concrets à vos objets est beaucoup plus important que la façon dont vous les modélisez.

- Nous allons maintenant placer des vis. Il existe aujourd'hui un complément extrêmement utile développé par un membre de la communauté FreeCAD, que vous pouvez trouver sur le dépôt [FreeCAD addons](#), appelé [Fasteners](#), qui rend l'insertion de vis très facile. L'installation d'ateliers supplémentaires est simple et décrite dans les pages des greffons (addons).
- Une fois que vous avez installé l'atelier Fasteners et redémarré FreeCAD, il apparaît dans la liste des ateliers, et nous pouvons l'utiliser. Ajouter une vis à l'un de nos trous est effectué en sélectionnant d'abord le bord circulaire de notre trou :



- Ensuite, nous pouvons appuyer sur un des boutons de choix de vis de l'atelier Fasteners, par exemple le **boulon hexagonal EN 1665 à brides, série lourde**. La vis sera placée et alignée sur notre trou, et le diamètre sera automatiquement sélectionné pour correspondre à la taille de notre trou. Parfois, la vis sera inversée, ce que nous pouvons corriger en inversant son sens. Nous pouvons également définir son décalage à 2mm, pour suivre la même règle que nous avons utilisée entre la table et les pieds :



- Répétez ceci pour tous les trous, et notre table est complète!

La structure interne des objets Part

Comme nous l'avons vu ci-dessus, il est possible dans FreeCAD de sélectionner non seulement des objets entiers, mais des éléments d'entre eux, comme la bordure circulaire de notre trou de vis. C'est le bon moment pour regarder rapidement la façon dont les objets Part sont construits en interne. Chaque atelier qui produit une géométrie Part sera basée sur ceux-ci :

- **Vertices (sommets)** : Ce sont des points (généralement des points d'extrémité) sur lesquels tout le reste est construit. Par exemple, une ligne comporte deux sommets.
- **Arêtes** : les arêtes sont de la géométrie linéaire comme les lignes, les arcs, les ellipses ou les courbes [NURBS](#). Elles ont généralement deux sommets, mais certains cas particuliers en ont seulement un (un cercle fermé par exemple).
- **Fils de fer** : un fil de fer est une séquence de bords connectés par leurs extrémités. Il peut contenir des bords de n'importe quel type, et il peut être fermé ou non.
- **Faces** : les faces peuvent être planaires ou courbes, et peuvent être formées par un fil fermé qui forme la bordure de la face, ou plus d'un, dans le cas où la face a des trous.

- **Coquilles** : les coquilles sont simplement un groupe de faces reliées par leurs bords. Elles peuvent être ouvertes ou fermées.
- **Solides** : lorsqu'une coquille est complètement fermée, c'est-à-dire qu'elle n'a pas de "fuite", elle devient solide. Les solides portent la notion d'intérieur et d'extérieur. De nombreux ateliers s'appuient sur cette notion pour que les objets qu'ils produisent puissent être construits dans le monde réel.
- **Composés** : Les composés sont simplement des agrégats d'autres formes, quel que soit leur type, en une seule forme.

Dans la vue 3D, vous pouvez sélectionner individuellement des **sommets**, des **arêtes** ou des **faces**. En sélectionnant l'un d'entre eux, vous sélectionnez également l'objet entier.

Une note sur le design partagé

Vous pourriez regarder la table ci-dessus et penser que son design n'est pas bon. La fixation des pieds sur le plateau de table est probablement trop faible. Vous voudrez peut-être ajouter des pièces de renfort, ou simplement vous avez d'autres idées pour le faire mieux. C'est là que le partage devient intéressant. Vous pouvez télécharger le fichier effectué pendant cet exercice à partir du lien ci-dessous, et le modifier pour le refaire mieux. Ensuite, si vous partagez ce fichier amélioré, d'autres pourraient être en mesure de le rendre encore mieux, ou utiliser votre table bien conçue dans leurs projets. Votre conception pourrait alors donner d'autres idées à d'autres personnes, et peut-être vous aurez aidé un petit peu à faire un monde meilleur ...

Téléchargements

- Le fichier produit dans cet exercice:
<https://github.com/yorkvanhavre/FreeCADmanual/blob/master/files/table.FCStd>

Lire plus d'informations

- The Part atelier: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Part_Module
- Le dépôt FreeCAD addons: <https://github.com/FreeCAD/FreeCAD-addons>
- The Fasteners atelier: https://github.com/shaise/FreeCAD_FastenersWB

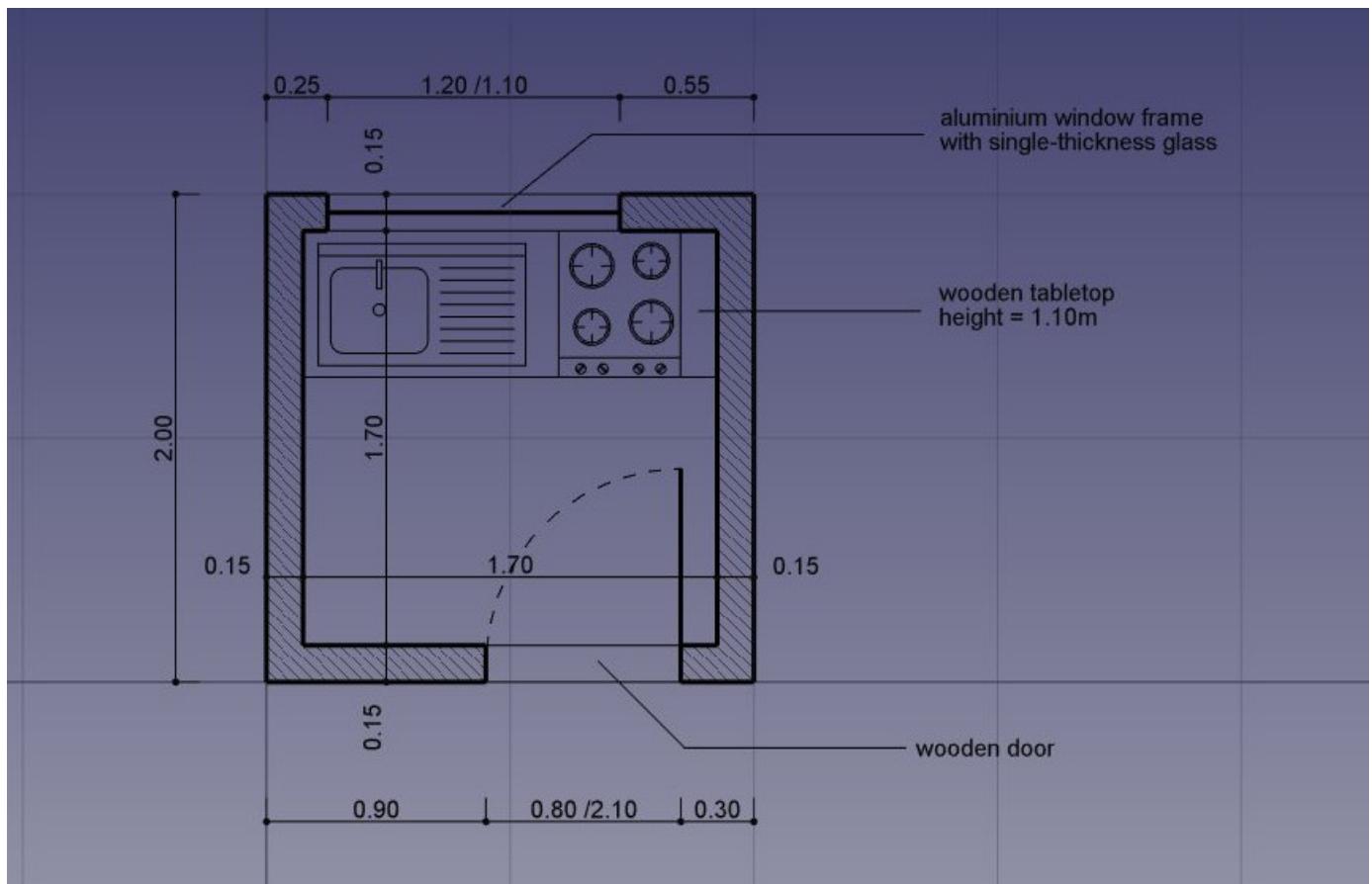
1-3-3 Dessin 2D traditionnel

Vous pouvez être intéressé par FreeCAD car vous avez déjà une expérience de dessin technique, par exemple avec un logiciel comme [AutoCAD](#). Ou vous savez déjà quelque chose dans le Design, ou vous préférez dessiner avant de construire. Dans les deux cas, FreeCAD propose un atelier avec des fonctionnalités plus traditionnelles, avec des outils que l'on trouve dans la plupart des applications CAO 2D : L'atelier de dessin 2D ([Draft Workbench](#)).

L'atelier Draft, bien qu'il adopte des façons de travailler hérité du dessin traditionnel 2D du monde de la CAO n'est pas limité au royaume 2D. Tous ses outils fonctionnent dans l'ensemble de l'espace 3D et beaucoup de ses outils, par exemple Déplacement ([Move](#)) ou Rotation ([Rotate](#)), sont couramment utilisés partout dans FreeCAD car ils sont souvent plus intuitifs que changer les paramètres de placement manuellement.

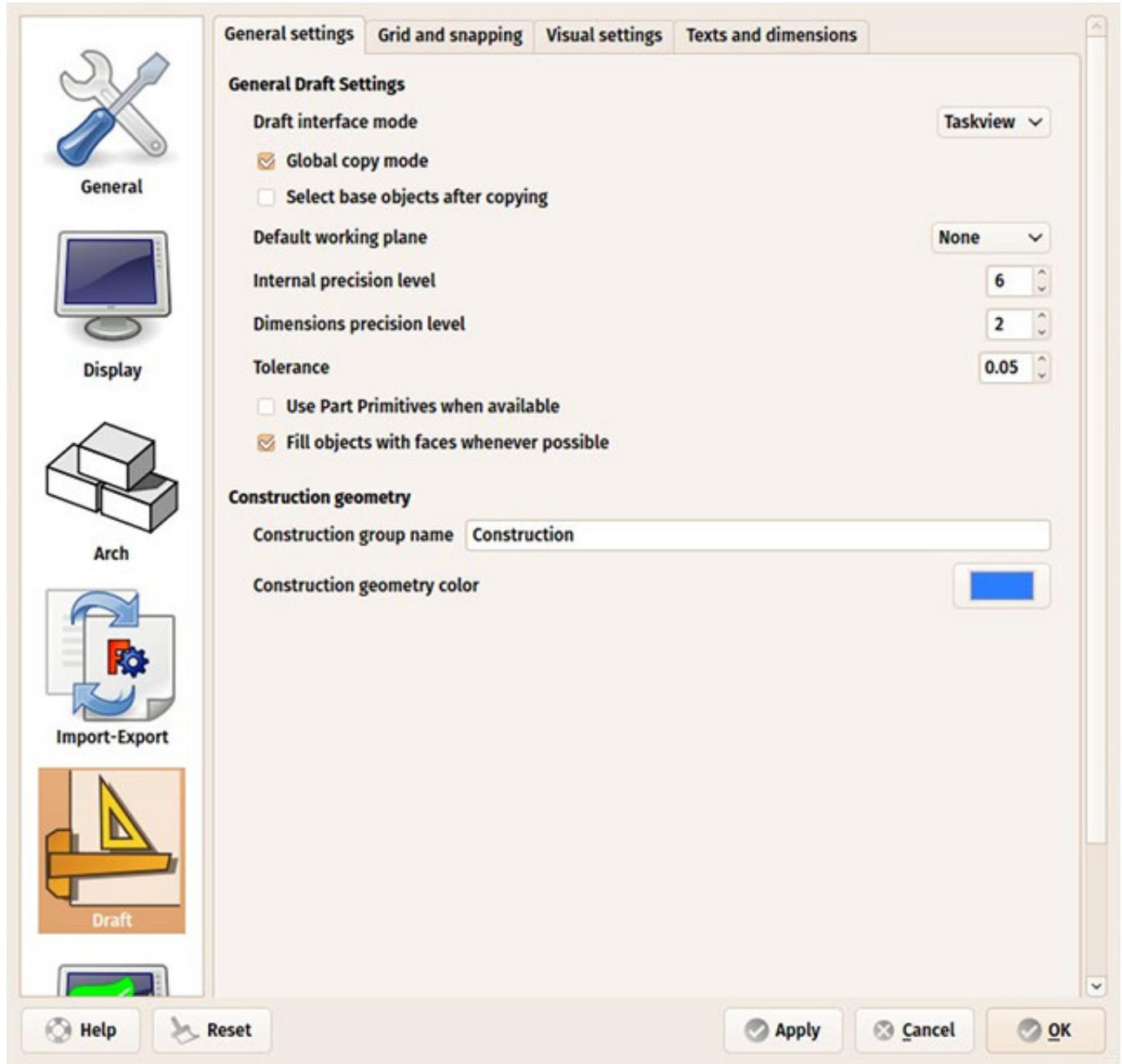
Parmi les outils offerts par l'atelier Draft, vous trouverez des outils de dessin traditionnels comme ligne ([Line](#)), cercle ([Circle](#)) ou polyligne ([Wire](#)), des outils de modification comme déplacer ([Move](#)), faire pivoter ([Rotate](#)) ou décaler ([Offset](#)), un système de plan de travail / grille ([working plane/grid system](#)) qui vous permet de définir précisément dans quel plan vous travaillez, et un système d'accrochage complet ([snapping system](#)) qui rend très facile de dessiner et de positionner précisément des éléments l'un par rapport à l'autre.

Pour montrer le travail et les possibilités de l'ébauche de travail, nous réaliserons un exercice simple, dont le résultat sera ce petit dessin, montrant le plan d'étage d'une petite maison qui ne contient qu'un dessus de cuisine (un plan d'appartement très absurde, mais on peut faire ce que nous voulons ici, n'est-ce pas?) :



- Rendez-vous dans l'atelier **Draft**

- Comme dans toutes les applications de dessin technique, il est judicieux de configurer votre environnement correctement, cela vous épargnera beaucoup de temps. Configurez la grille et le plan de travail ([grid and working plane](#)), le texte ([Text](#)) et les paramètres de dimensions ([Dimension](#)) à votre convenance dans le menu **Édition -> Préférences -> Draft**. Dans cet exercice, cependant, nous agissons comme si ces paramètres de préférences étaient laissés à leurs valeurs par défaut.

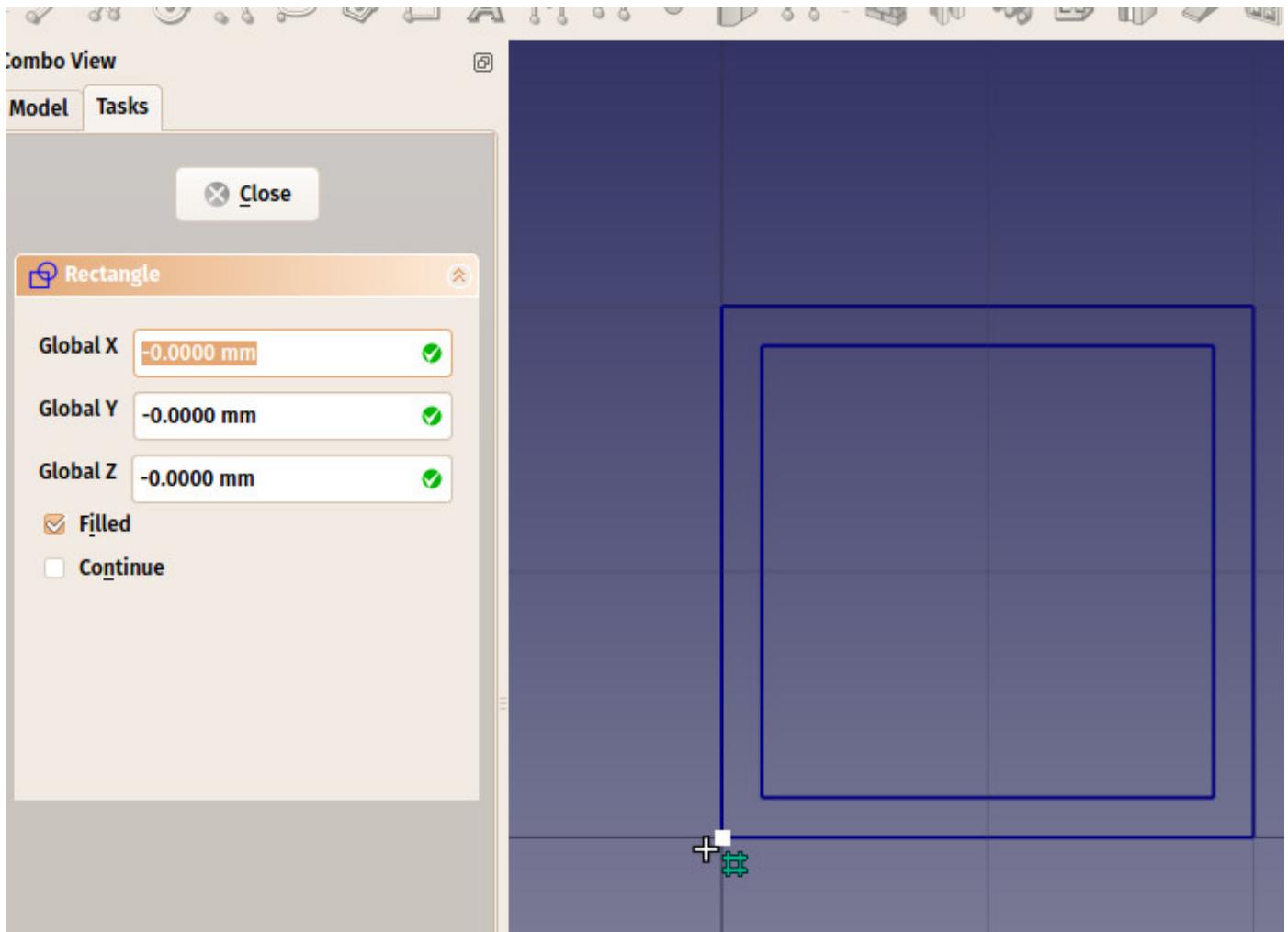


L'atelier Draft dispose également de deux barres d'outils spéciales : l'une avec les **paramètres visuels**, où vous pouvez modifier le plan de travail actuel, activer / désactiver le mode de construction ([construction mode](#)), définir la couleur de la ligne, la couleur de la face, l'épaisseur de la ligne et la taille du texte à utiliser pour les nouveaux objets. Et un autre avec des **emplacements instantanés**. Là, vous pouvez activer / désactiver la grille et définir / désactiver les filtres d'accrochages particuliers ([Snap locations](#)) :



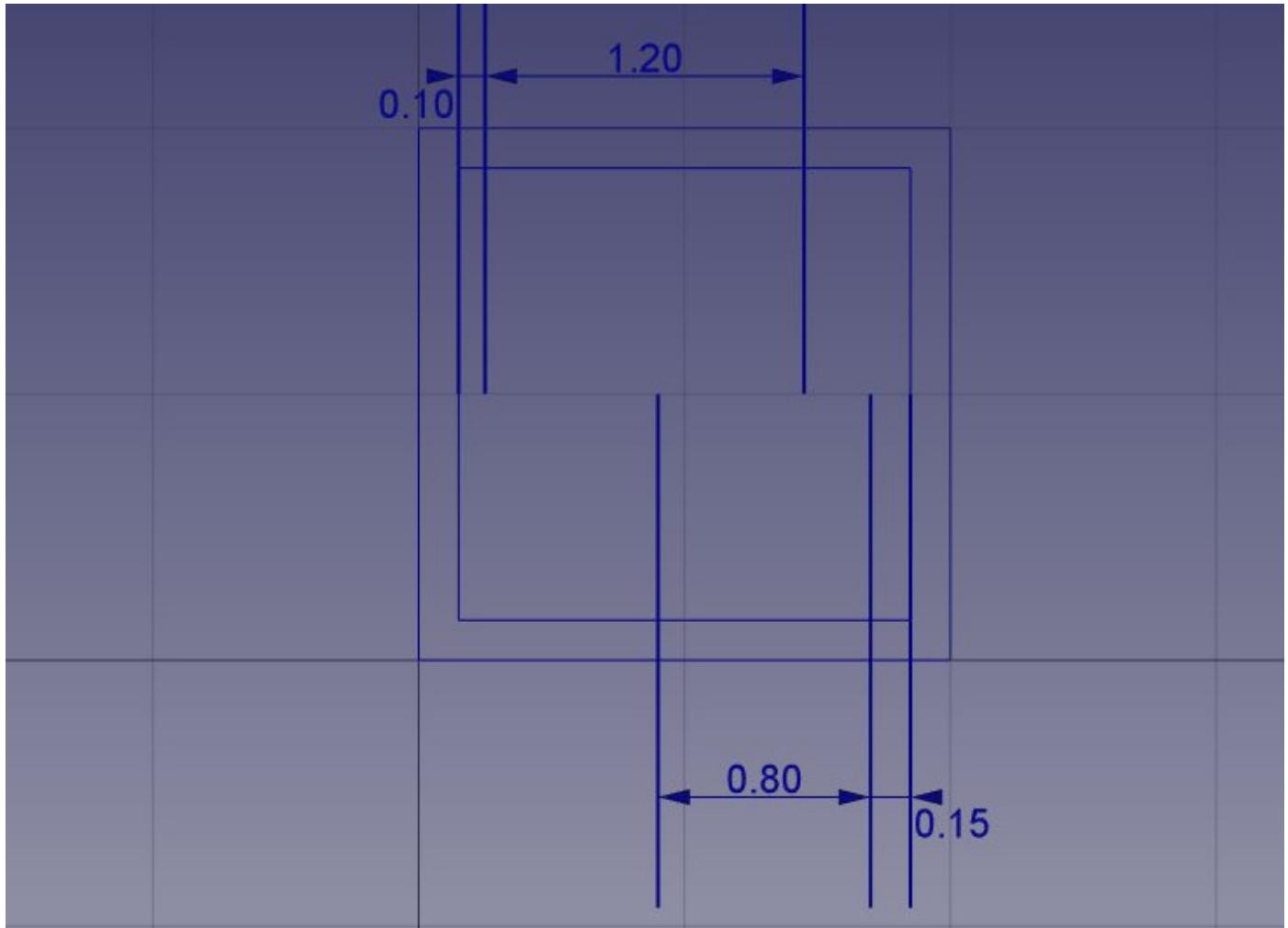
- Commençons par passer en **mode construction**, ce qui nous permettra de dessiner des lignes directrices sur lesquelles nous allons dessiner notre géométrie finale.

- Si vous le souhaitez, mettez le **plan de travail** sur **XY**. Si vous faites cela, le plan de travail ne changera pas, peu importe la vue actuelle. Si ce n'est pas le cas, le plan de travail s'adapte automatiquement à la vue actuelle, et vous devriez prendre soin de rester en vue de dessus lorsque vous souhaitez dessiner sur le plan XY (sol).
- Ensuite, sélectionnez l'outil Rectangle ([Rectangle](#)) et tracez un rectangle, en commençant par le point (0,0,0), de 2 mètres par 2 mètres (laissez Z à zéro). Notez que la plupart des commandes Draft peuvent être entièrement exécutées à partir du clavier, sans toucher la souris, en utilisant leur raccourci à deux lettres. Notre premier rectangle 2x2m peut se faire comme ceci : re 0 Entrée 0 Entrée 0 Entrée 2m Entrée 2m Entrée 0 Entrée.
- Dupliquez ce rectangle de 15 cm à l'intérieur, en utilisant l'outil Décalage ([Offset](#)), en activant son mode Copie et en lui donnant une distance de 15 cm :

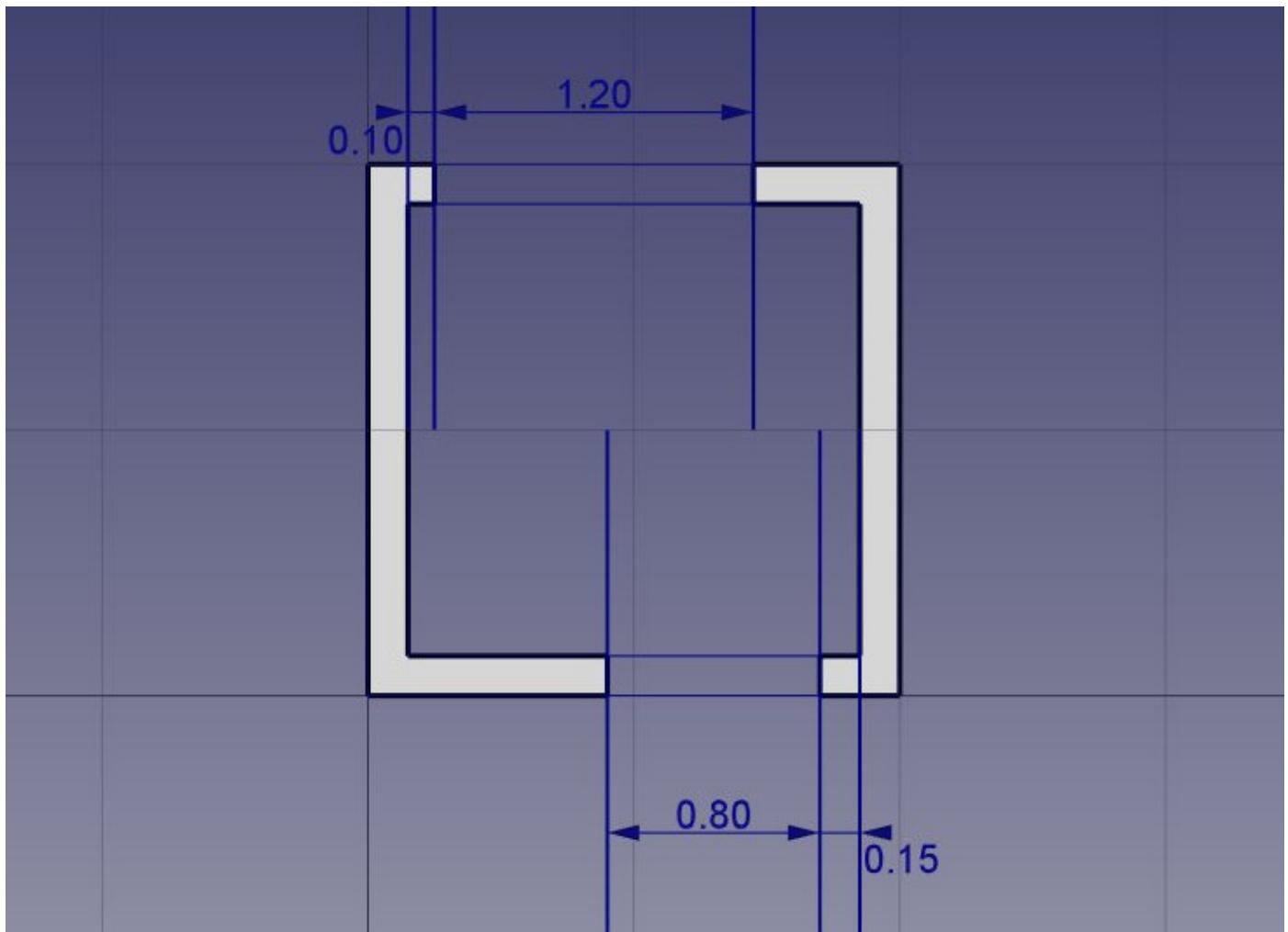


- Nous pouvons ensuite dessiner quelques lignes verticales pour définir où nos portes et fenêtres seront placées, en utilisant l'outil Ligne ([Line](#)). L'intersection de ces lignes avec nos deux rectangles nous donnera des intersections utiles pour enrayer nos murs. Dessinez la première ligne du point (15cm, 1m, 0) au point (15cm, 3m, 0).
- Dupliquez cette ligne 5 fois, en utilisant l'outil Déplacer ([Move](#)) avec le mode Copy activé. Activez également le mode relatif, ce qui nous permettra de définir des déplacements selon des distances relatives, ce qui correspond à la position exacte de chaque ligne. Donnez à chaque nouvelle copie un point de départ, vous pouvez le laisser à (0,0,0) par exemple, et les points finaux relatifs suivants :

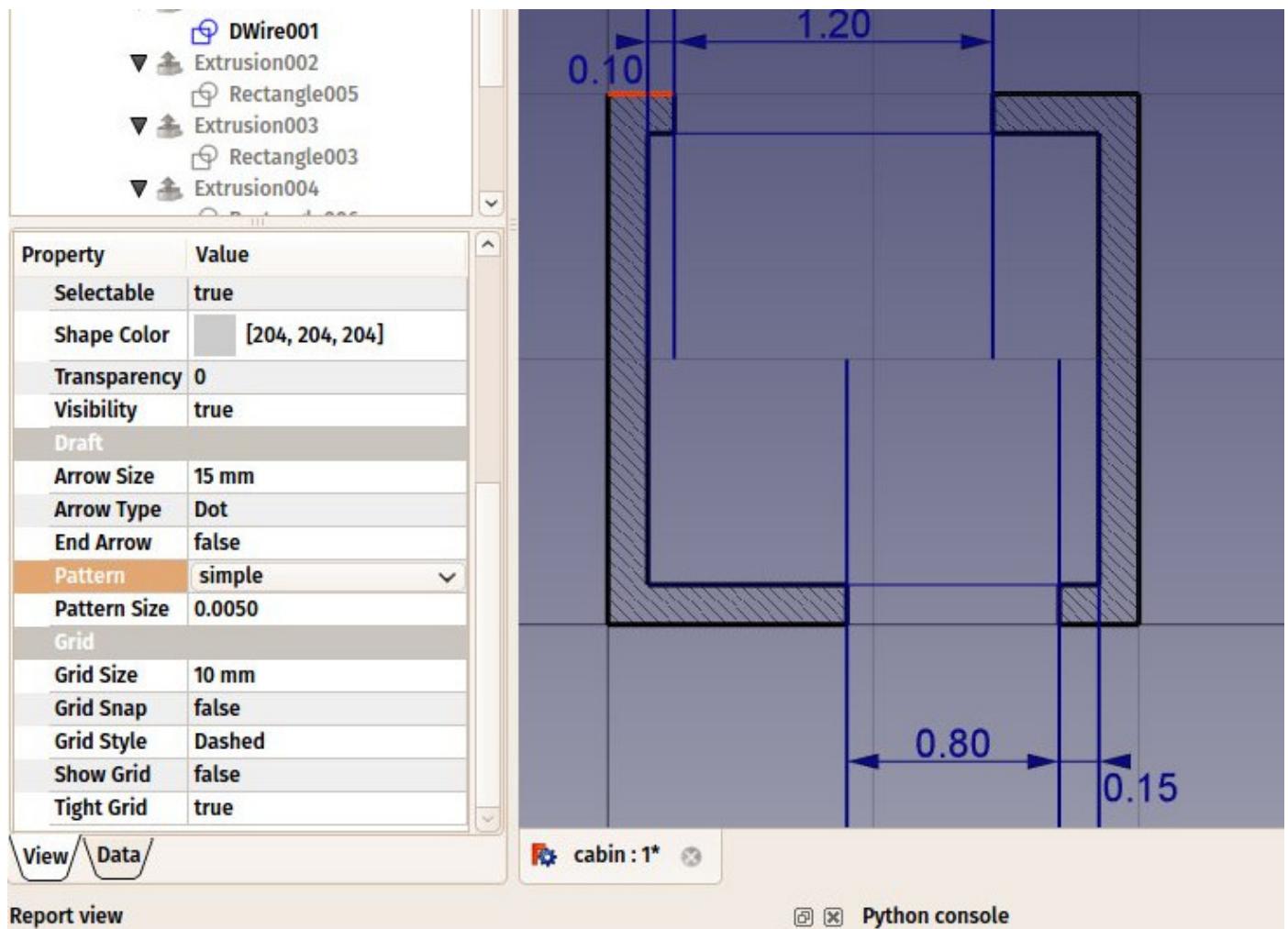
- Line001: x: 10cm
- Line002: x: 120cm
- Ligne 003: x: -55cm, y: -2m
- Line004: x: 80cm
- Line005: x: 15cm



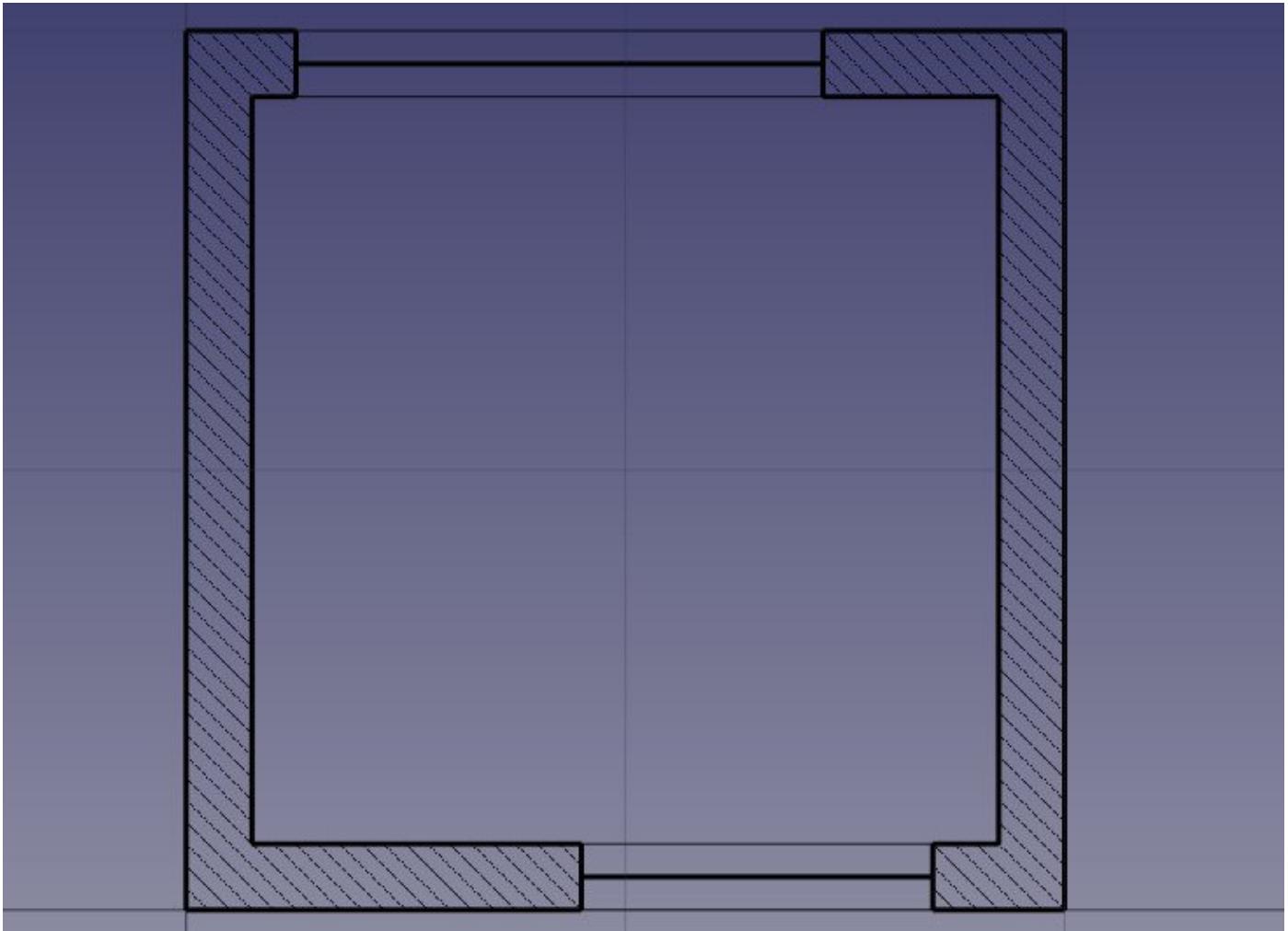
- C'est tout ce dont nous avons besoin maintenant, nous pouvons donc désactiver le mode de construction. Vérifiez que toute la géométrie de la construction a été placée dans un groupe "Construction", ce qui permet de le masquer tout à la fois ou même de le supprimer complètement plus tard.
- Maintenant, dessinons nos deux pièces murales à l'aide de l'outil Polyligne ([Wire](#)). Assurez-vous que le filtre d'accrochage **intersection** ([intersection snap](#)) est activée, car nous devrons créer les intersections de nos lignes et de nos rectangles. Dessinez deux polylinéaires comme suit, en cliquant sur tous les points de leurs contours. Pour les fermer, cliquez sur le premier point, ou appuyez sur le bouton **Fermer** :



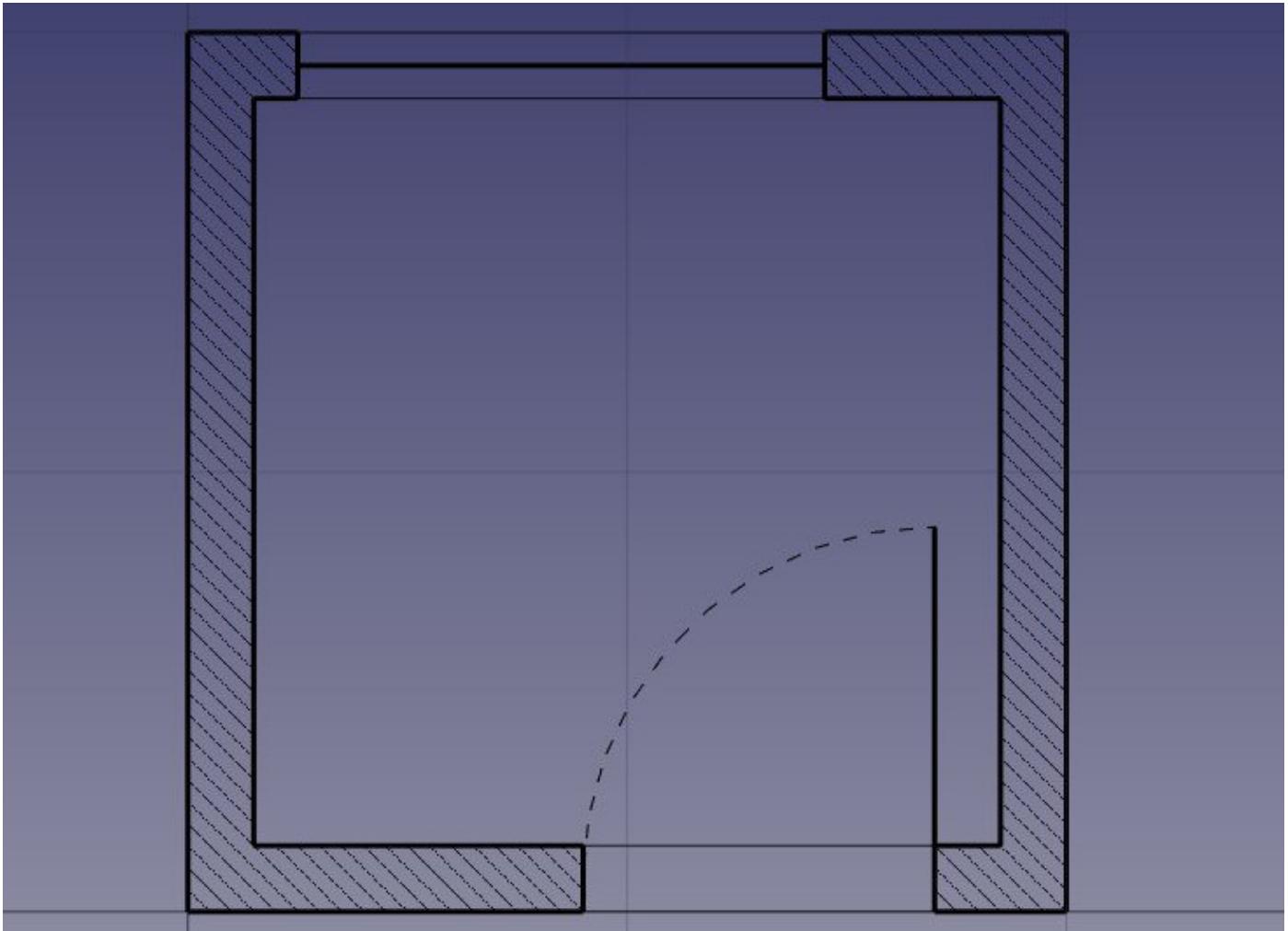
- Nous pouvons changer leur couleur grise par défaut en un motif de hachures agréable, en sélectionnant les deux murs, et en définissant leur propriété **Motif** à **Simple**, et leur **taille** à votre goût, par exemple 0,005.



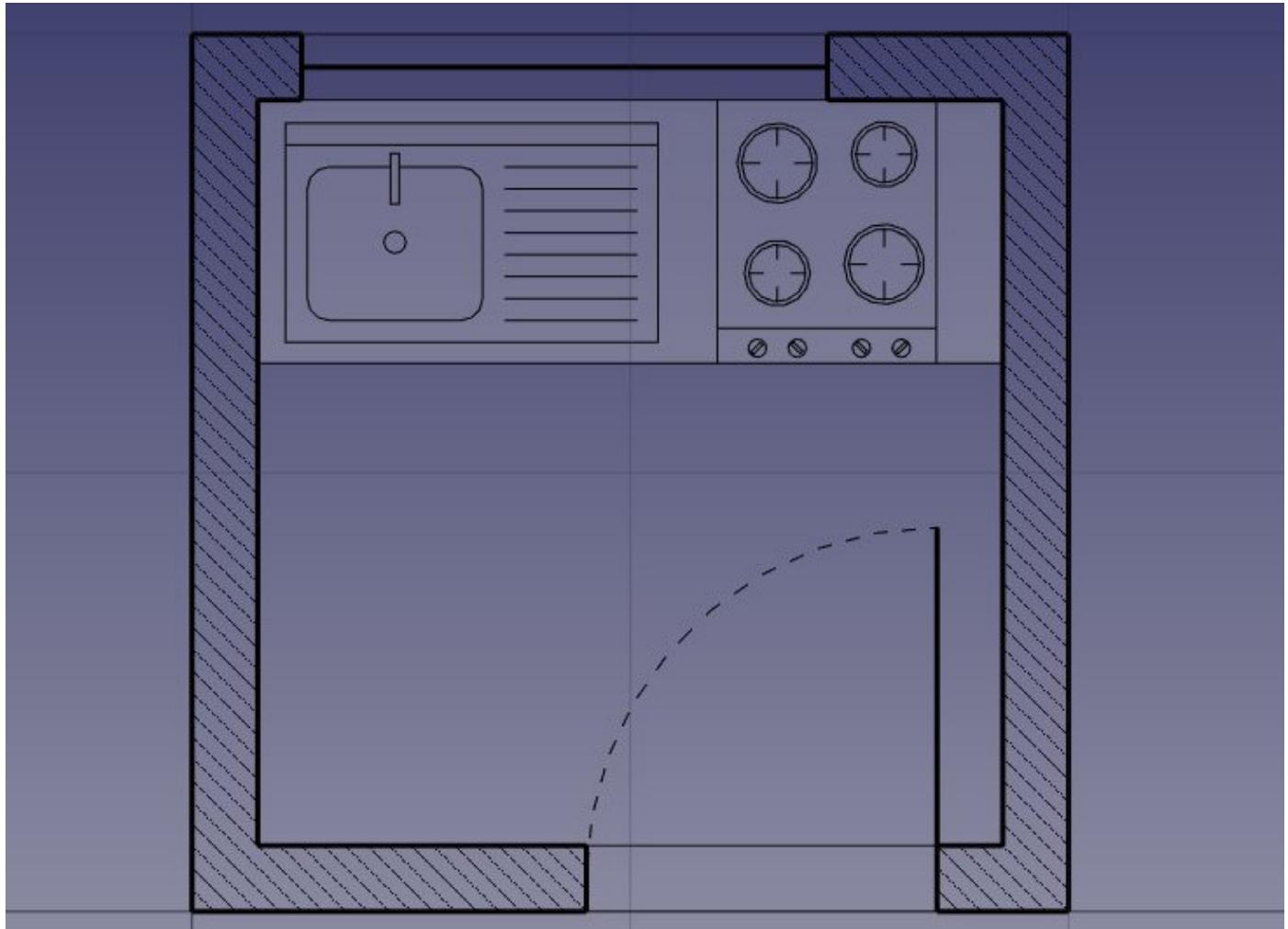
- Nous pouvons maintenant cacher la géométrie de construction en cliquant avec le bouton droit sur le groupe Construction et en choisissant **Masquer la sélection**.
- Dessinons maintenant les fenêtres et les portes. Assurez-vous que le filtre d'accrochage **Point Milieu** ([midpoint snap](#)) est activé et tracez six lignes comme suit :



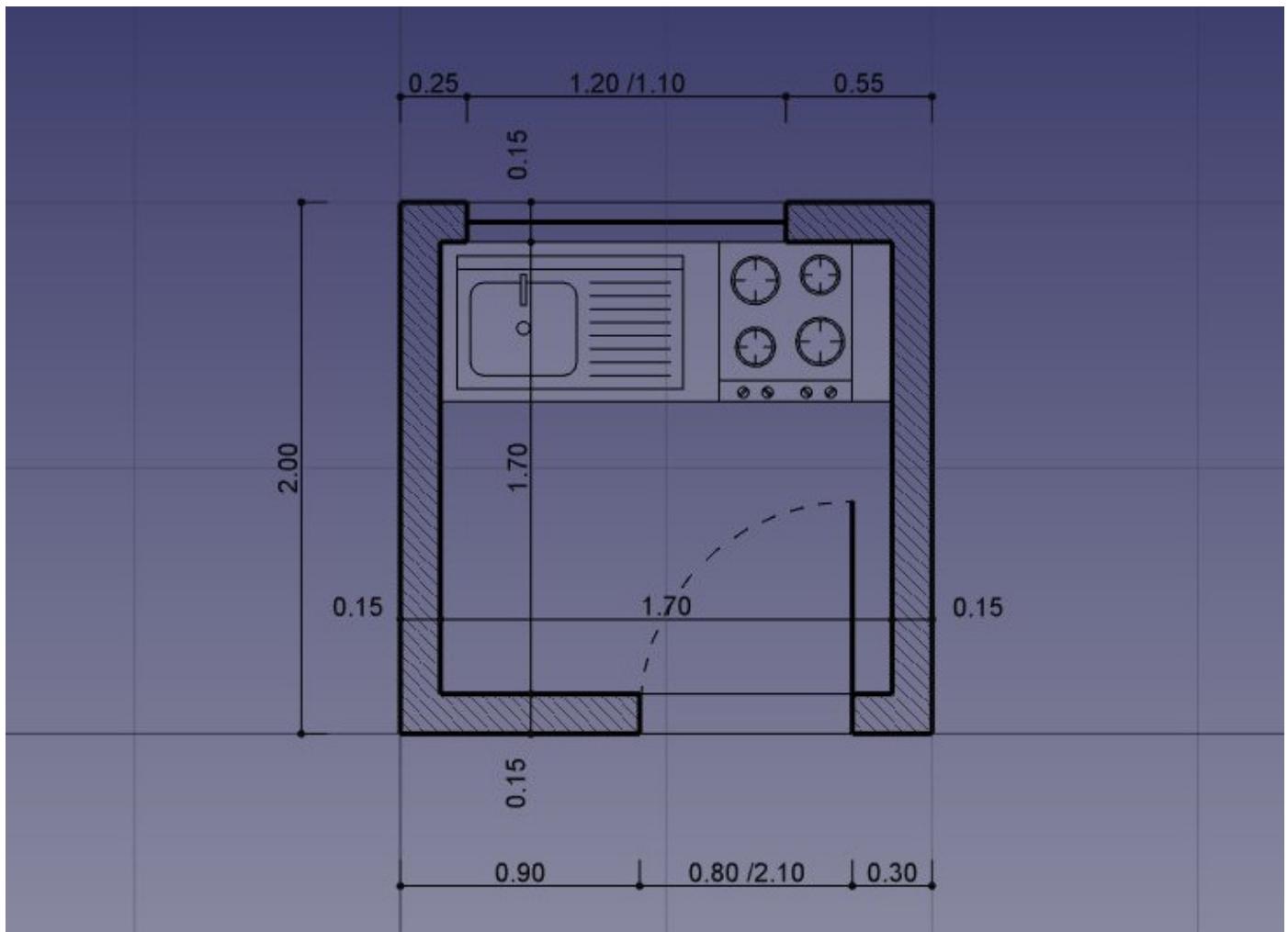
- Nous allons maintenant changer la ligne de porte pour créer un symbole de porte ouvert. Commencez par faire tourner la ligne à l'aide de l'outil Rotation ([Rotate](#)). Cliquez sur l'extrémité de la ligne en tant que centre de rotation, lui donner un angle de départ de 0 et un angle d'extrémité de -90.
- Ensuite, créez l'arc d'ouverture avec l'outil Arc ([Arc](#)). Choisissez le même point que le centre de rotation que nous avons utilisé dans l'étape précédente comme centre, cliquez sur l'autre point de la ligne pour donner le rayon, puis les points de début et de fin comme suit :



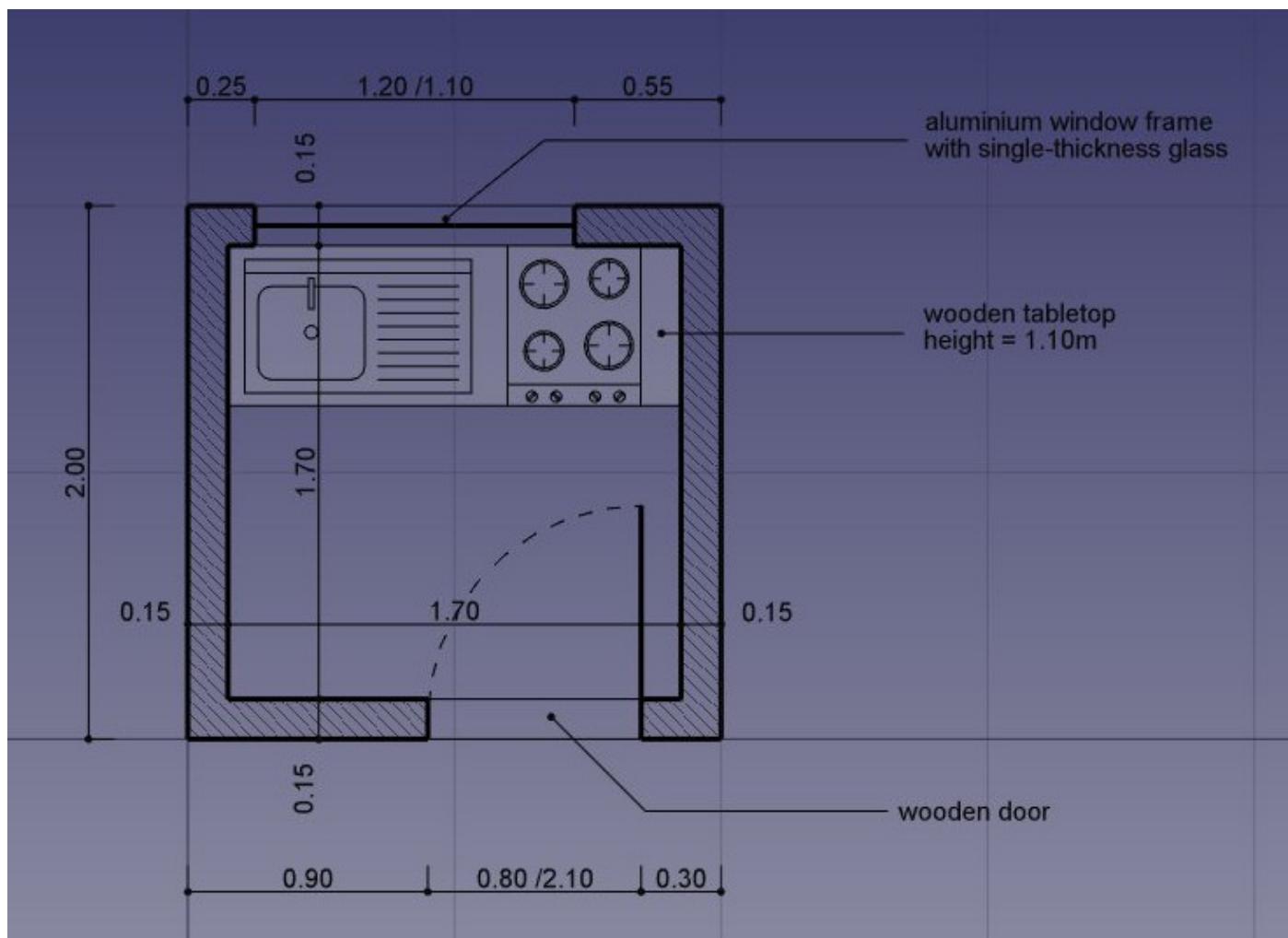
- Nous pouvons maintenant placer des meubles. Pour commencer, placez un compteur en dessinant un rectangle du coin supérieur gauche et en lui donnant une largeur de 170cm et une hauteur de -60cm. Dans l'image ci-dessous, la propriété **Transparence** du rectangle est configurée à 80%, pour lui donner un bon aspect des meubles.
- Ensuite, ajoutons un lavabo et une table de cuisson. Dessiner ces types de symboles à la main peut être très fastidieux, et ils sont généralement faciles à trouver sur Internet, par exemple sur <http://www.cad-blocks.net>. Dans la section **Téléchargements** ci-dessous, pour plus de commodité, nous avons récupéré un évier et une table de cuisson sur ce site et les avons sauvegardés en tant que fichiers DXF. Vous pouvez télécharger ces deux fichiers en visitant les liens ci-dessous et en cliquant avec le bouton droit sur le bouton **Raw**, puis en sélectionnant **Enregistrer sous**.
- L'insertion d'un fichier DXF dans un document FreeCAD ouvert peut être effectuée soit en choisissant l'option du menu **Fichier -> Importer**, soit en faisant glisser et déposer le fichier DXF depuis votre explorateur de fichiers dans la fenêtre FreeCAD. Le contenu des fichiers DXF peut ne pas apparaître directement au centre de votre vue actuelle, selon l'endroit où ils se trouvaient dans le fichier DXF. Vous pouvez utiliser le menu **Affichage -> Affichage standard -> Afficher tout** pour faire un zoom arrière et trouver les objets importés. Insérez les deux fichiers DXF et déplacez-les à un emplacement approprié sur le dessus de la table :



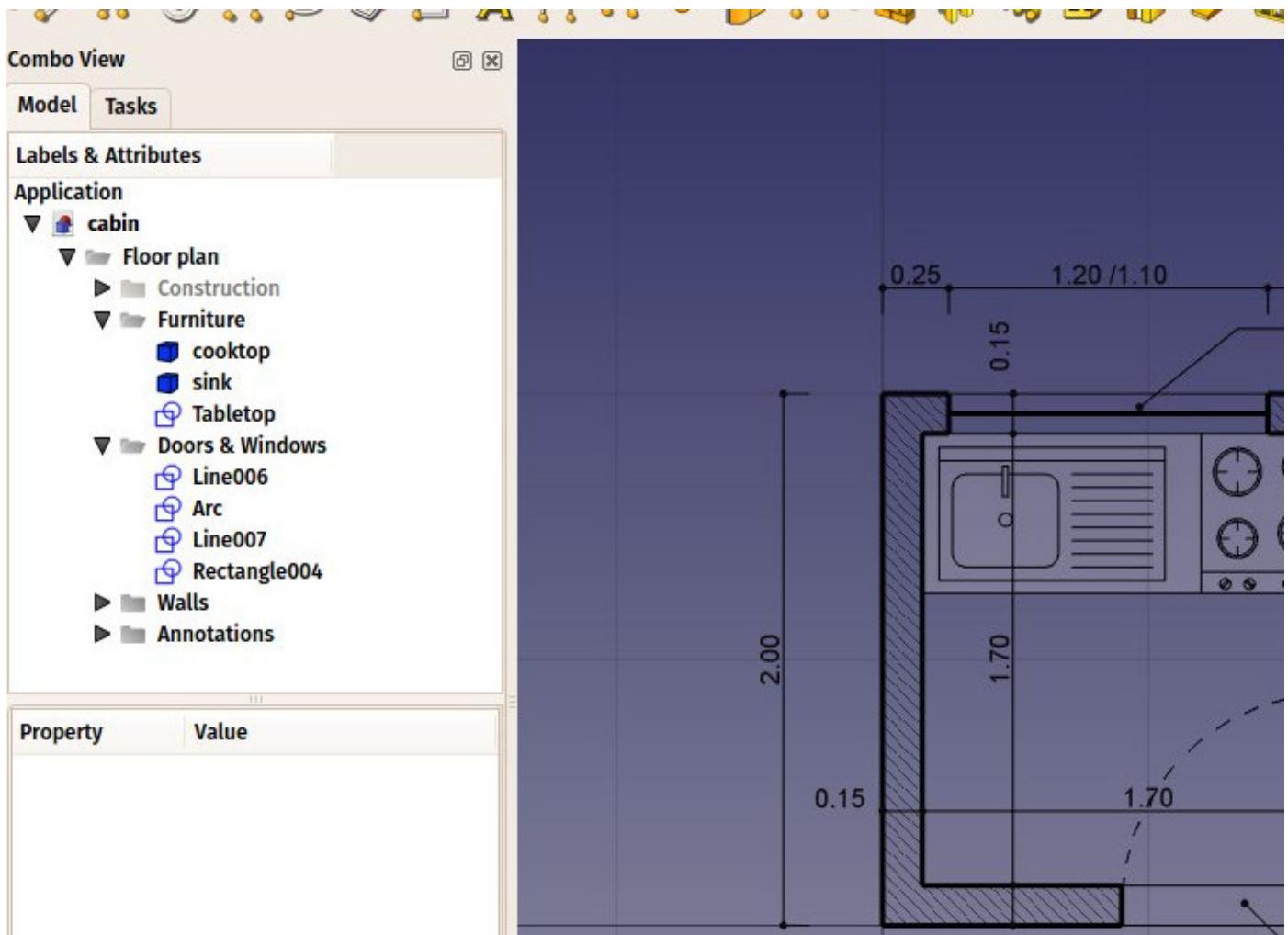
- Nous pouvons maintenant placer quelques dimensions à l'aide de l'outil Dimension( [Dimension](#)). Les dimensions sont dessinées en cliquant sur 3 points: le point de départ, un point final et un troisième point pour placer la ligne de cote. Pour obtenir des dimensions horizontales ou verticales, même si les deux premiers points ne sont pas alignés, appuyez sur **Maj** lorsque vous cliquez sur le deuxième point.
- Vous pouvez modifier la position d'un texte de cote en double-cliquant sur la dimension dans l'arborescence. Un point de contrôle vous permettra de déplacer le texte graphiquement. Dans notre exercice, les textes "0.15" ont été déplacés pour une meilleure clarté.
- Vous pouvez modifier le contenu du texte de cote en éditant leur propriété **Override**. Dans notre exemple, les textes des dimensions des portes et des fenêtres ont été édités pour indiquer leurs hauteurs :



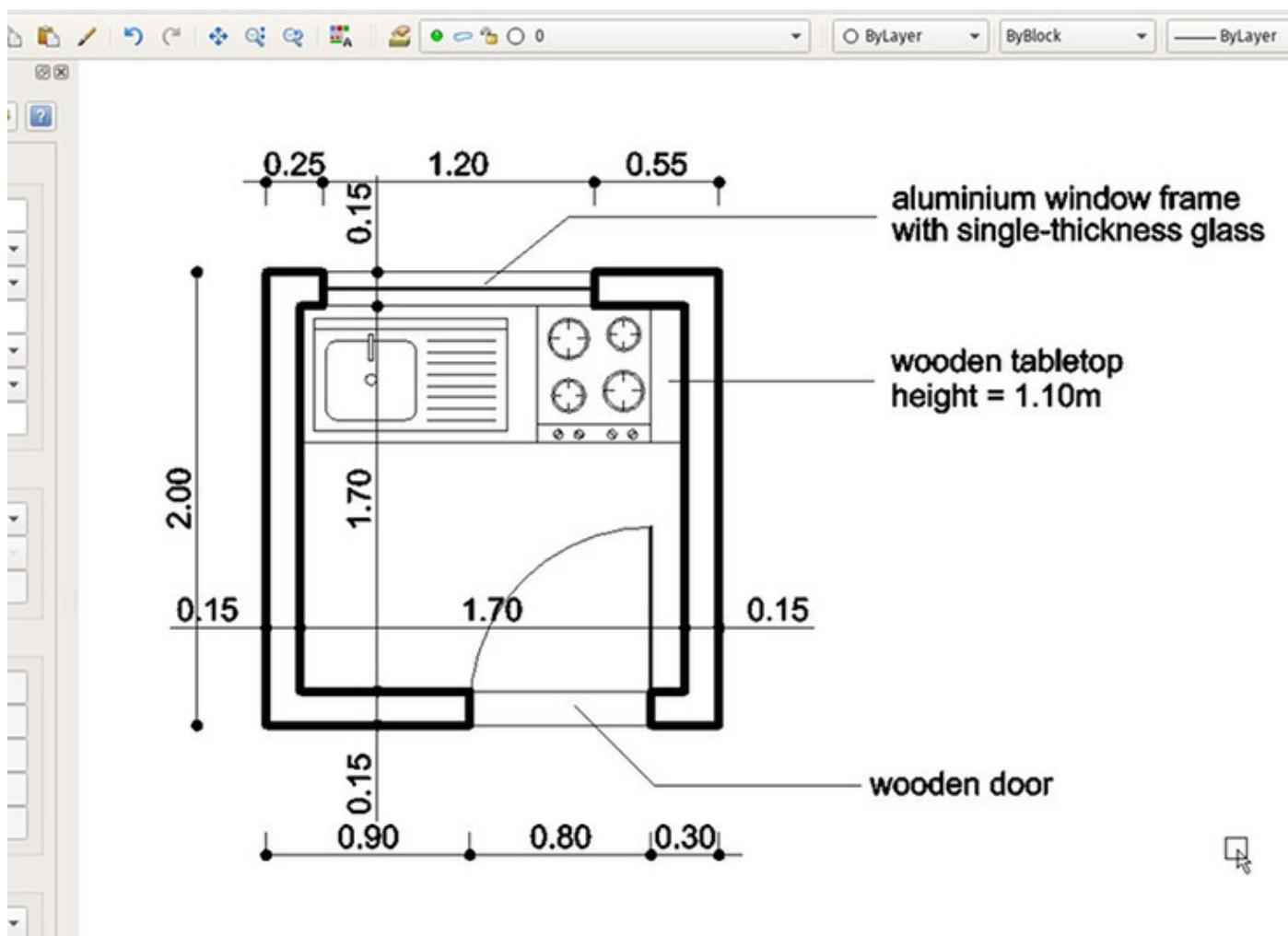
- Ajoutons des textes de description à l'aide de l'outil Texte (**Text**). Cliquez sur un point pour positionner le texte, puis entrez les lignes de texte, en appuyant sur **Entrée** après chaque ligne. Pour terminer, appuyez deux fois sur **Entrée**.
- Les lignes de repère (également appelées «leaders») qui relient les textes à l'élément qu'ils décrivent se font simplement avec l'outil **Polyligne**. Dessinez les polylinnes, à partir de la position du texte, jusqu'à l'endroit décrit. Une fois que cela est fait, vous pouvez ajouter une bille ou une flèche à la fin des fils en définissant leur propriété **End Arrow** sur **True**



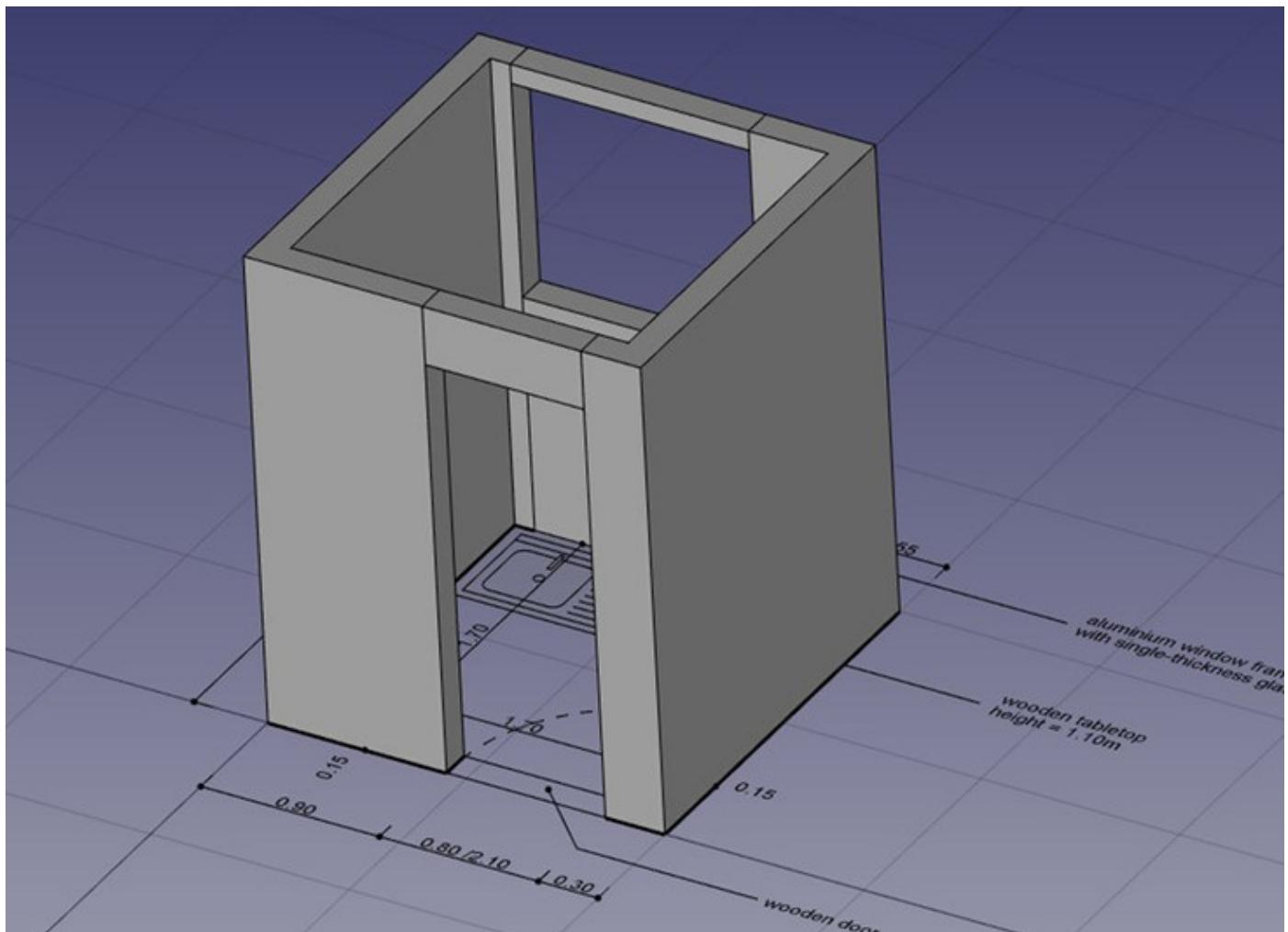
- Notre dessin est maintenant terminé ! Puisqu'il commence à y avoir un certain nombre d'objets, il serait judicieux de faire du nettoyage et de placer tout dans une belle structure de groupes, pour rendre le fichier plus facile à comprendre à une autre personne :



- Nous pouvons maintenant imprimer notre travail en le plaçant sur une feuille de dessin, que nous allons montrer plus loin dans ce manuel, ou exporter directement notre dessin vers d'autres applications de CAO en l'exportant vers un fichier DXF. Il suffit de sélectionner notre groupe "Plan d'étage", sélectionnez le menu **Fichier -> Exporter**, et sélectionnez le format Autodesk DXF. Le fichier peut alors être ouvert dans n'importe quelle autre application CAO 2D telle que [LibreCAD](#). Vous pouvez remarquer quelques différences selon les configurations de chaque application.



- La chose la plus importante à propos de l'atelier Draft, c'est que la géométrie que vous créez avec lui peut être utilisée comme base ou extrudée facilement dans des objets 3D, simplement en utilisant l'outil Part_Extrude ([Part_Extrude](#)) de l'atelier Part ([Part Workbench](#)) ou, pour rester dans Draft, l'outil ([Trimex](#) (Trim/Extend/Extrude)), qui, sous le capot, exécute une extrusion de pièce, mais est-ce "la méthode de projet", c'est-à-dire celle qui vous permet d'indiquer et d'accrocher graphiquement la longueur d'extrusion . Expérimitez l'extrusion de nos murs comme indiqué ci-dessous.
- En appuyant sur le bouton Sélectionner le plan de travail ([working_plane](#)) après avoir sélectionné une face d'un objet, vous pouvez également placer le plan de travail n'importe où et, par conséquent, dessiner des objets Draft dans différents plans, par exemple sur le dessus des murs. Ceux-ci peuvent ensuite être extrudés pour former d'autres solides 3D. Expérimitez le réglage du plan de travail sur l'une des faces supérieures des murs, puis tracez des rectangles là-haut.



- Toutes sortes d'ouvertures peuvent également être faites aussi facilement en dessinant des objets Draft sur les faces des murs, puis en les extrudant, puis en utilisant les outils booléens de l'atelier Part pour les soustraire d'un autre solide, comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent.

Fondamentalement, ce que fait l'atelier Draft, c'est fournir des moyens graphiques pour créer des opérations partielles de base. Pendant que dans Part, vous positionnez généralement les objets en définissant leur propriété de placement à la main, dans Draft vous pouvez le faire à l'écran. Il y a des moments où c'est mieux, d'autres fois où l'autre est préférable. N'oubliez pas, vous pouvez créer des outils personnalisés dans un de ces ateliers, ajouter les outils de l'autre et obtenir le meilleur des deux mondes.

Téléchargements

- Le fichier créé lors de cet exercice:
<https://github.com/yorikvanhavre/FreeCADmanual/blob/master/files/cabin.FCStd>
- Le fichier DXF de l'évier: <https://github.com/yorikvanhavre/FreeCADmanual/blob/master/files/sink.dxf>
- Le fichier DXF de la table de cuisson:
<https://github.com/yorikvanhavre/FreeCADmanual/blob/master/files/cooktop.dxf>
- Le fichier final DXF produit lors de cet exercice: [Https://github.com/yorikvanhavre/FreeCAD-manual/blob/master/files/cabin.dxf](https://github.com/yorikvanhavre/FreeCAD-manual/blob/master/files/cabin.dxf)

Lire plus d'informations

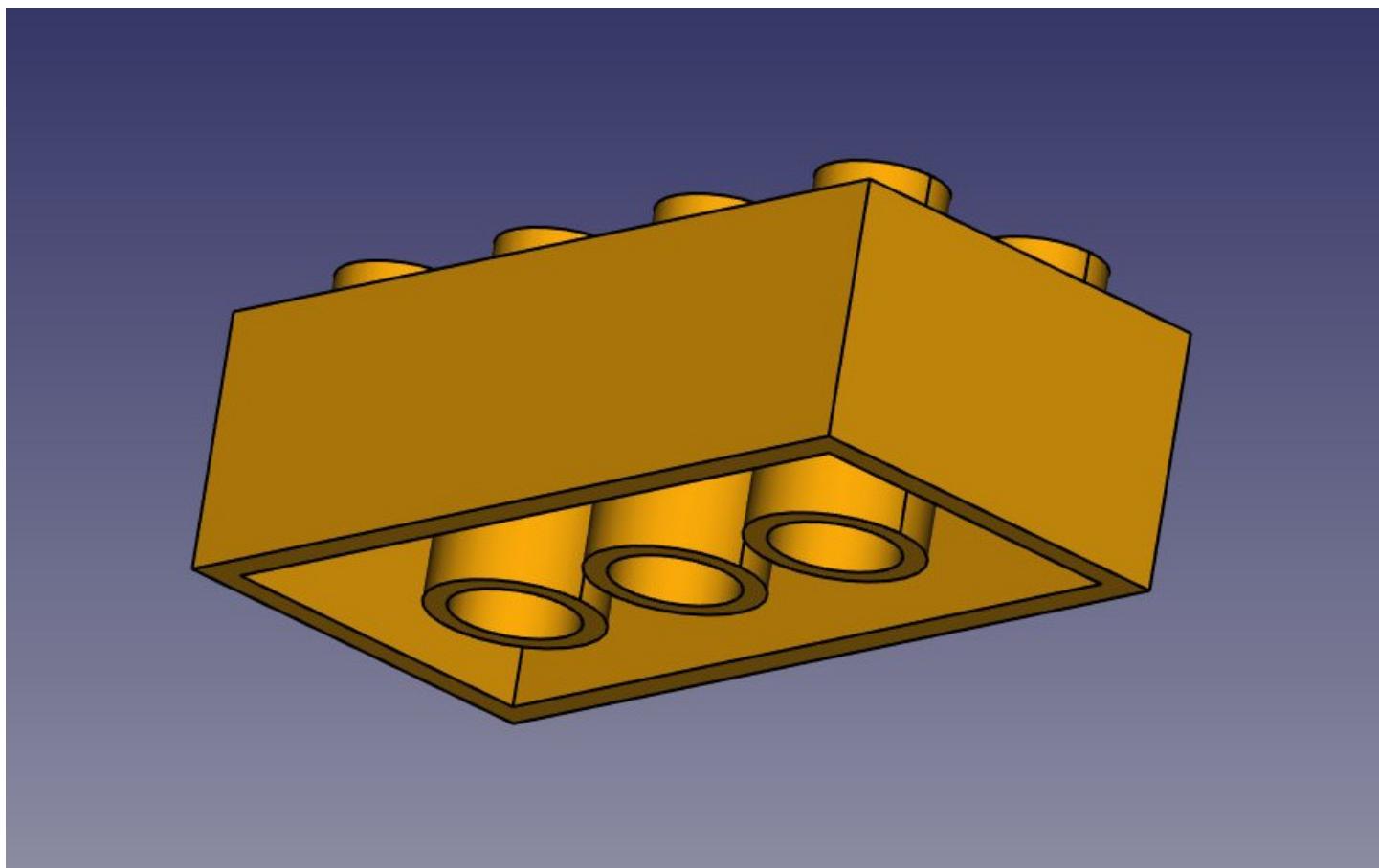
- L'atelier Draft: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Draft_Module
- Filtres d'accrochage: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Draft_Snap
- Le plan de travail Draft: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?Title=Draft_SelectPlane

1-3-4 Modélisation pour la conception de produits

La conception du produit ([Product design](#)) est à l'origine un terme commercial, mais dans le monde 3D, cela signifie souvent la modélisation de quelque chose avec l'idée de l'imprimer en 3D ([3D-printed](#)) ou, plus généralement, de le fabriquer avec une machine, imprimante 3D ou machine CNC ([CNC machine](#)).

Lorsque vous imprimez des objets en 3D, il est extrêmement important que vos objets soient des solides. Car ils deviendront des objets solides réels, c'est évident. Rien ne les empêche d'être creux à l'intérieur, bien sûr. Mais vous devez toujours avoir une idée claire de quels points sont à l'intérieur de la matière et quels points se trouvent à l'extérieur, car l'imprimante 3D ou la machine CNC doit savoir exactement ce qui est rempli de matière et ce qui ne l'est pas. Pour cette raison, dans FreeCAD, l'atelier **PartDesign** ([PartDesign Workbench](#)) est l'outil idéal pour construire de telles pièces, car il veillera toujours pour vous à ce que vos objets restent des solides et réalisables.

Pour illustrer comment fonctionne l'atelier PartDesign, créons ce morceau bien connu de [Lego](#) :



La chose pratique avec les pièces de Lego est que les dimensions sont faciles à obtenir sur internet, au moins pour les pièces standard. Il est assez facile de les modéliser et de les imprimer sur une imprimante 3D, et avec un peu de patience (l'impression 3D nécessite souvent beaucoup d'ajustements et de réglages), vous pouvez faire des pièces totalement compatibles et qui s'encastrent parfaitement dans des blocs Lego d'origine.

Dans l'exemple ci-dessous, nous allons créer un morceau 1,5 fois plus grand que l'original.

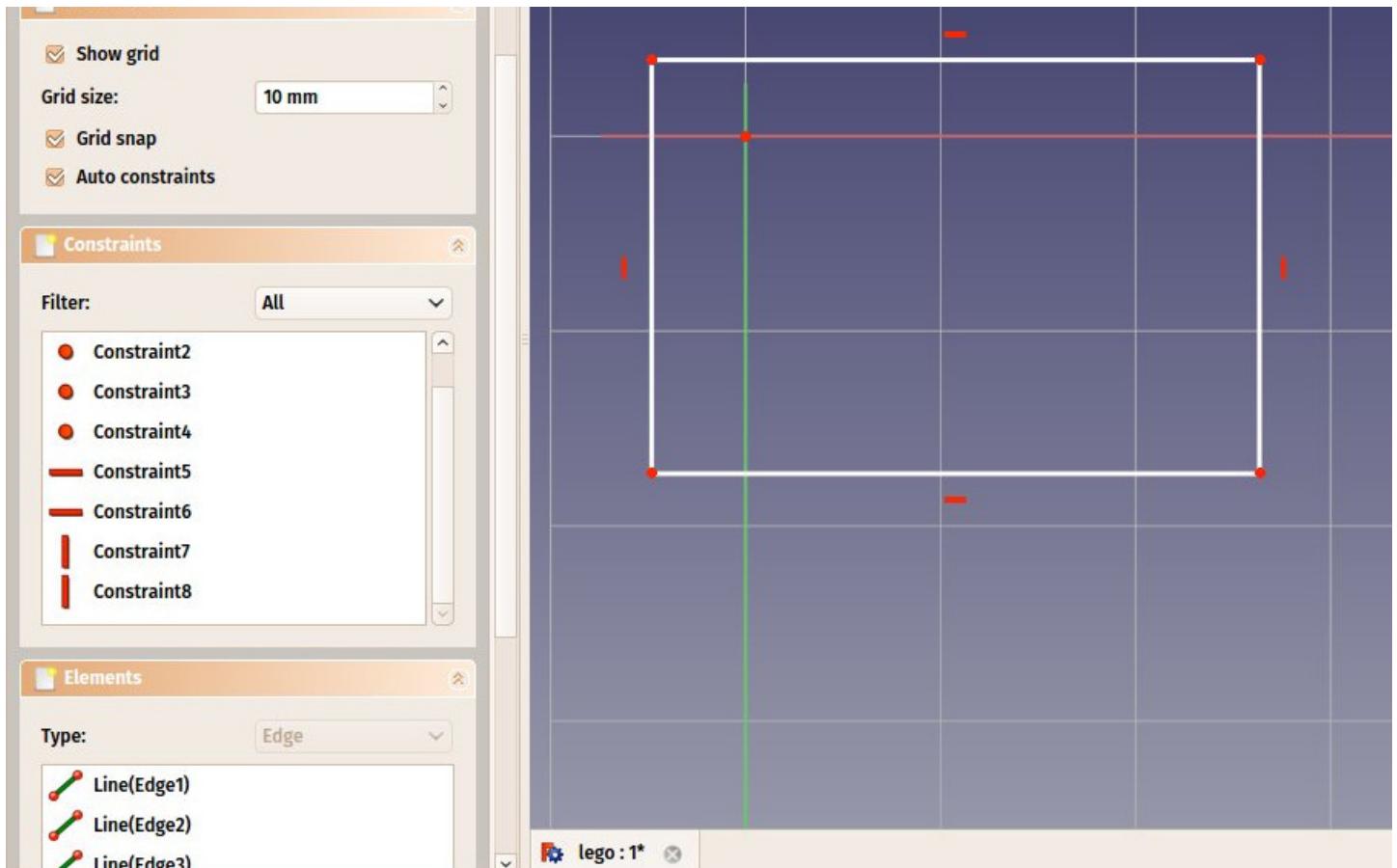
Nous allons maintenant utiliser exclusivement les outils des ateliers Esquisses ([Sketcher](#)) et **PartDesign**. Étant donné que tous les outils de l'atelier Sketcher sont également inclus dans l'atelier PartDesign, nous pouvons rester dans PartDesign et nous n'aurons pas à basculer entre les deux.

Les objets Part Design sont entièrement basés sur des **esquisses**. Une esquisse est un objet 2D, composé d'éléments linéaires (lignes ou segments de droites, arcs de cercle ou ellipses) et de contraintes. Ces contraintes peuvent être appliquées soit sur des éléments linéaires, soit sur leurs points d'extrémités ou leurs points centraux, et forceront la géométrie à adopter certaines règles. Par exemple, vous pouvez placer une contrainte verticale sur un segment de droite pour le forcer à rester vertical ou une contrainte de position (verrouillage) sur un point d'extrémité pour lui interdire de se déplacer.

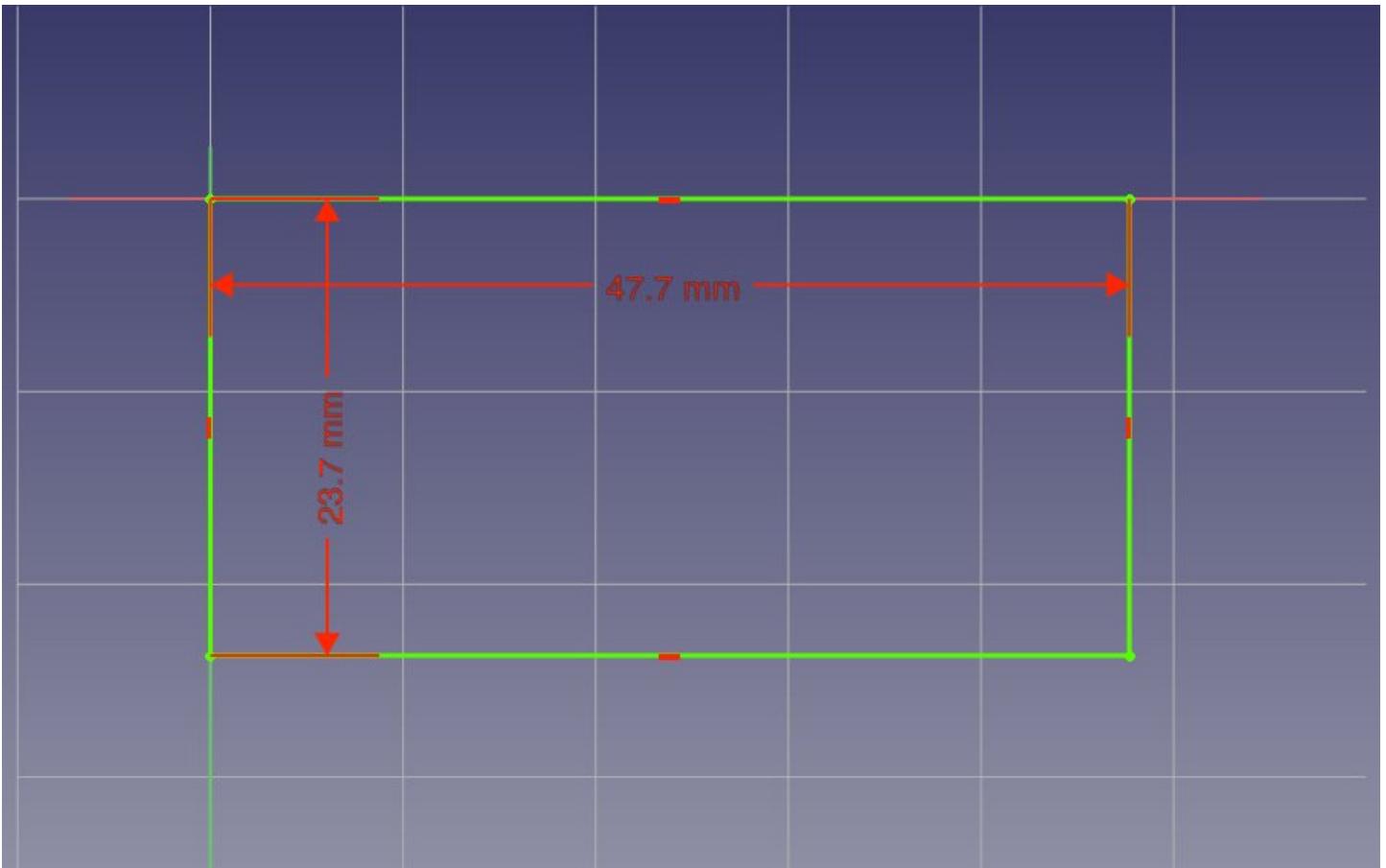
Lorsqu'une esquisse comporte une quantité définie de contraintes qui interdit les déplacements de tous les points de l'esquisse, nous parlons d'une esquisse totalement contrainte. Quand il y a des contraintes redondantes, qui pourraient être supprimées sans que la géométrie ne soit déplacée, on dit qu'elle est sur-contrainte. Cela devrait être évité, et FreeCAD vous informera si un tel cas se produit.

Les esquisses disposent d'un mode d'édition, où leur géométrie et leurs contraintes peuvent être modifiées. Quand vous avez terminé l'édition, et quittez le mode d'édition, les esquisses se comportent comme n'importe quel autre objet FreeCAD, et peuvent être utilisées comme éléments de construction pour tous les outils de conception de pièces, mais aussi dans d'autres ateliers, tels que [Part](#) ou [Arch](#). L'atelier Draft ([Draft workbench](#)) dispose également d'un outil qui convertit les éléments Draft en esquisses, et vice versa.

- Commençons par modéliser une forme parallélépipédique qui sera la base de notre brique Lego. Plus tard nous allons creuser l'intérieur, et ajouter les 8 bossages sur le dessus. Commençons donc en faisant une esquisse rectangulaire que nous allons ensuite extruder :
- Passez à l'atelier de conception de pièces PartDesign ([PartDesign Workbench](#)).
- Cliquez sur le bouton Nouvelle esquisse ( [New Sketch](#)). Une boîte de dialogue apparaîtra pour demander où vous voulez construire votre esquisse, choisissez le plan **XY**, qui est le plan "sol". L'esquisse sera créée et sera immédiatement changée en mode édition, et la vue sera orientée pour regarder votre esquisse selon la normale au plan de travail.
- Maintenant, nous pouvons dessiner un rectangle, en sélectionnant l'outil Rectangle ( [Rectangle](#)) et en cliquant deux sommets en diagonale. Vous pouvez placer les deux points n'importe où, car leur emplacement correct sera défini dans l'étape suivante.
- Vous remarquerez que quelques contraintes ont été automatiquement ajoutées à notre rectangle: les segments verticaux ont eu une contrainte verticale, les segments horizontaux une contrainte horizontale, et chaque sommet une contrainte point-sur-point qui collent les segments ensemble. Vous pouvez expérimenter le déplacement du rectangle en traînant ses lignes avec la souris, toute la géométrie continuera à obéir aux contraintes.

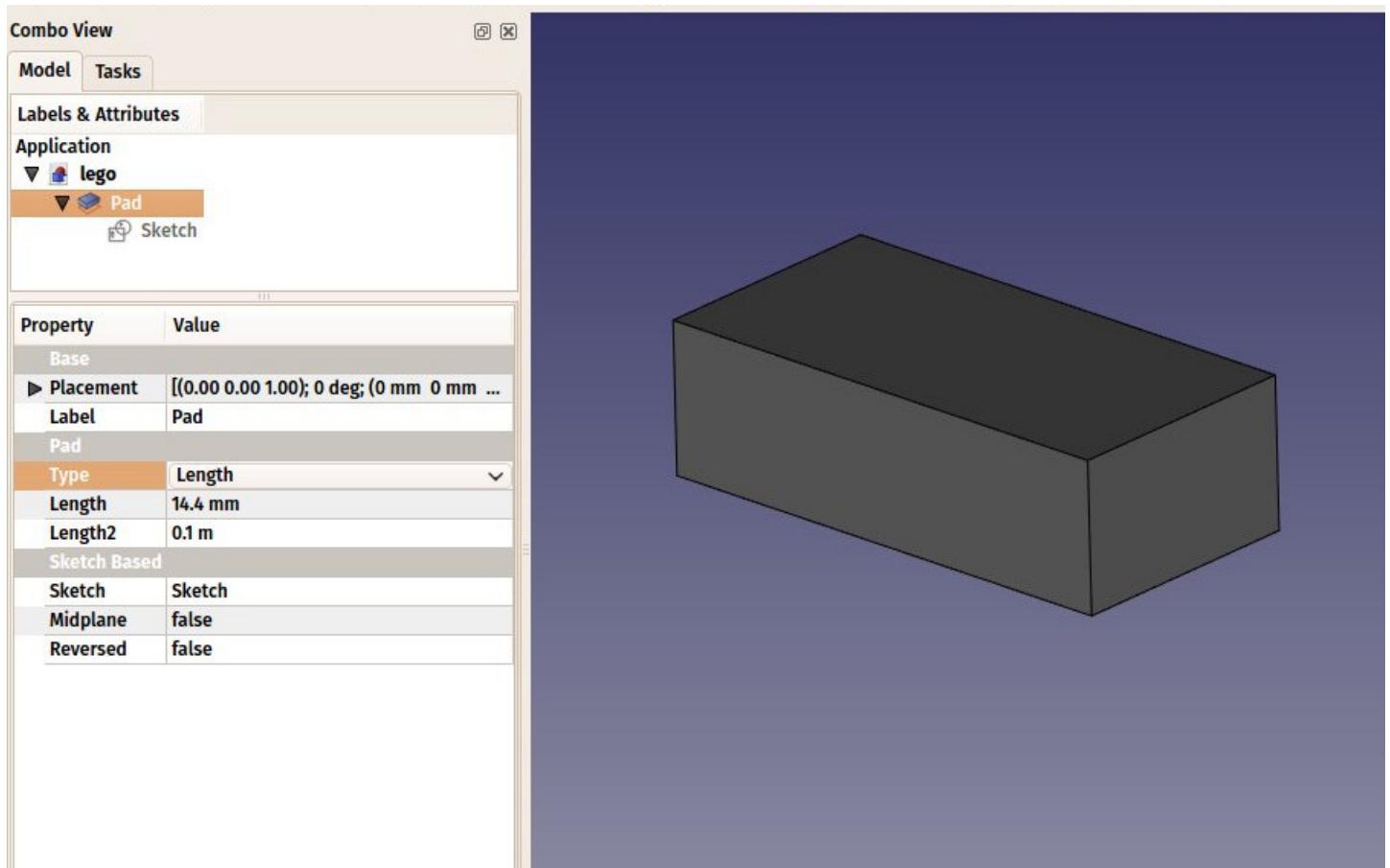


- Maintenant, ajoutons trois autres contraintes:
 - Sélectionnez l'un des segments verticaux et ajoutez une contrainte de distance végétale ([Vertical Distance Constraint](#)). Donnez-lui une dimension de 23,7 mm.
 - Sélectionnez l'un des segments horizontaux et ajoutez une contrainte de distance horizontale ([Horizontal Distance Constraint](#)). Donnez-lui la valeur de 47.7mm.
 - Enfin, sélectionnez l'un des points d'angle, puis le point d'origine (qui est le point à l'intersection des axes rouge et vert), puis ajoutez une contrainte de coïncidence ([Point on Point Constraint](#)). Le rectangle va alors passer au point d'origine, et votre croquis devient vert, ce qui signifie qu'il est maintenant complètement contraint. Vous pouvez essayer de déplacer ses lignes ou points, rien ne bouge plus.



Notez que la dernière contrainte point-sur-point n'était pas absolument nécessaire. Vous n'êtes jamais obligé de travailler avec des esquisses entièrement contraintes. Cependant, si nous allons imprimer ce bloc dans une imprimante 3D, il faudra maintenir notre pièce proche du point d'origine (qui sera l'origine de l'espace dans lequel la tête de l'imprimante peut se déplacer). En ajoutant cette contrainte, nous sommes assurés que notre pièce sera toujours "ancrée" à ce point d'origine.

- Notre esquisse de base est maintenant prête, nous pouvons quitter le mode d'édition en appuyant sur le bouton Fermer en haut du panneau de tâches, ou simplement en appuyant sur la touche **Échap**. Si nécessaire, plus tard, nous pouvons réactiver le mode d'édition à tout moment en double-cliquant sur le nom de l'esquisse dans l'arbre de construction.
- Extrudons l'esquisse en utilisant l'outil Extrusion (Pad), et donnons-lui une dimension de 14,4 mm. Les autres options peuvent être laissées à leurs valeurs par défaut :

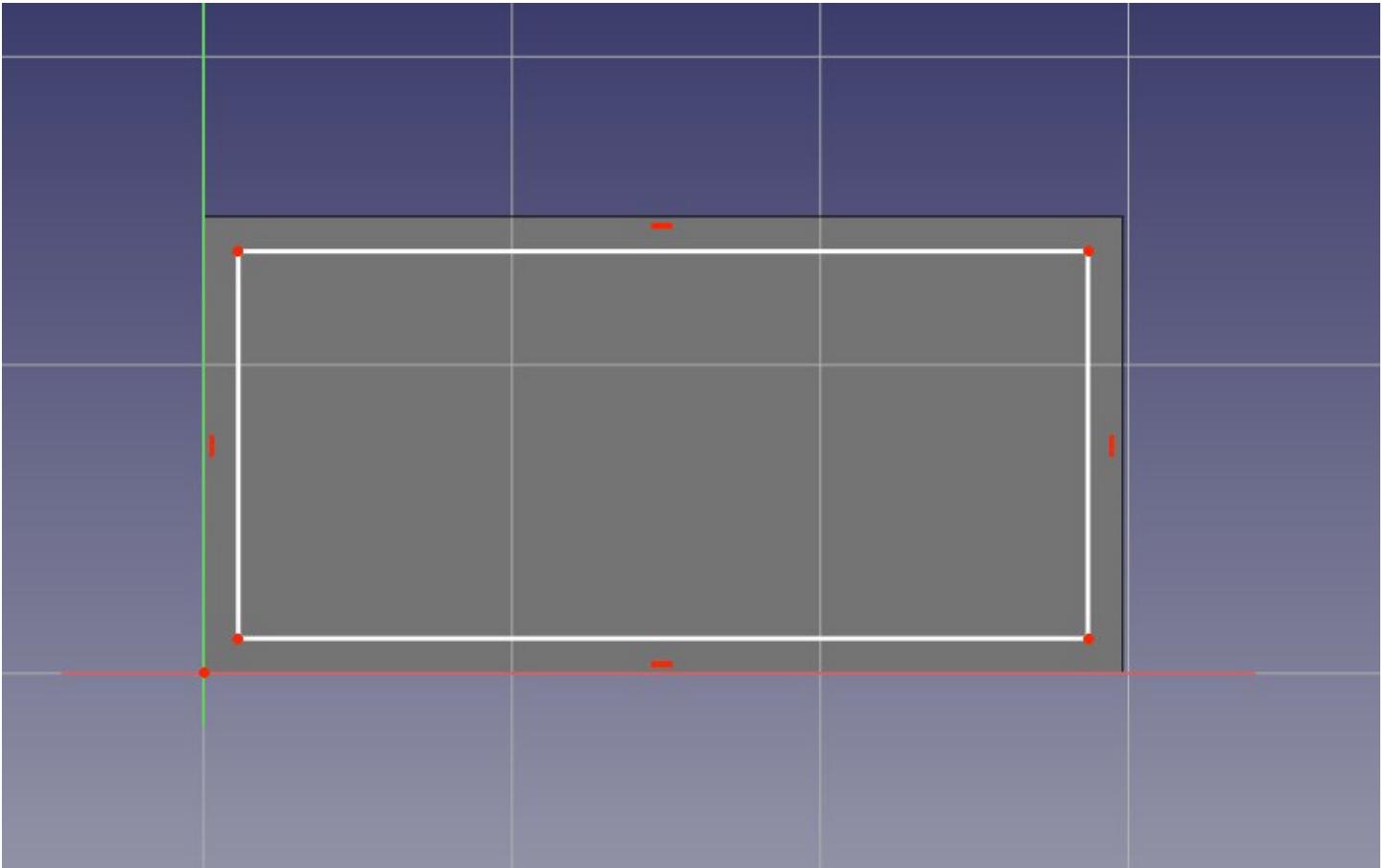


L'outil **Extrusion** se comporte comme l'outil Part [Extrude](#) que nous avons utilisé dans le chapitre précédent.

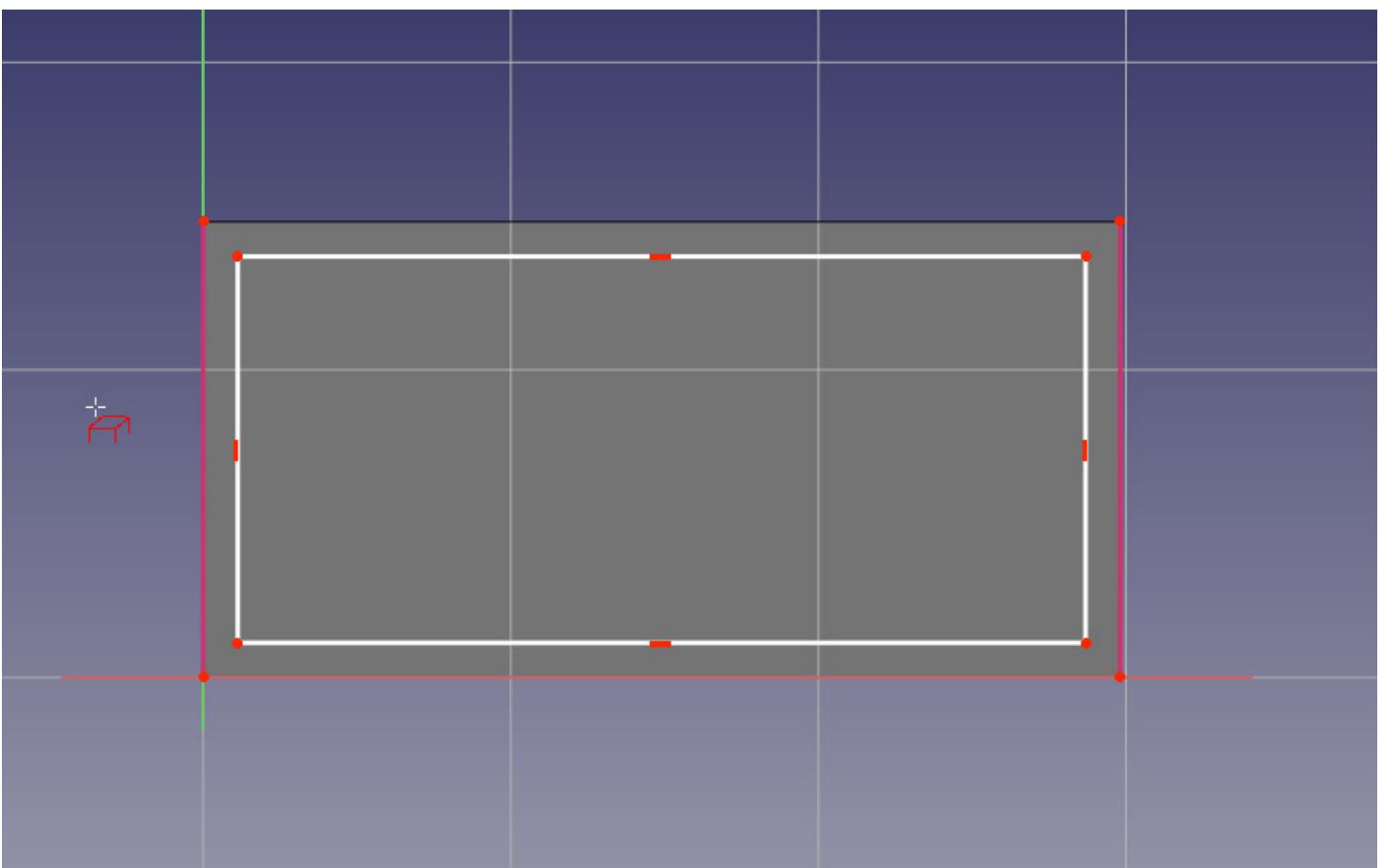
Il y a quelques différences, cependant, la principale étant qu'un bloc ne peut pas être déplacé.

Il est attaché pour toujours à son croquis. Si vous souhaitez modifier la position du bloc, vous devez déplacer l'esquisse de base. Dans le contexte actuel, où nous voulons être sûr que rien ne bougera hors de sa position, il s'agit d'une sécurité supplémentaire.

- Nous allons maintenant définir l'intérieur du bloc, en utilisant l'outil Poche ou Cavité ([Pocket](#)), qui est la version PartDesign de [Part Cut](#). Pour faire une poche, nous allons créer une esquisse sur la face inférieure de notre bloc, qui sera utilisée pour enlever une partie du bloc.
- Lorsque la face inférieure est sélectionnée, appuyez sur le bouton Nouvelle esquisse ([New sketch](#)).
- Dessinez un rectangle sur la face.

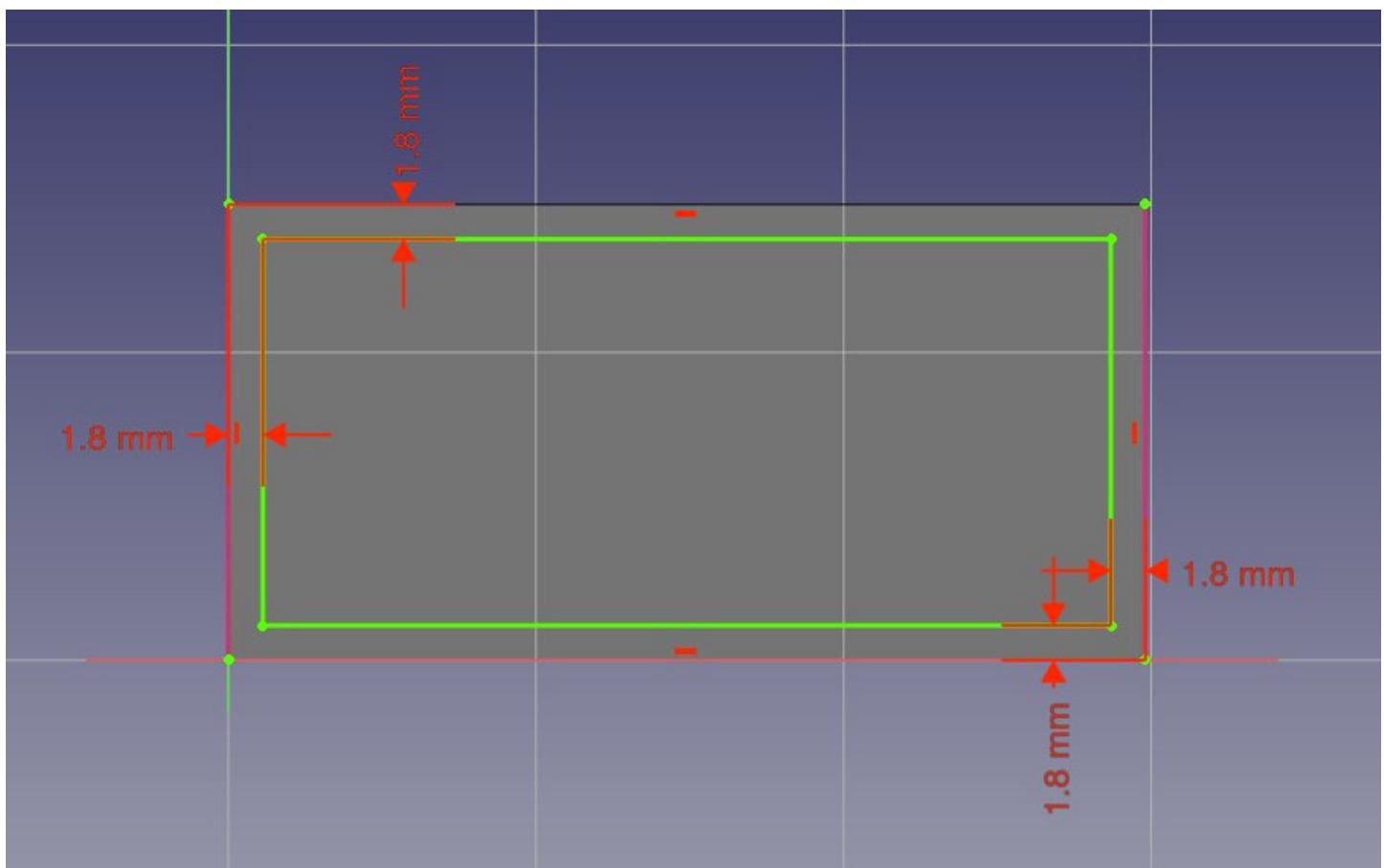


- Nous allons maintenant contraindre le rectangle par rapport à la face inférieure. Pour ce faire, nous devons "Importer" certaines arêtes de la face avec l'outil de Géométrie Externe ( [External geometry](#)). Utilisez cet outil sur les deux lignes verticales de la face inférieure :

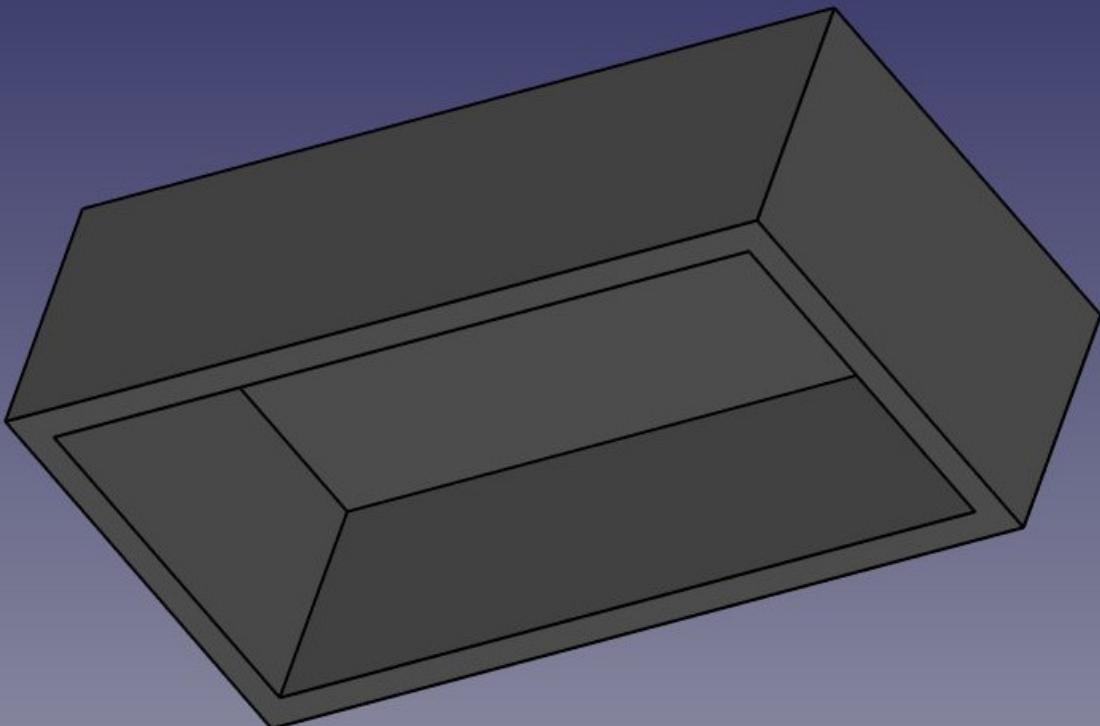


Vous remarquerez que seuls les bords (arêtes) de la face de base peuvent être ajoutés par cet outil. Lorsque vous créez une esquisse avec une face pré-sélectionnée, une relation est créée entre cette face et l'esquisse, ce qui est important pour de nouvelles opérations. Vous pouvez toujours relier une esquisse à une autre face plus tard avec l'outil **Accrocher l'esquisse à une face** ( [Map sketch](#)).

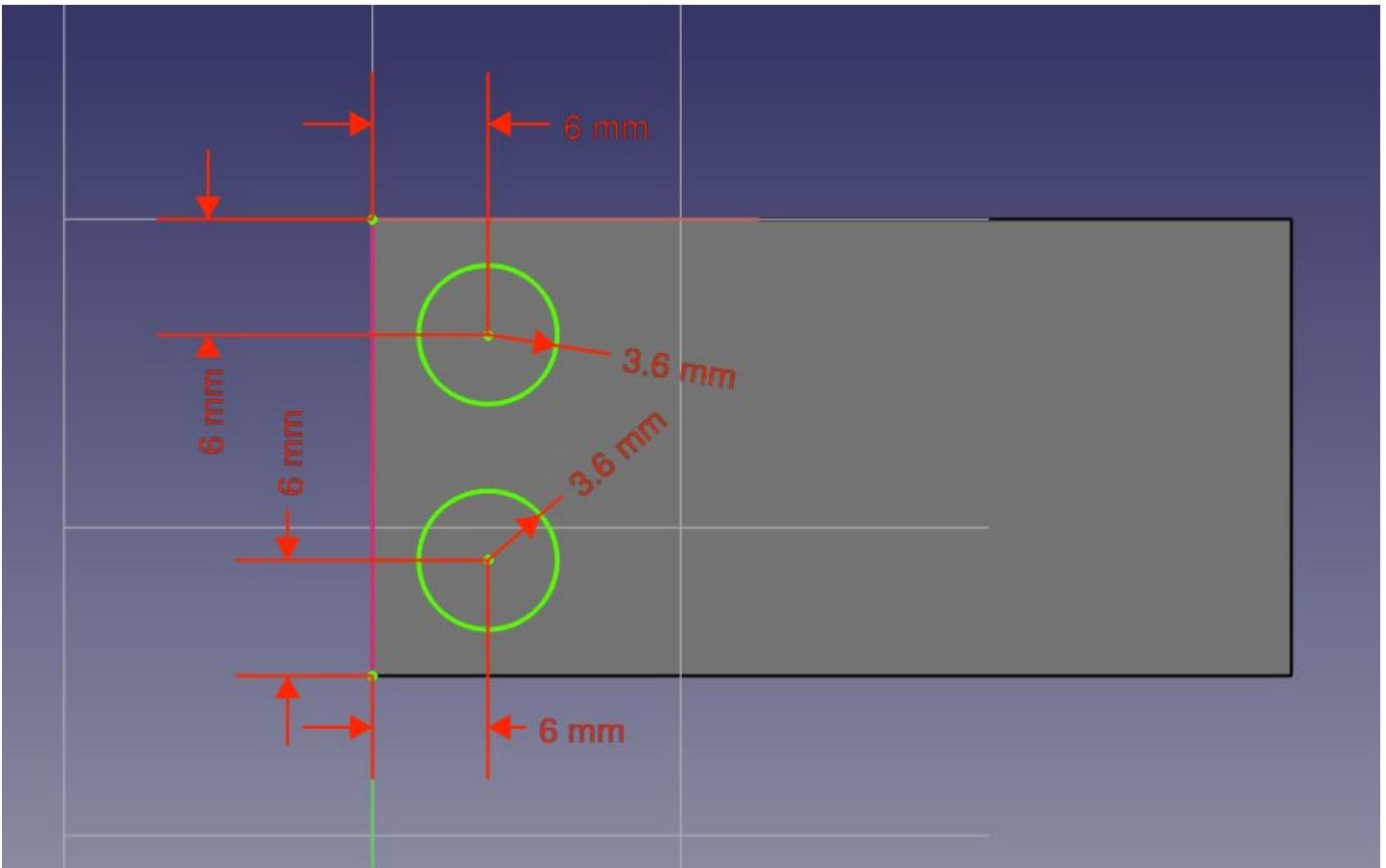
- La géométrie externe n'est pas "réelle", elle sera cachée lorsque nous quitterons le mode édition. Mais nous pouvons l'utiliser pour placer des contraintes. Placez les 4 contraintes suivantes :
 - Sélectionnez les deux points supérieurs à gauche du rectangle et sur la ligne importée de gauche et ajoutez une contrainte de distance horizontale ( [Horizontal Distance Constraint](#)) de 1,8 mm.
 - Sélectionnez de nouveau les deux points supérieurs à gauche du rectangle et sur la ligne importée de gauche. Ajoutez une contrainte de distance vecticale ( [Vertical Distance Constraint](#)) de 1,8 mm.
 - Sélectionnez les deux points inférieurs à droite du rectangle et sur la ligne importée de droite et ajoutez une contrainte de distance horizontale ( [Horizontal Distance Constraint](#)) de 1,8 mm.
 - Sélectionnez de nouveau les deux points inférieurs à droite du rectangle et sur la ligne importée de droite et ajoutez une contrainte de distance vecticale ( [Vertical Distance Constraint](#)) de 1,8 mm.



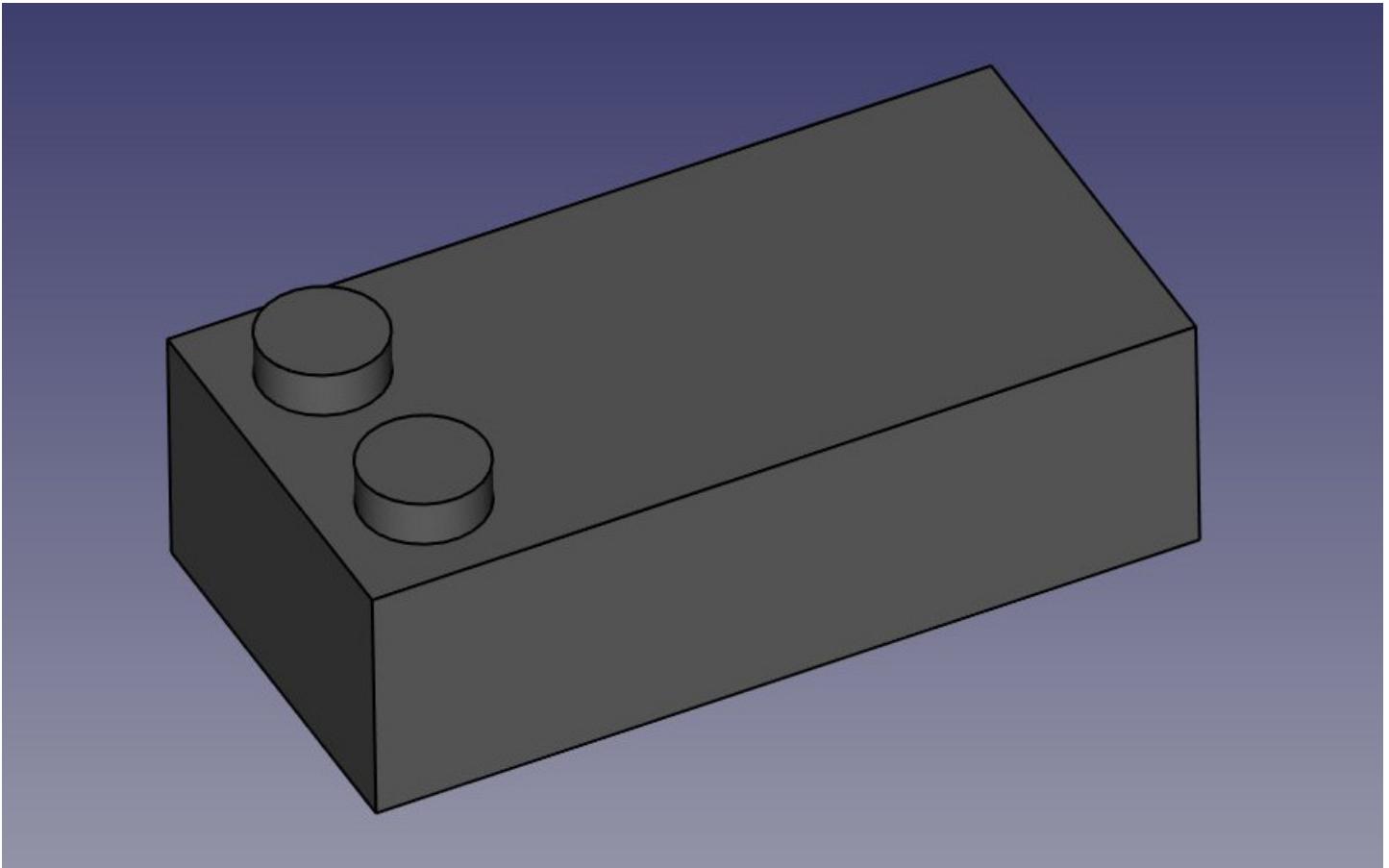
- Quittez le mode d'édition et vous pouvez maintenant effectuer l'opération de poche : l'esquisse étant sélectionnée, appuyez sur le bouton Poche ( [Pocket](#)). Donnez-lui une longueur de 12,6 mm, qui laissera la face supérieure de notre bloc avec une épaisseur de 1,8 mm (rappelez-vous, la hauteur totale de notre bloc était de 14,4 mm).



- Nous allons maintenant attaquer les 8 bossages sur la face supérieure. Pour ce faire, comme ils sont une répétition d'une même fonction, nous utiliserons l'outil pratique Copie Linéaire ([Linear pattern](#)) de l'atelier PartDesign, qui permet de modéliser une fois et de répéter la forme.
- Commencez par sélectionner la face supérieure de notre bloc.
- Créez une nouvelle esquisse ([New sketch](#)).
- Créez deux cercles ([circles](#)).
- Ajoutez une contrainte de rayon ([Radius Constraint](#)) de 3,6 mm à chacun d'eux.
- Importez l'arête gauche de la face de base avec l'outil Géométrie Externe ([External geometry](#)).
- Placez deux contraintes verticales et deux contraintes horizontales de 6 mm entre le centre de chaque cercle et les points d'angle du bord importé, donc chaque cercle a son centre à 6mm de la bordure de la face :



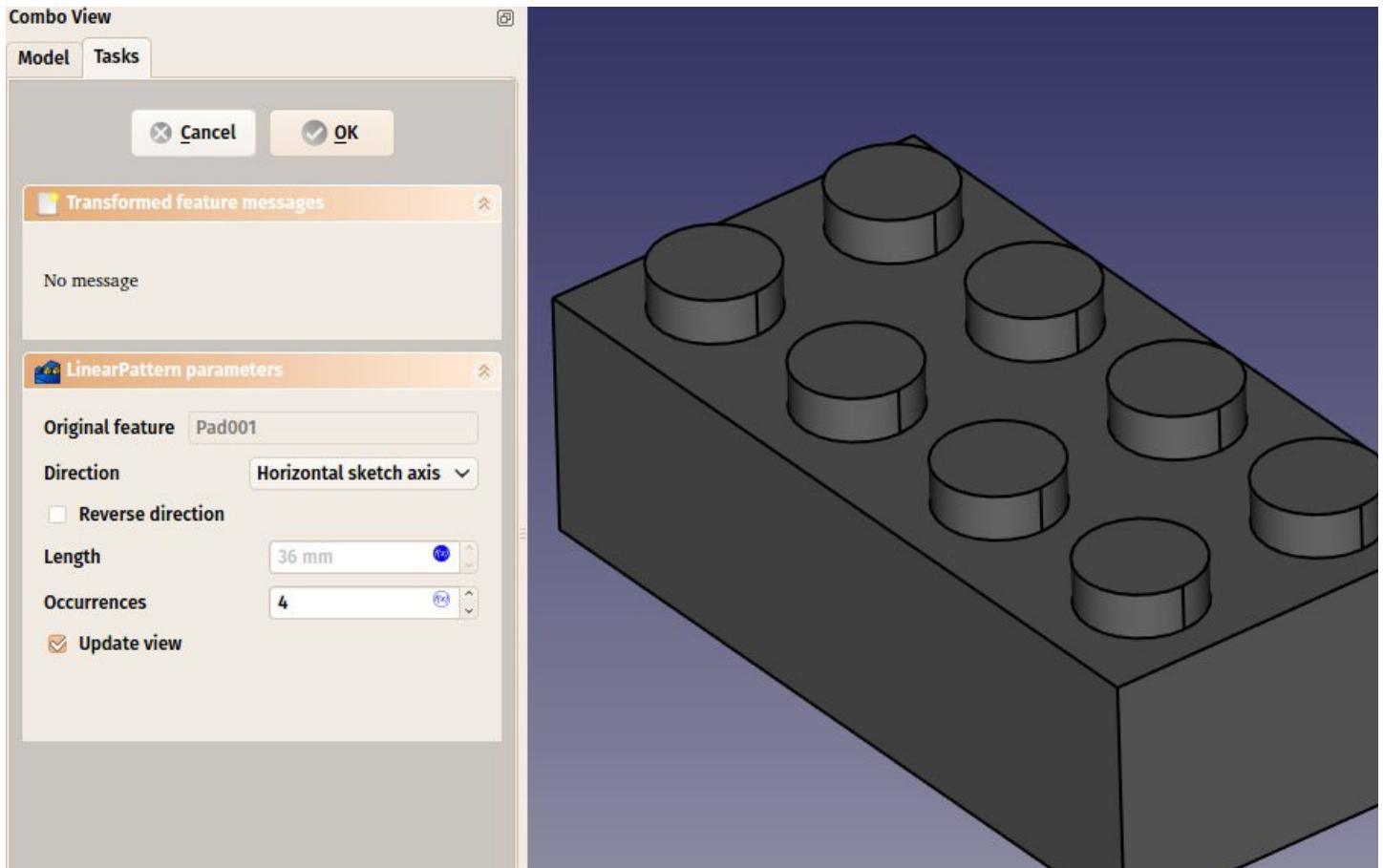
- Notez comment, une fois de plus, lorsque vous verrouillez la position et la dimension de tous les éléments de votre esquisse, celle-ci devient complètement contrainte. Cela vous assure du résultat pour la suite. Vous pourriez modifier la première esquisse maintenant, tout ce que nous avons fait ensuite serait conservé.
- Quittez le mode d'édition, sélectionnez cette nouvelle esquisse et créez une extrusion (Pad) de 2.7mm :



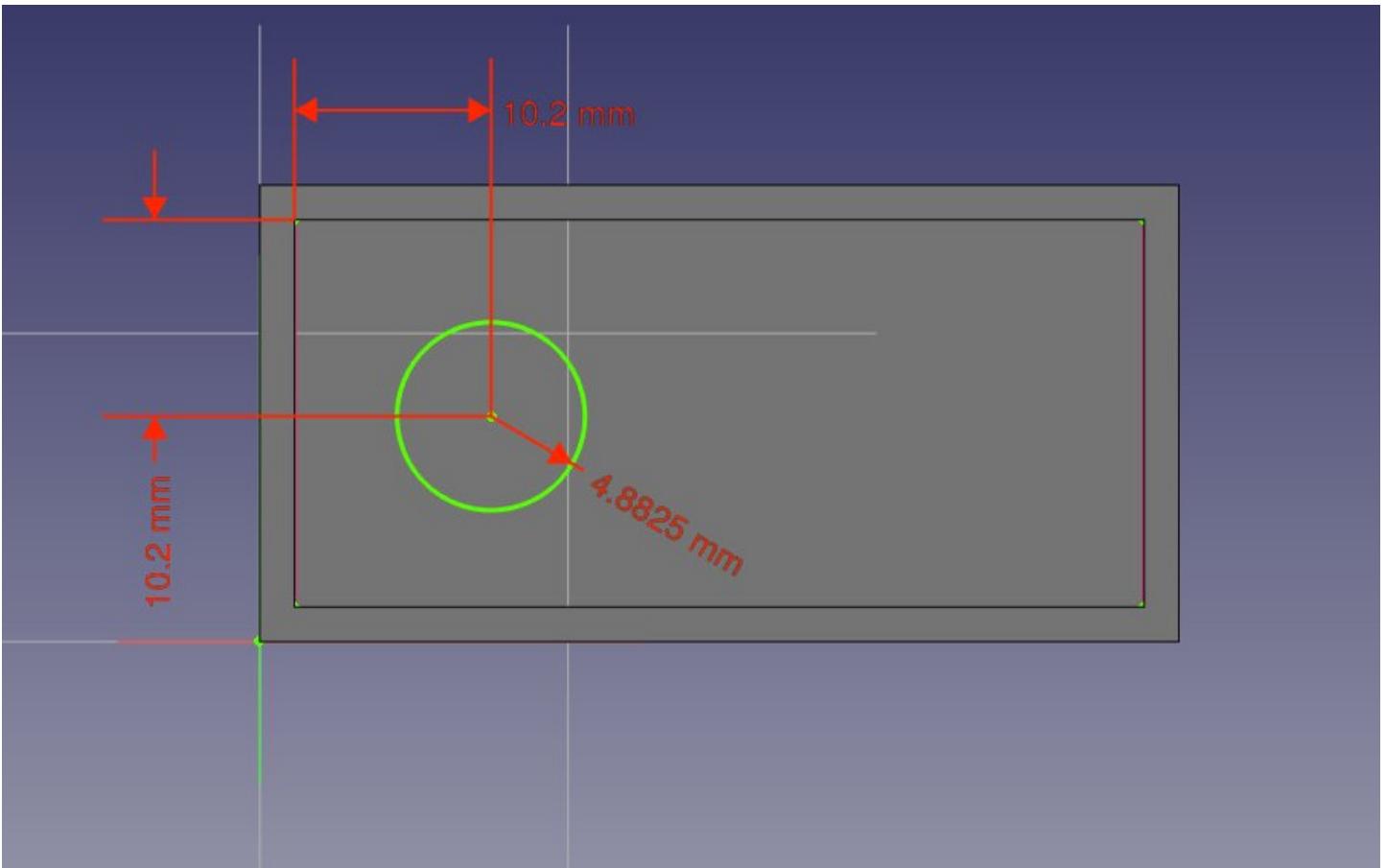
- Notez que, comme précédemment avec la poche, puisque nous avons utilisé la face supérieure de notre bloc de base en tant que support pour cette dernière esquisse, toute opération PartDesign que nous effectuons avec cette esquisse sera correctement construite en haut de la forme de base : les deux bossages ne sont pas des objets indépendants, ils ont été extrudés directement de notre brique.

C'est le grand avantage de travailler avec l'atelier Part Design : tant que vous prenez garde à construire une forme à partir de la forme précédente, vous construisez réellement un dernier objet solide.

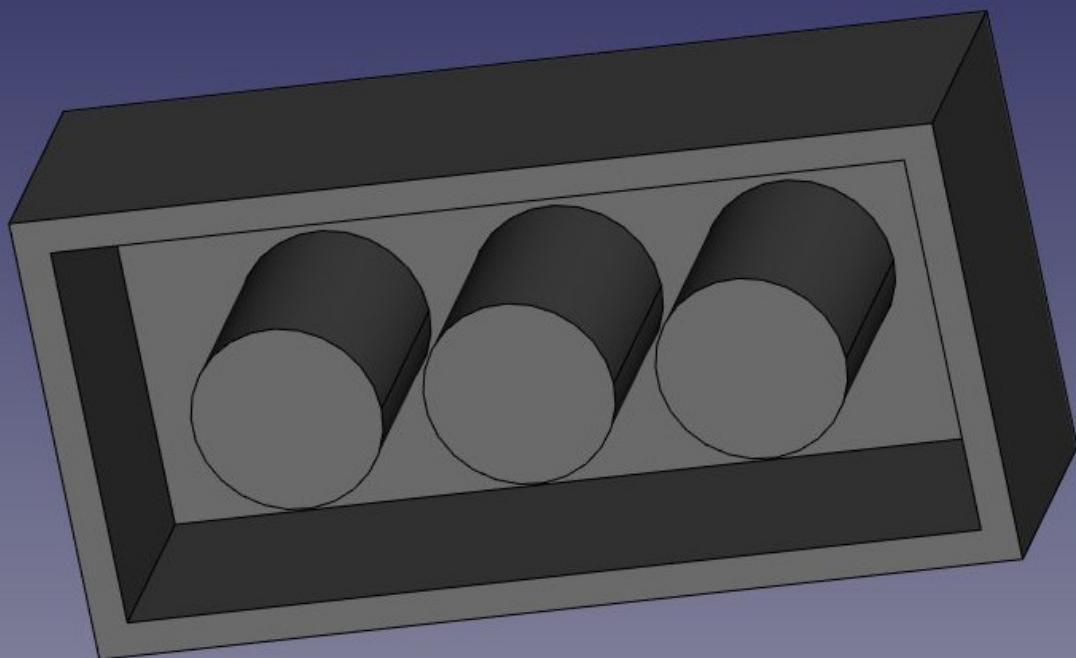
- Nous pouvons maintenant dupliquer nos deux bossages quatre fois, alors nous en aurons huit. Sélectionnez le dernier bossage que nous venons de créer.
- Appuyez sur le bouton de copie linéaire ([Linear pattern](#)).
- Donnez-lui une longueur de 36 mm (qui est l'amplitude totale que nous souhaitons occuper avec nos copies), dans la direction «Axe d'esquisse horizontale», et faites-en 4 occurrences :



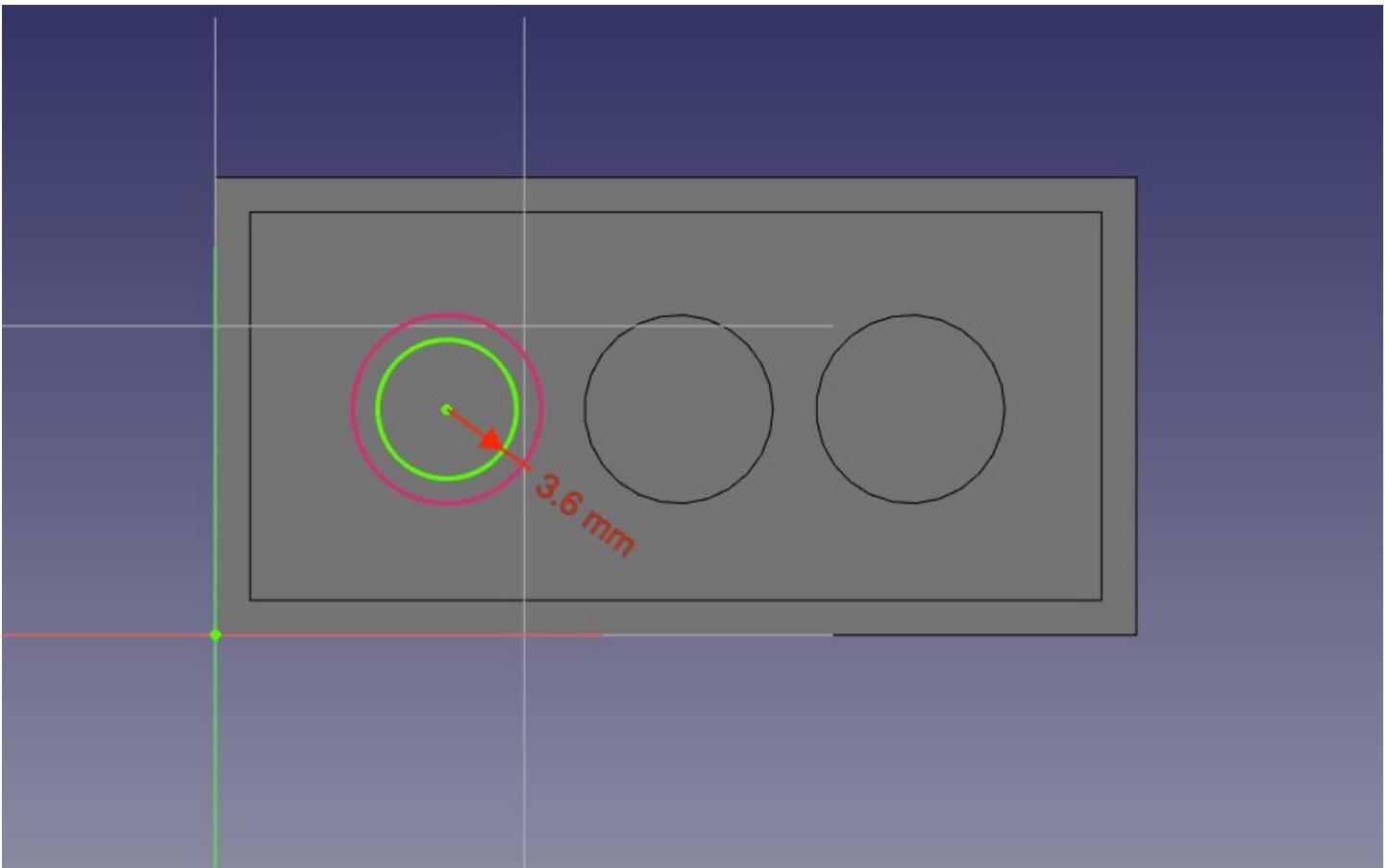
- Encore une fois, il faut voir que ce n'est pas seulement une duplication d'un objet, c'est une caractéristique de notre forme qui a été dupliquée, l'objet final n'est encore qu'un seul objet solide.
- Maintenant, travaillons sur les trois «tubes» qui remplissent le vide que nous avons créé sur la face inférieure. Nous avons plusieurs possibilités : créer une esquisse avec trois cercles, l'extruder puis créer une poche trois fois, ou créer une esquisse de base avec deux cercles concentriques et les extruder pour former le tube déjà complet, ou même d'autres combinaisons. Comme toujours dans FreeCAD, il y a de nombreuses façons d'atteindre un même résultat. Parfois, une façon ne fonctionnera pas comme nous voulons, et nous devons essayer d'autres façons. Ici, nous allons prendre l'approche la plus sûre, et faire les choses l'une après l'autre.
- Sélectionnez la face qui se trouve au fond de l'espace que nous avons creusé précédemment à l'intérieur du bloc.
- Créez une nouvelle esquisse, ajoutez un cercle avec un rayon de 4.8825mm, importez le bord gauche de la face et positionnez le centre verticalement et horizontalement à 10,2 mm du coin supérieur de la face :



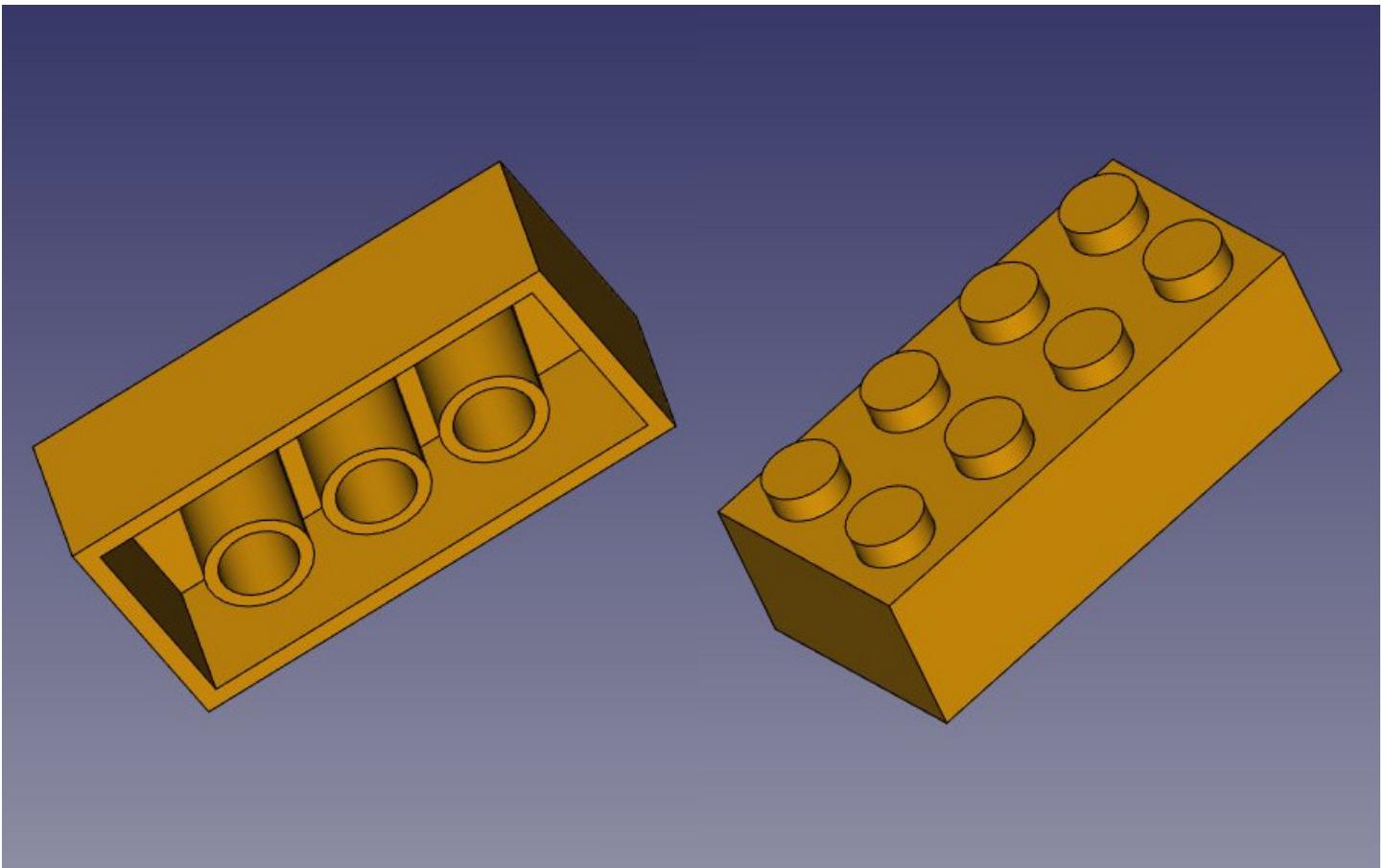
- Quittez le mode d'édition et extrudez sur une longueur de 12,6 mm.
- Créez un motif linéaire à partir de cette dernière extrusion, donnez-lui une longueur de 24mm et 3 occurrences. Nous avons maintenant trois bossages dans l'espace creux :



- Maintenant, faisons les derniers trous. Sélectionnez la face circulaire du premier de nos trois bossages.
- Créez une nouvelle esquisse, importez le bord circulaire de notre face, créez un cercle avec un rayon de 3,6 mm, et ajoutez une contrainte de coïncidence ([• Point on Point Constraint](#)) entre le centre du cercle importé et celui notre nouveau cercle. Nous avons maintenant un cercle parfaitement centré, et une fois encore complètement contraint :



- Quittez le mode d'édition et créez une poche à partir de ce croquis, d'une longueur de 12,6 mm.
- Créez un motif linéaire à partir de cette poche, avec une longueur de 24 mm et 3 occurrences. C'est la dernière étape, notre pièce de lego est maintenant terminée, on peut lui donner une belle couleur de la victoire !



Vous remarquerez que l'historique de modélisation ou arbre de construction (ce qui apparaît dans l'arborescence) est devenue assez long. Ceci est précieux car chaque étape de ce que nous avons fait peut être modifié plus tard.

L'adaptation de ce modèle pour un autre type de brique, par exemple une avec 2x2 bossages, au lieu de 2x4, serait du gâteau, il faudrait simplement changer quelques dimensions et le nombre d'occurrences dans les copies linéaires. Nous pourrions créer aussi facilement des pièces plus grandes qui n'existent pas dans le jeu original de Lego.

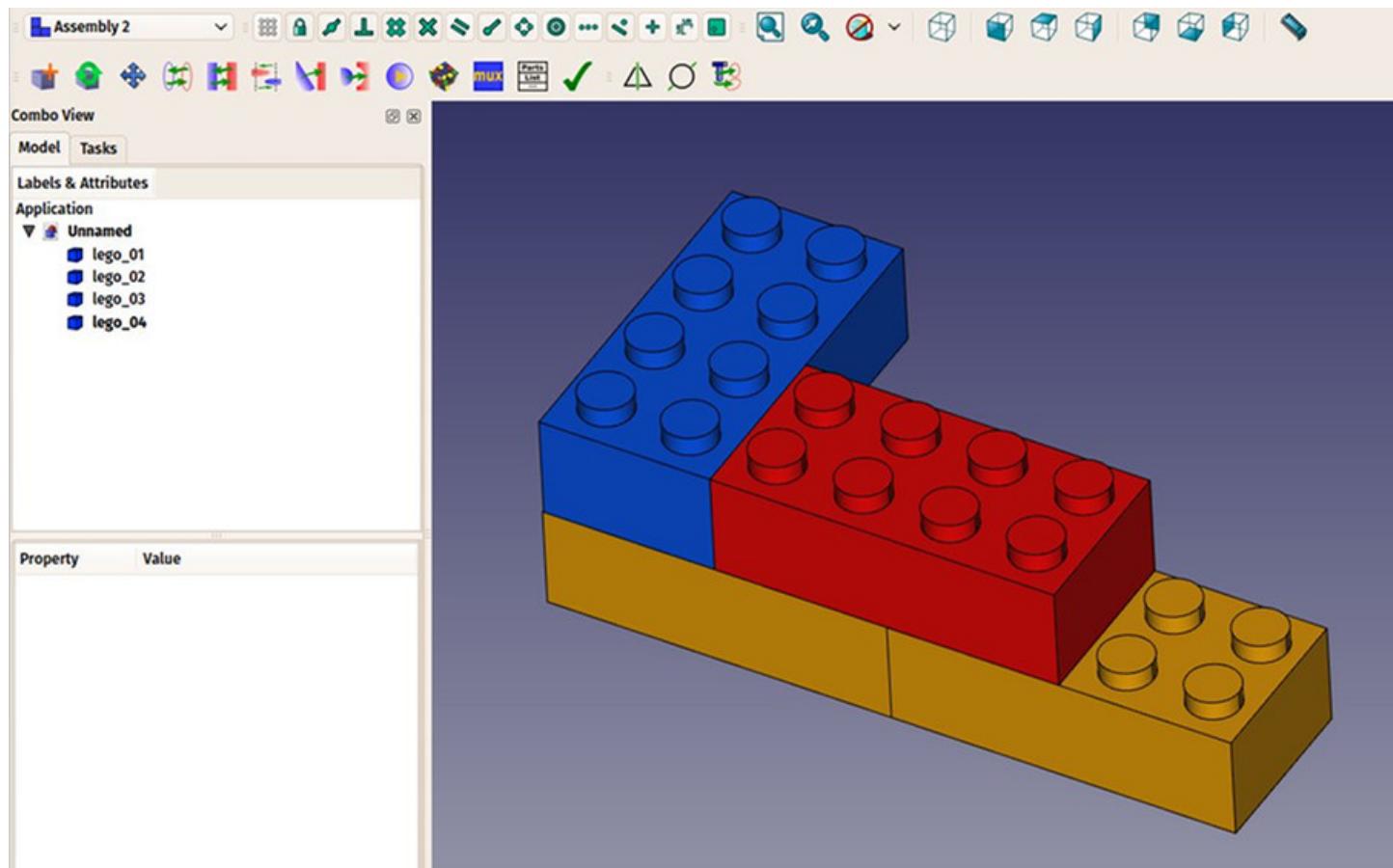
Mais nous pourrions aussi avoir besoin de nous débarrasser de l'historique, par exemple si nous voulons modéliser un château avec cette brique, et ne voulons pas que cet historique soit répété 500 fois dans notre fichier.

Il existe deux façons simples de se débarrasser de l'historique, on utilise l'outil de création de copie simple ([Create simple copy](#)) de l'atelier Part ([Part Workbench](#)), qui créera une copie de notre pièce qui ne dépend plus de l'historique (vous pouvez supprimer l'historique complet après), l'autre façon est d'exportater la pièce dans un fichier STEP et de la reimporter.

Assemblage

Mais le meilleur des deux mondes existe également, qui est l'atelier Assembly2 ([Assembly2 Workbench](#)), un greffon (addon) qui peut être installé à partir du dépôt [FreeCAD-addons](#). Cet atelier s'appelle "2" car il existe également un atelier intégré d'assemblage en développement, qui n'est pas encore prêt. L'atelier Assembly2, cependant, fonctionne déjà très bien pour construire des assemblages, et comporte également quelques contraintes d'objet à objet que vous pouvez utiliser pour contraindre la position d'un objet par rapport à un autre. Dans l'exemple ci-dessous, cependant, il sera plus rapide et plus facile de positionner les pièces à l'aide du déplacement ([Draft Move](#)) et de la rotation ([Draft Rotate](#)) de l'atelier Draft que d'utiliser les contraintes d'Assembly2.

- Enregistrez le fichier que nous avons fait jusqu'ici.
- Installez l'atelier Assembly2 ([Assembly2 Workbench](#)) et redémarrez FreeCAD.
- Créez un nouveau document vide.
- Passez à l'atelier Assembly2.
- Appuyez sur **Importer une pièce à partir d'un autre document FreeCAD**.
- Sélectionnez le fichier que nous avons enregistré ci-dessus.
- La pièce finale sera importée dans le document actuel. L'atelier Assembly2 déterminera automatiquement quelle est la pièce finale dans notre fichier qui doit être utilisée, et le nouvel objet reste lié au fichier d'origine. Si nous revenons en arrière et modifions le contenu du premier fichier, nous pouvons appuyer sur le bouton **Mettre à jour les pièces importées dans l'assemblage** pour mettre à jour les pièces ici.
- En utilisant le bouton **Importer une pièce à partir d'un autre document FreeCAD** plusieurs fois, et en déplaçant et en tournant les pièces (avec les outils de l'atelier Draft ou en manipulant leurs propriétés de placement), nous pouvons créer rapidement un petit assemblage :



Téléchargements

- Le modèle produit lors de cet exercice:
<https://github.com/yorikvanhavre/FreeCADmanual/blob/master/files/lego.FCStd>

Lire plus d'informations

- L'atelier Sketcher: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Sketcher_Module
- L'atelier Part Design: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?Title=PartDesign_atelier
- L'atelier Assembly2 : https://github.com/hamish2014/FreeCAD_assembly2

1-3-5 Préparation de modèles pour l'impression 3D

L'une des principales utilisations de FreeCAD est de produire des objets du monde réel. Ceux-ci peuvent être conçus dans FreeCAD, et ensuite réalisés concrètement de différentes façons, telles que communiqués à d'autres personnes qui les fabriqueront ensuite ou, de plus en plus souvent, envoyés directement à une imprimante 3D ([3D printer](#)) ou à une machine CNC ([CNC mill](#)). Ce chapitre vous montrera comment préparer vos modèles à envoyer à ces machines.

Si vous avez été prudent lors de la modélisation, la plupart des difficultés que vous pourriez rencontrer lors de l'impression de votre modèle en 3D a déjà été évitée. Cela implique essentiellement :

- de vérifier que vos objets 3D sont des **solides**. Les objets du monde réel sont des solides, le modèle 3D doit aussi être un solide. Nous avons vu dans des chapitres précédents que FreeCAD vous aide beaucoup et que l'atelier Part Design ([PartDesign Workbench](#)) vous informera si vous faites une opération qui empêche votre modèle de rester un solide. L'atelier Part ([Part Workbench](#)) contient également un outil de vérification de la géométrie ( [Check Geometry](#)) pratique pour vérifier les défauts éventuels.
- de vérifier les **dimensions** de vos objets. Un millimètre sur le modèle sera un millimètre dans la vie réelle. Chaque dimension importe.
- de contrôler la **dégradation**. Aucune imprimante 3D ou système de fraisage CNC ne peut utiliser directement les fichiers FreeCAD. La plupart d'entre eux ne comprennent qu'un langage machine appelé [G-Code](#). G-code a des dizaines de variantes différentes, chaque machine ou fournisseur utilise généralement son propre G-code. La conversion de vos modèles en G-code peut être simple et automatique, mais vous pouvez le faire également manuellement, avec un contrôle total sur la sortie. En tout cas, une certaine perte de qualité de votre modèle se produira inévitablement pendant le processus. Lors de l'impression en 3D, vous devez toujours vous assurer que cette perte de qualité reste inférieure à vos exigences minimales.

Ci-dessous, nous supposerons que les deux premiers critères sont respectés, et que maintenant, vous êtes en mesure de produire des objets solides avec des dimensions correctes. Nous allons maintenant voir comment traiter le troisième point.

1-3-5-1 Exportation vers des tranchesuses

C'est la technique la plus utilisée pour l'impression en 3D. L'objet 3D est exporté vers un autre programme (la trancheuse) qui générera le G-code à partir de l'objet, en le découvant en couches minces (d'où le nom), qui définira les mouvements que l'imprimante 3D fera.

Étant donné que beaucoup de ces imprimantes sont construites par soi-même, il y a souvent de petites différences de l'une à l'autre. Ces programmes offrent généralement des possibilités de configuration avancée qui permettent d'adapter exactement la sortie aux particularités de votre imprimante 3D.

L'impression 3D réelle, cependant, est un sujet trop vaste pour ce manuel. Mais nous verrons comment exporter et utiliser ces tranchesuses pour vérifier que la sortie est correcte.

1-3-5-2 Conversion d'objets en mailles

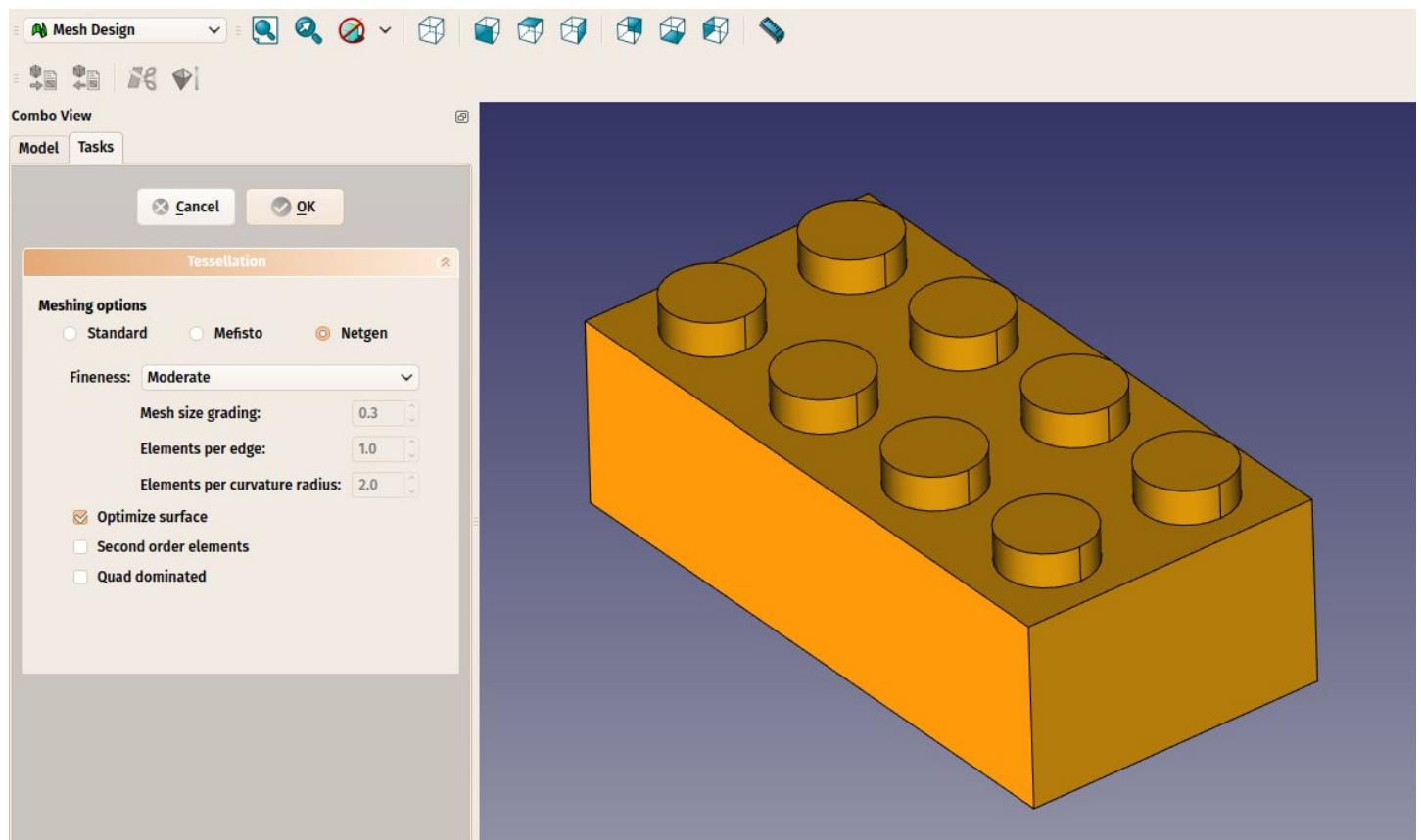
Aucune des tranchesuses, à cette date, ne prend directement la géométrie solide que nous produisons dans FreeCAD. Nous devrons donc convertir n'importe quel objet que nous souhaitons imprimer en 3D en un premier maillage, que le trancheur peut ouvrir. Heureusement, autant que convertir un maillage en un solide est une opération compliquée, le contraire, la conversion d'un solide en maillage, est très simple. Tout ce à

quoi il faut faire attention est que c'est maintenant que la dégradation que nous avons mentionnée ci-dessus se produira. Nous devons vérifier que la dégradation reste dans des limites acceptables.

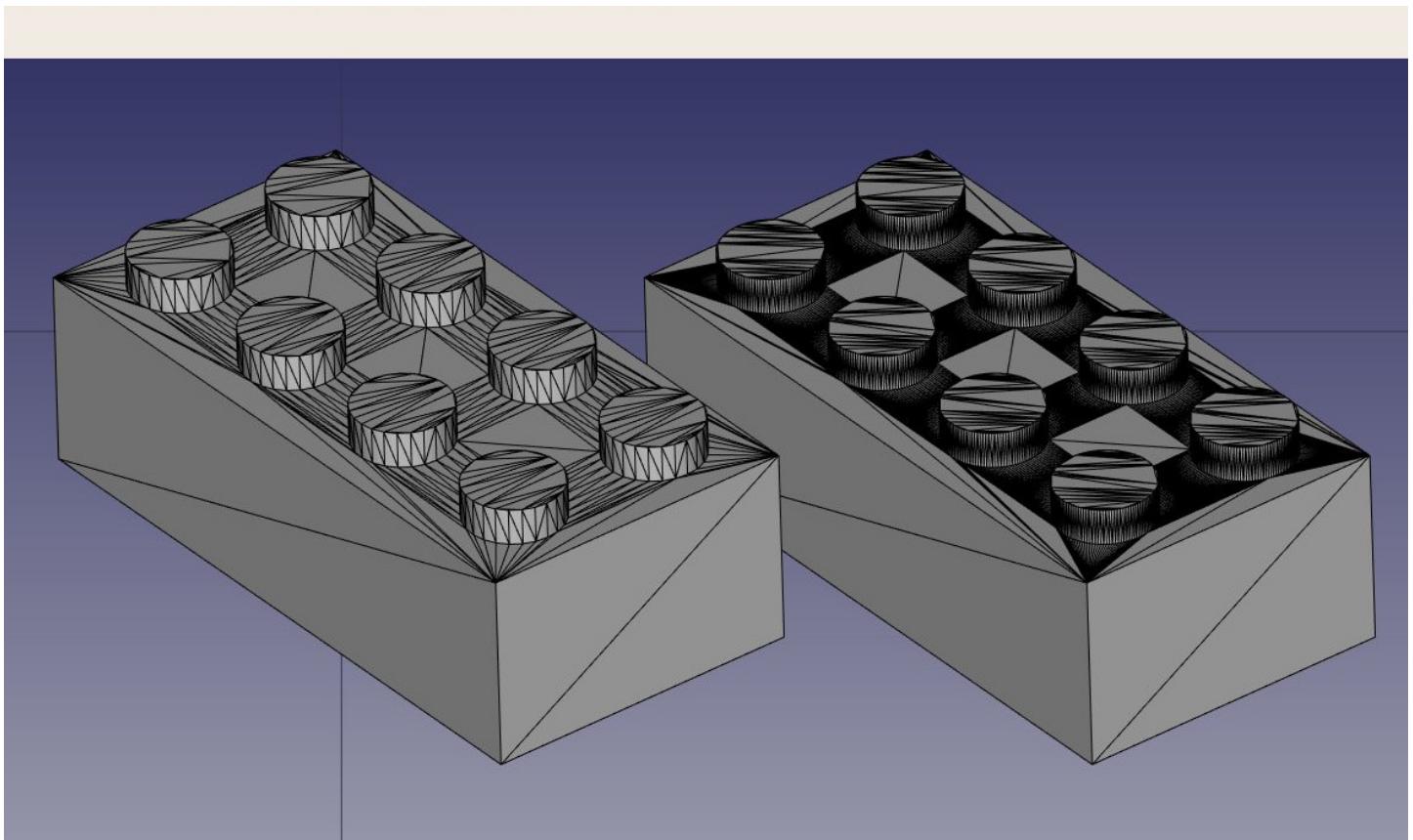
Toute la gestion du maillage, dans FreeCAD, est effectuée par un atelier spécifique, l'atelier Mesh ([Mesh Workbench](#)). Cet atelier contient, outre le plus important, les outils qui convertissent les objets Part en objets Mesh, plusieurs utilitaires qui ont pour but d'analyser et de réparer les maillages.

Bien que le travail avec des maillages ne soit pas la fonction principale de FreeCAD, lorsque vous travaillez avec la modélisation 3D, vous avez souvent besoin de traiter des objets maillés, car leur utilisation est très répandue parmi d'autres applications. Cet atelier vous permet de les gérer complètement dans FreeCAD.

- Convertissons un des objets que nous avons modelés dans les chapitres précédents, comme la pièce de lego (qui peut être téléchargée à partir de la fin du chapitre précédent).
- Ouvrez le fichier FreeCAD contenant la pièce Lego.
- Passez à l'atelier Mesh ([Mesh Workbench](#)).
- Sélectionnez la brique lego.
- Sélectionnez le menu **Meshes -> Crée un maillage à partir de la forme**.
- Un panneau de tâches s'ouvre avec plusieurs options. Quelques algorithmes de maillage supplémentaires (Mefisto ou Netgen) pourraient ne pas être disponibles, selon la manière dont votre version de FreeCAD a été compilée. L'algorithme de maillage standard sera toujours présent. Il offre moins de possibilités que les deux autres, mais est totalement suffisant pour les objets plus petits que la taille d'impression maximale d'une imprimante 3D.



- Sélectionnez le maillage **standard** et laissez la valeur d'écart à la valeur par défaut de **0,10**. Appuyez sur **OK**.
- Un objet maillage sera créé, exactement par dessus notre objet solide. Pour comparer les deux vous pouvez soit cacher le solide, soit déplacer l'un des objets par rapport à l'autre.
- Modifiez la propriété **View -> Display Mode** du nouvel objet mesh en **Flat Lines**, afin de voir comment s'est déroulée la triangulation.
- Si vous n'êtes pas satisfait et pensez que le résultat est trop grossier, vous pouvez répéter l'opération, en abaissant la valeur d'écart. Dans l'exemple ci-dessous, le maillage gauche a utilisé la valeur par défaut de **0,10**, tandis que celui de droite utilise **0,01** :



Dans la plupart des cas, cependant, les valeurs par défaut donneront un résultat satisfaisant.

- Nous pouvons maintenant exporter notre maillage à un format de maillage, tel que **STL**, qui est actuellement le format le plus utilisé dans l'impression 3D, en utilisant le menu **Fichier -> Exporter** et choisir le format de fichier STL.

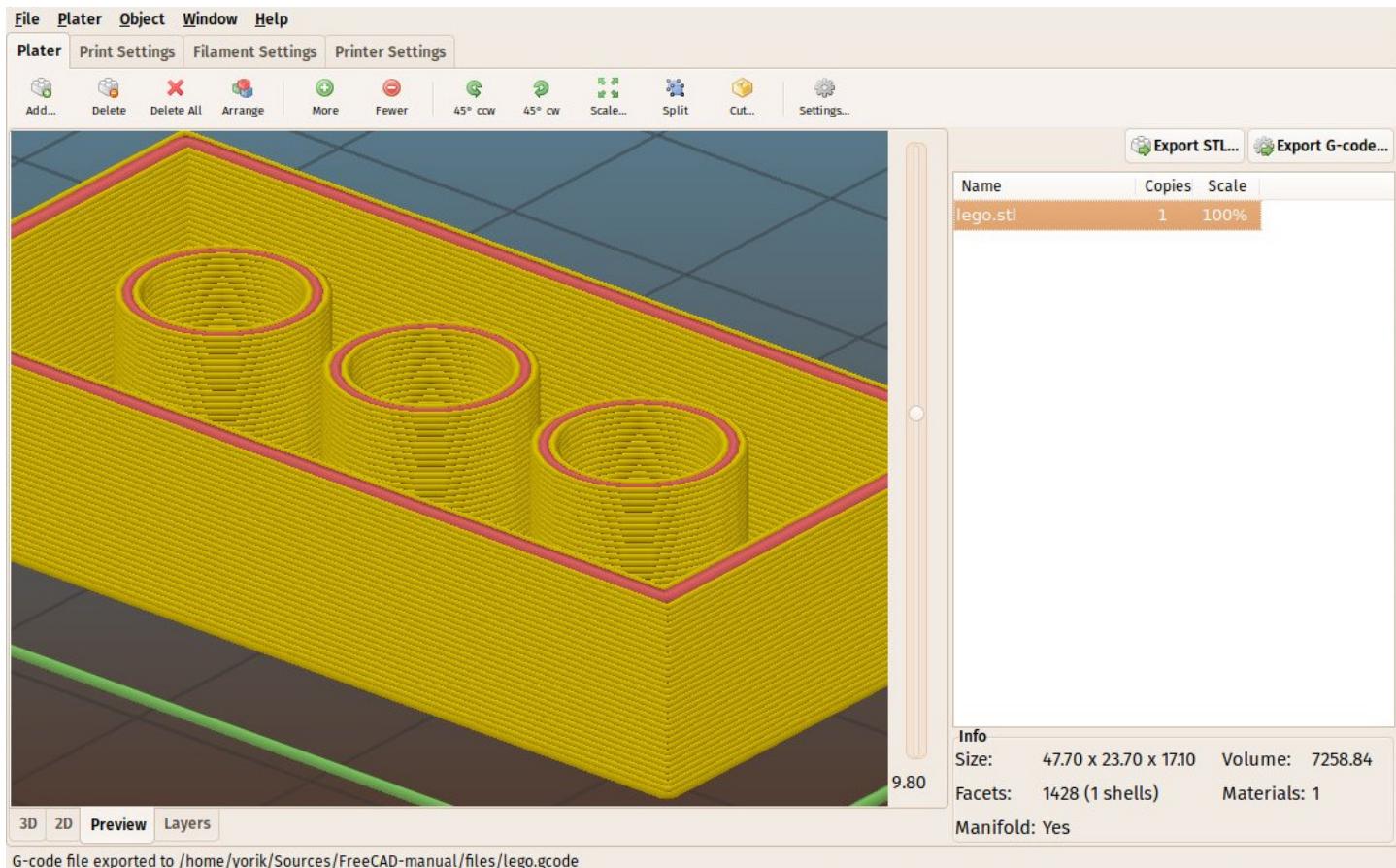
Si vous ne possédez pas d'imprimante 3D, il est généralement très facile de trouver des services commerciaux qui vont imprimer et vous envoyer les objets imprimés par courrier. Parmi les plus célèbres, on trouve [Shapeways](#) et [Sculpteo](#), mais vous en trouverez généralement beaucoup d'autres dans votre propre ville. Dans toutes les grandes villes, vous trouverez également aujourd'hui des [Fab labs](#), qui sont des laboratoires ou ateliers équipés d'une gamme de machines de fabrication 3D, incluant presque toujours au moins une imprimante 3D. Les FabLabs sont habituellement des espaces communautaires, qui vous permettront d'utiliser leurs machines, moyennant des frais ou gratuitement selon le FabLab, mais aussi vous apprendre à les utiliser et à promouvoir d'autres activités autour de la fabrication 3D.

1-3-5-3 Utilisation de Slic3r

[Slic3r](#) est une application qui convertit des objets STL en G-code pouvant être envoyé directement vers les imprimantes 3D. Comme FreeCAD, il est gratuit, open-source et s'exécute sous Windows, Mac OS et Linux.

La configuration correcte des paramètres pour l'impression 3D est un processus compliqué, où vous devez avoir une bonne connaissance de votre imprimante 3D ; il n'est donc pas très utile de générer du G-code avant de pouvoir effectivement imprimer (votre fichier de G-code peut ne pas fonctionner correctement sur une autre imprimante), mais c'est utile pour nous de toute façon, pour vérifier que notre fichier STL sera imprimable sans problème.

Ceci est notre fichier STL exporté ouvert dans Slic3r. En utilisant l'onglet **Aperçu**, et en déplaçant le curseur droit, nous pouvons visualiser le chemin que la tête d'imprimante 3D suivra pour construire notre objet.



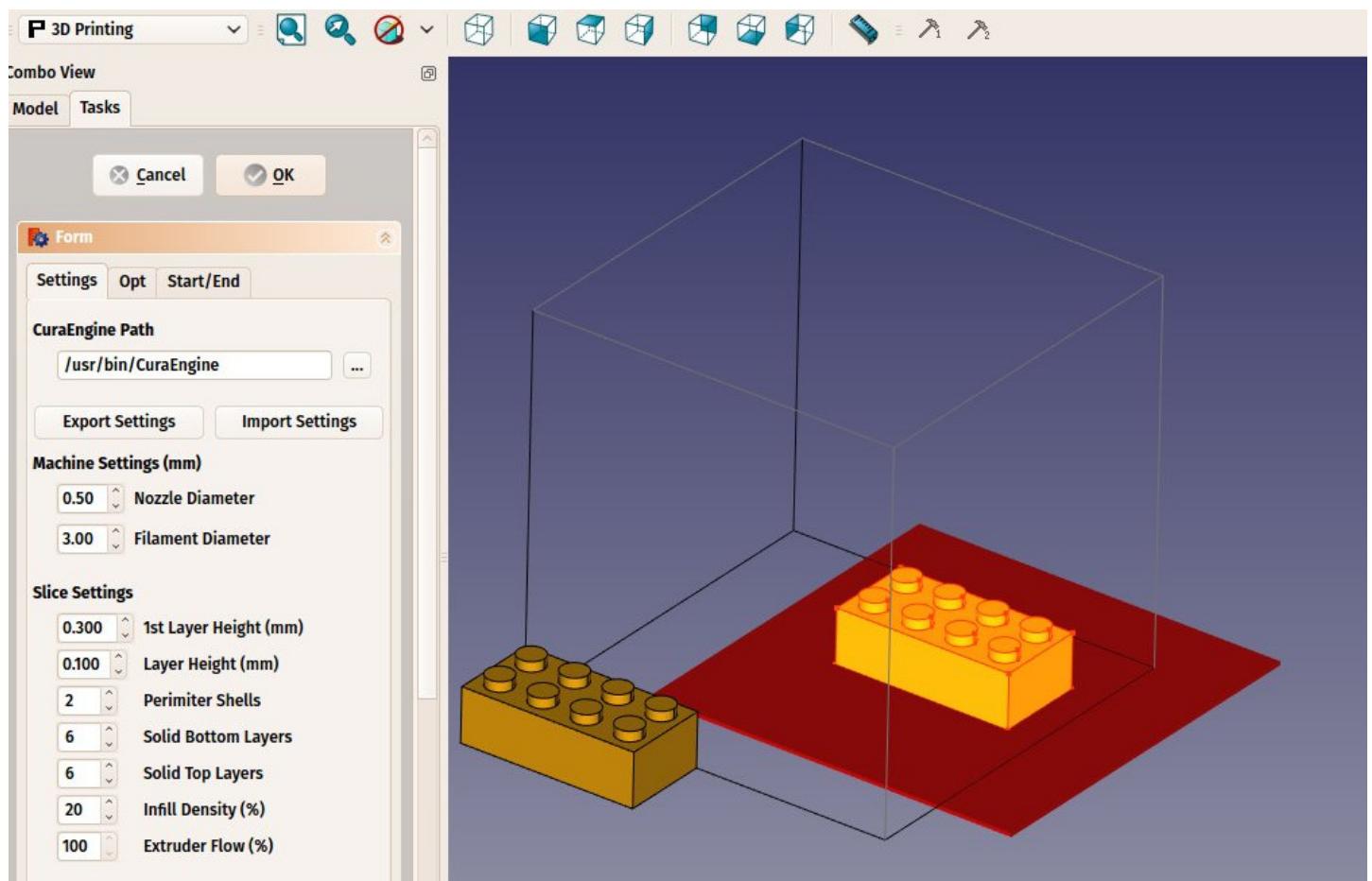
1-3-5-4 Utilisation du greffon (addon) Cura

[Cura](#) est une autre application Slicer gratuite et open-source pour Windows, Mac et Linux, maintenue par le fabricant d'imprimantes 3D [Ultimaker](#). Certains utilisateurs de FreeCAD ont créé un atelier Cura ([Cura Workbench](#)) qui utilise Cura en interne. L'atelier Cura est disponible dans le dépôt [FreeCAD addons](#). Pour utiliser l'atelier Cura, vous devez également installer Cura lui-même, qui n'est pas inclus dans l'atelier.

Une fois que vous avez installé Cura et l'atelier Cura, vous pourrez l'utiliser pour produire le fichier G-code directement à partir des objets Part, sans avoir besoin de les convertir en maillages et sans avoir besoin d'ouvrir une application externe. Produire un autre G-code à partir du fichier de notre brique Lego, en utilisant l'atelier Cura cette fois, se déroule comme suit :

- Chargez le fichier contenant notre brique Lego (il peut être téléchargé à la fin du chapitre précédent)
- Allez dans l'atelier Cura ([Cura Workbench](#)).

- Configurez l'espace de l'imprimante en choisissant le menu **impression 3D -> Définir une imprimante 3D**. Comme nous n'allons pas imprimer de façon réelle, nous pouvons laisser les paramètres tels qu'ils sont. La géométrie du lit d'impression et l'espace disponible seront affichés dans la vue 3D.
- Déplacez la brique Lego à un endroit approprié, comme le centre du lit d'impression. N'oubliez pas que les objets PartDesign ne peuvent pas être déplacés directement, donc vous devez soit déplacer sa toute première esquisse (le premier rectangle), ou déplacer (et imprimer) une copie, qui peut être faite avec l'outil **Part -> Créer copie simple** ([Part -> Create Simple Copy](#)). La copie peut être déplacée, par exemple avec l'outil Déplacer de Draft ( [Draft -> Move](#)).
- Selectionnez l'objet à imprimer et sélectionnez dans le menu **Impression 3D -> Trancher avec le moteur Cura**.
- Dans le panneau de tâches qui s'ouvre, assurez-vous que le chemin d'accès à l'exécutable Cura est correctement défini. Comme nous n'allons pas vraiment imprimer, nous pouvons laisser toutes les autres options telles qu'elles sont. Appuyez sur **OK**. Deux fichiers seront générés dans le même répertoire que votre fichier FreeCAD, un fichier STL et un fichier G-code.



- Le G-code généré peut également être reimporté dans FreeCAD (en utilisant le préprocesseur slic3r) pour vérification.

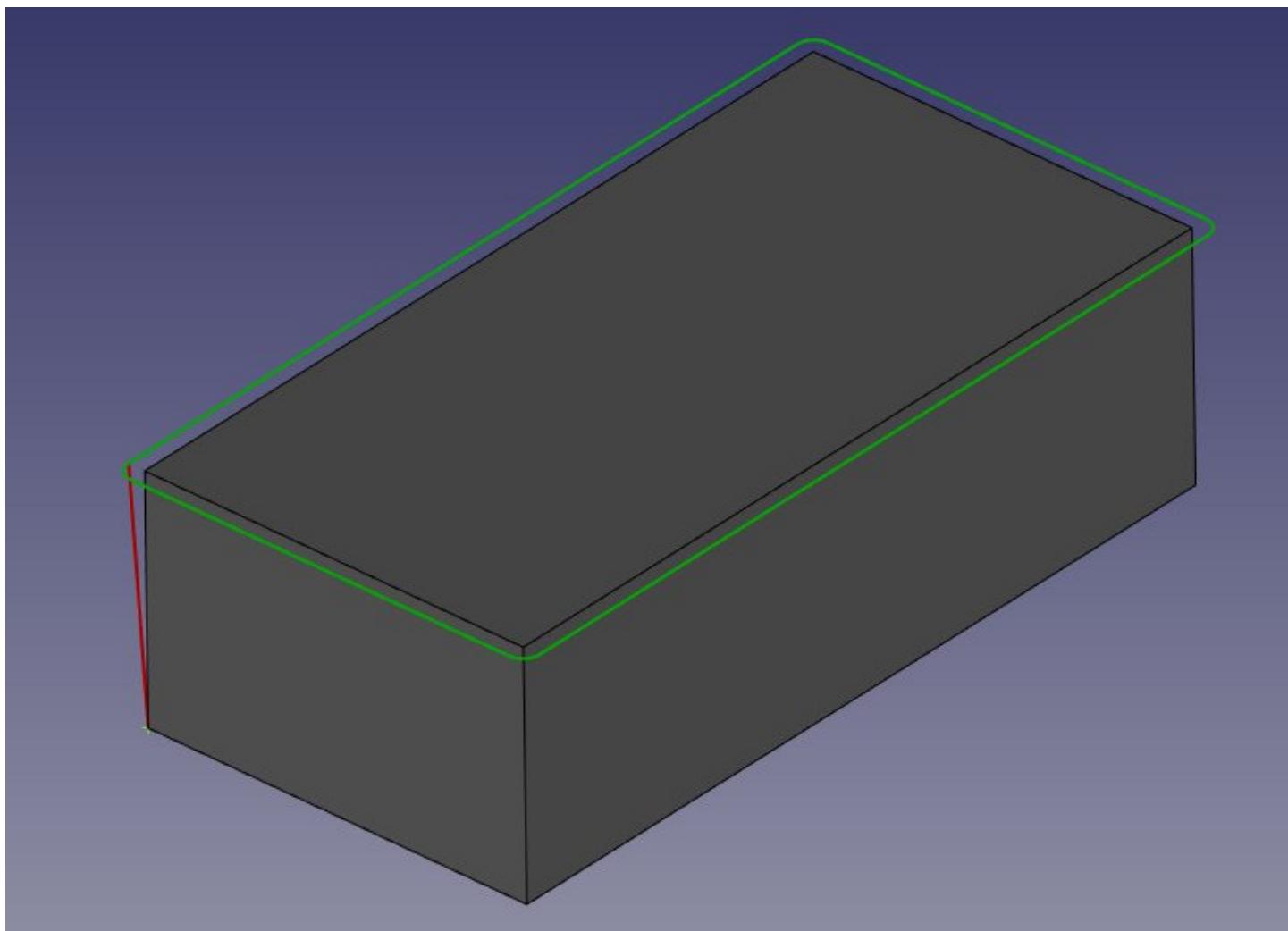
1-3-5-5 Génération du G-code

FreeCAD offre également des moyens plus avancés pour générer directement le G-code. C'est souvent beaucoup plus compliqué que l'utilisation d'outils automatiques comme nous l'avons vu ci-dessus, mais a l'avantage de vous laisser contrôler pleinement la sortie. Ceci n'est généralement pas nécessaire lors de l'utilisation d'imprimantes 3D, mais devient très important lors de la gestion du fraisage CNC, car les machines sont beaucoup plus complexes.

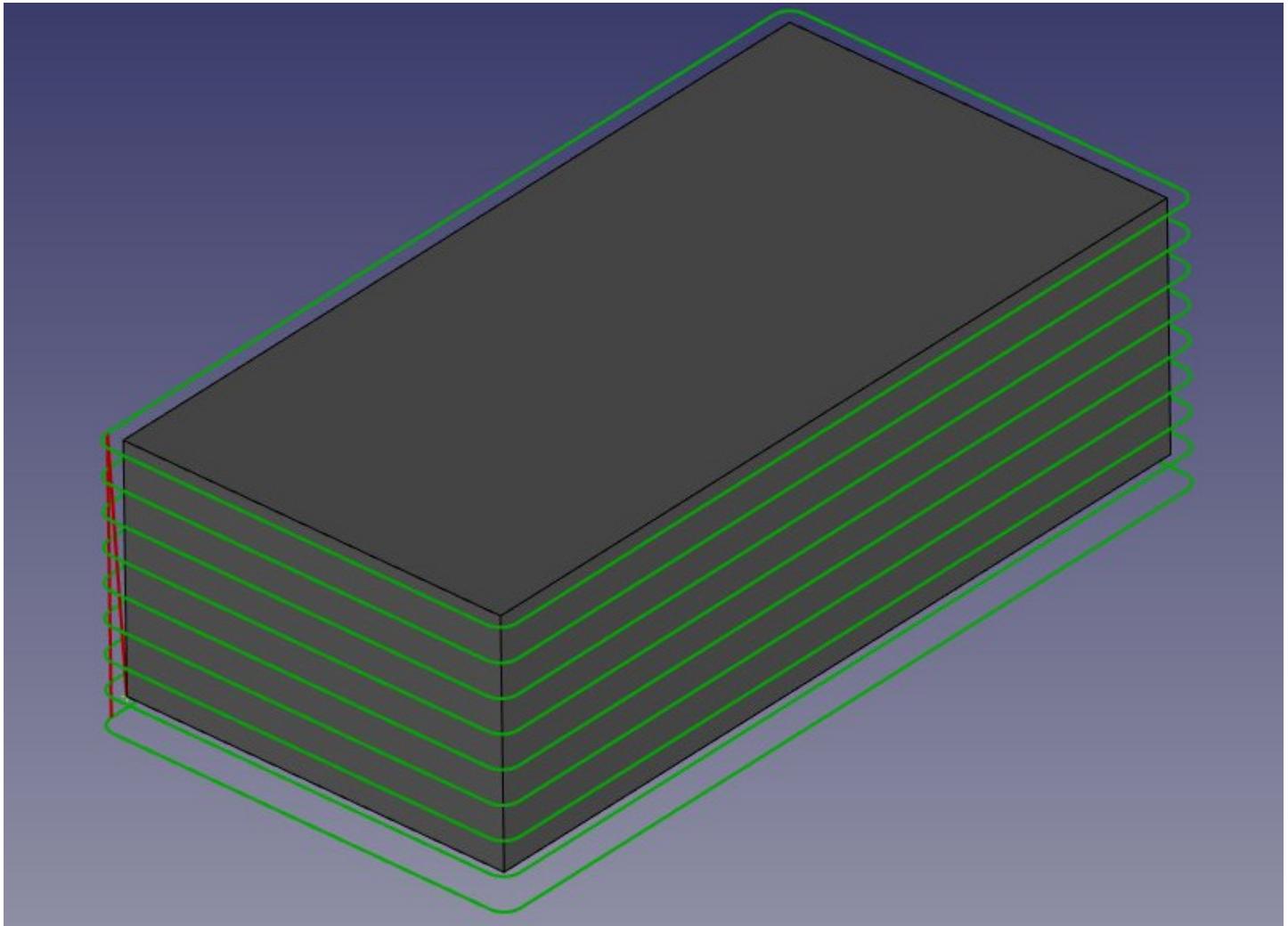
La génération des parcours d'outils en G-code dans FreeCAD se fait avec l'atelier Path ([Path Workbench](#)). Il dispose d'outils qui génèrent des parcours d'outils complets et d'autres qui ne génèrent que des portions d'un projet G-code, qui peuvent être assemblés pour former une opération de fraisage complète.

La génération de parcours de fraisage CNC est un autre sujet qui est trop vaste pour être adapté à ce manuel, nous allons donc montrer comment construire un projet de cheminement simple, sans se soucier de la plupart des détails de l'usinage CNC réel.

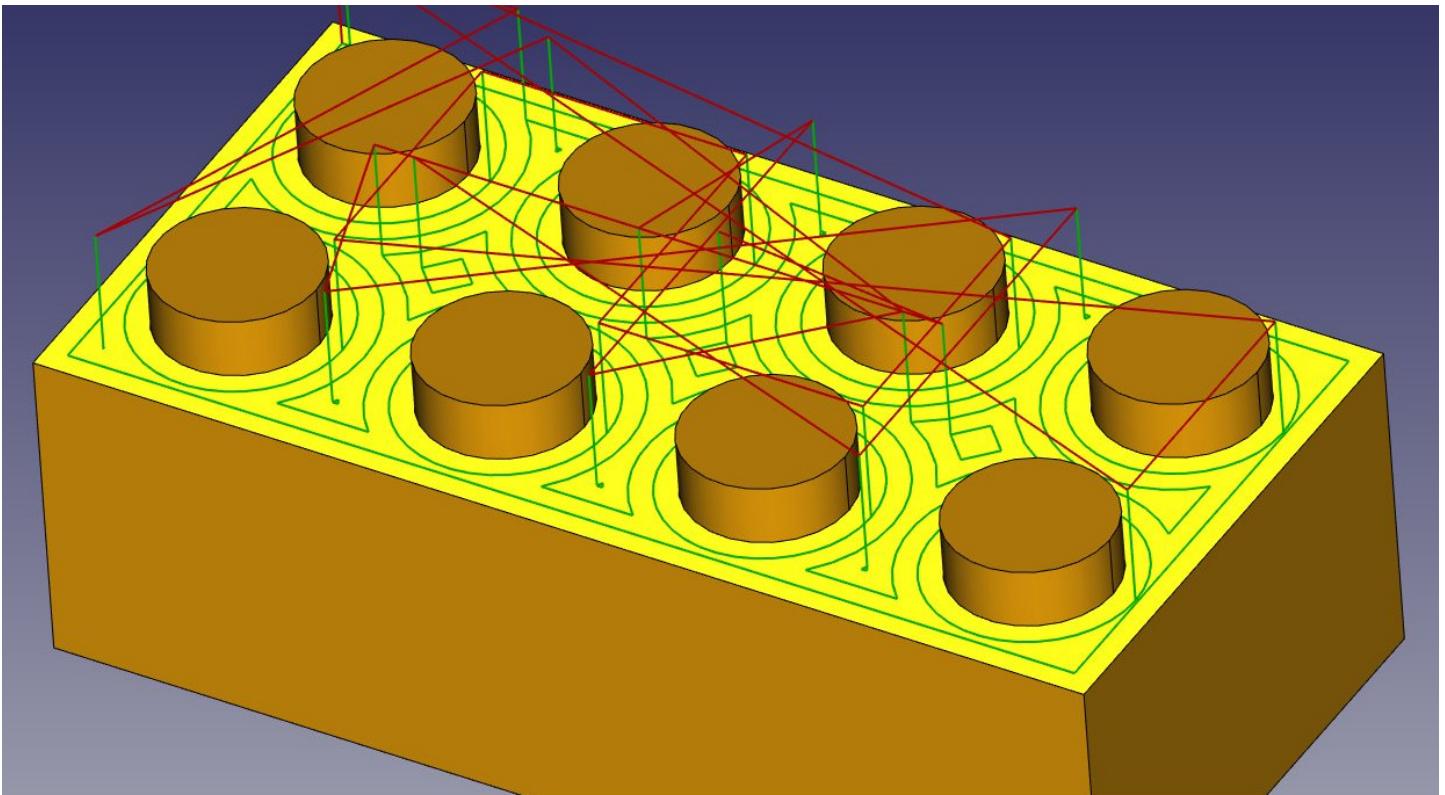
- Chargez le fichier contenant notre pièce de lego, et passez à l'atelier Path ([Path Workbench](#)).
- Puisque la pièce finale ne contient plus une face supérieure rectangulaire, cachez la dernière étape de la pièce de lego, et montez le premier bloc parallélépipédique que nous avons fait, qui a une face supérieure rectangulaire.
- Sélectionnez la face supérieure et appuyez sur le bouton **Contour de face** ( [Face Profile](#)).
- Définissez sa propriété **Offset** (décalage) à 1mm, qui correspond au rayon de la fraise.



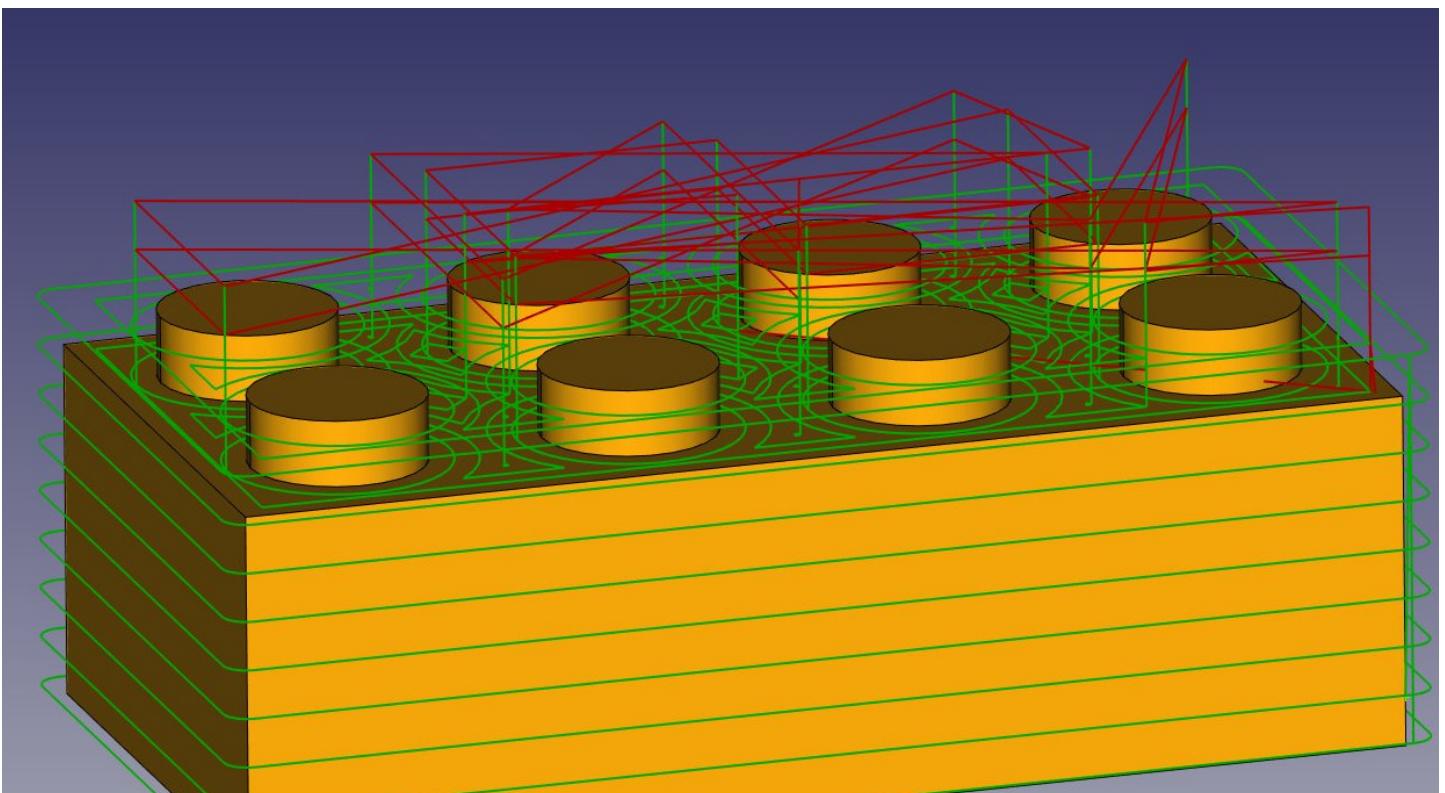
- Ensuite, dupliquons cette première boucle à plusieurs reprises, de sorte que l'outil découpera le bloc tout entier. Sélectionnez le contour FaceProfile et appuyez sur le bouton Copie réseau ( [Array](#)).
- Réglez la propriété **Copies** du réseau linéaire sur 8, et son intervalle à -2 mm dans la direction Z (profondeur de passe), et déplacez la position du réseau linéaire de 2 mm dans la direction Z, de sorte que la coupe commencera un peu au dessus du bloc, et inclura la hauteur des bossages aussi.



- Maintenant, nous avons défini un parcours d'usinage qui, après exécution par la fraiseuse, va contourner un volume rectangulaire sur un bloc de matériau. Nous devons maintenant réaliser l'espace entre les bossages, afin de les révéler. Cachez le bloc, et montrez à nouveau la pièce finale, afin que nous puissions choisir la face qui se trouve entre les bossages.
- Sélectionnez la face supérieure et appuyez sur le bouton Poche ( [Face Pocket](#)). Définissez la propriété Décalage (Offset) à 1mm (toujours le rayon de la fraise), et la hauteur de dégagement d'outil à 20mm. C'est la hauteur de l'endroit où l'outil se déplace lorsque vous passez d'une boucle du parcours à l'autre. Sinon, la fraise pourrait couper tout droit à travers un de nos bossages :



- Encore une fois, créez un tableau de copie. Sélectionnez l'objet Poche (FacePocket) et appuyez sur le bouton Copie réseau ([Array](#)). Réglez le nombre de copies sur 1 et le décalage à -2 mm dans la direction Z. Déplacez la position du réseau (pas de la copie) à 2 mm dans la direction Z. Nos deux opérations sont maintenant terminées :



- Maintenant, tout ce qu'il reste à faire est de relier ces deux opérations en une seule. Cela peut se faire avec un Parcours Composé ([Path Compound](#)) ou un projet Path ([Path Project](#)). Comme nous n'aurons besoin de rien de plus et que nous serons prêts à exporter le parcours d'outil, nous allons utiliser le projet. Appuyez sur le bouton Projet ( [Project](#)).
- Définir la propriété **Utiliser les Placements** du projet à Vrai, car nous avons changé le placement des tableaux, et nous voulons que cela soit pris en compte dans le projet.
- Dans l'arborescence, faites glisser et déposez les deux tableaux dans le projet. Vous pouvez réorganiser des réseaux à l'intérieur du projet si nécessaire, en double-cliquant dessus.
- Le projet peut maintenant être exporté en G-code, en le sélectionnant, en choisissant le menu **Fichier** → **Exporter**, en sélectionnant le format G-code, et dans la boîte de dialogue contextuelle qui s'ouvrira, en sélectionnant un post processeur adapté à votre machine.

Il existe de nombreuses applications disponibles pour simuler l'usinage réel, l'une d'entre elles étant également multi-plate-forme et open-source, comme FreeCAD, est [Camotics](#).

Téléchargements

- Le fichier STL généré dans cet exercice:
<https://github.com/yorikvanhavre/FreeCADmanual/blob/master/files/lego.stl>
- Le fichier généré lors de cet exercice:
<https://github.com/yorikvanhavre/FreeCADmanual/blob/master/files/path.FCStd>
- Le fichier G-code généré dans cet exercice:
<https://github.com/yorikvanhavre/FreeCADmanual/blob/master/files/lego.gcode>

Lire plus d'informations

- L'atelier Mesh: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Mesh_Module
- Le format de fichier STL: https://en.wikipedia.org/wiki/STL_%28file_format%29
- Slic3r: <http://slic3r.org/>
- Cura: <https://ultimaker.com/fr/products/cura-software>
- L'atelier Cura: <https://github.com/cblt2l/FreeCAD-CuraEngine-Plugin>
- L'atelier Path : http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Path_atelier
- Camotics: <http://camotics.org/>

1-3-6 Génération de dessins 2D

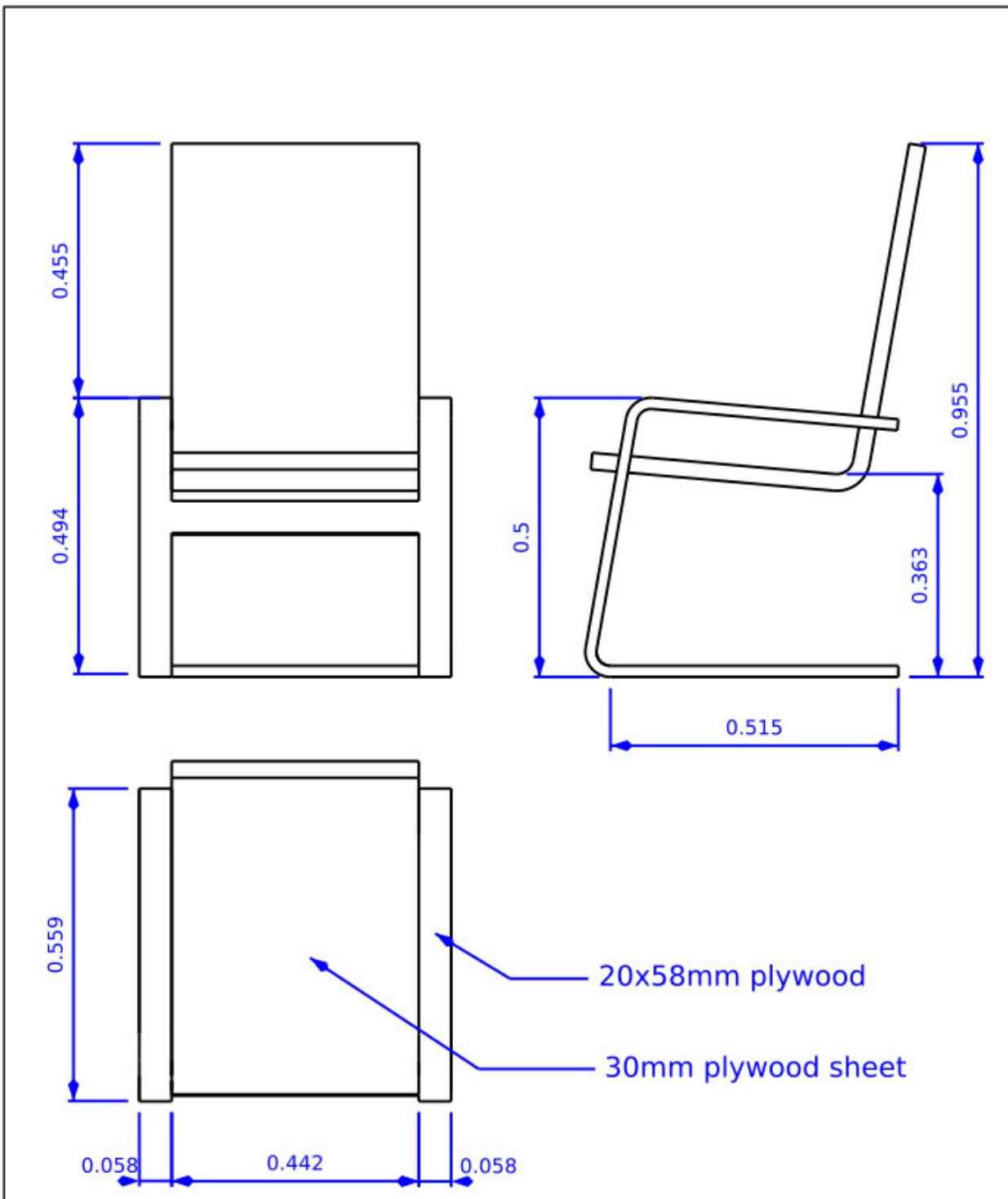
Lorsque votre modèle ne peut pas être imprimé ou usiné directement par une machine, par exemple il est trop grand (un bâtiment), ou il faut un assemblage manuel après la préparation des pièces, vous aurez généralement besoin d'expliquer à une autre personne comment faire cela. Dans les domaines techniques (ingénierie, architecture, etc), cela se fait généralement avec des dessins qui expliqueront comment faire, qui sont remis à la personne responsable de l'assemblage du produit final.

Les exemples typiques sont les instructions Ikea ([Ikea instructions](#)), les dessins d'architecture ([architectural drawings](#)) ou les plans ([blueprints](#)). Ces dessins contiennent généralement non seulement le dessin lui-même, mais aussi de nombreuses annotations, telles que les textes, dimensions, chiffres, symboles qui aideront les autres à comprendre ce qui doit être fait et comment.

Dans FreeCAD, l'atelier chargé de faire de tels dessins est l'atelier Dessin ([Drawing Workbench](#)).

L'atelier Dessin vous permet de créer des feuilles de dessin qui peuvent être vierges, ou d'utiliser un modèle pré-défini pour avoir déjà une série d'éléments sur la feuille, tels que les bordures et le titre. Sur ces feuilles, vous pouvez ensuite placer les vues des objets 3D que vous avez modélisés précédemment et configurer comment ces vues doivent apparaître sur la feuille. Enfin, grâce à un greffon ([addon](#)) appelé atelier de Dimensionnement de Dessin ([Drawing Dimensioning Workbench](#)), vous pouvez également placer toutes sortes d'annotations sur la feuille, telles que dimensions, textes et autres symboles habituels couramment utilisés dans les dessins techniques.

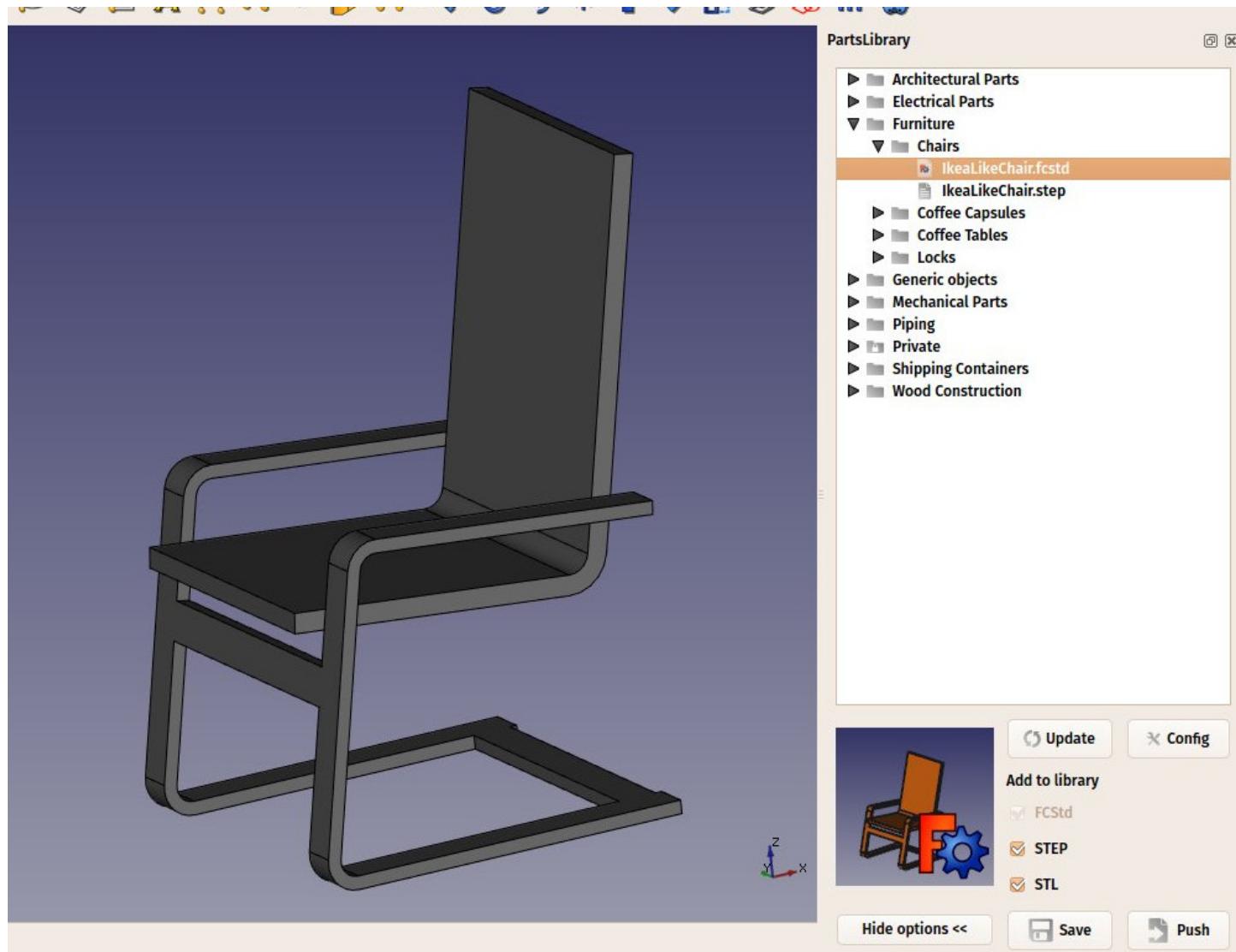
Les feuilles de dessin, une fois complétées, peuvent être imprimées ou exportées sous forme de fichiers [SVG](#), [PDF](#) ou [DXF](#).



Created by: Yorik van Havre	Title: My chair			
Supplementary information:		Size: A4	Sheet: 1 / 1	Scale: 1:10
Entirely designed with FreeCAD!			Part number: 01	Drawing number: 01
		Date: 31.01.2016	Revision: REV A	

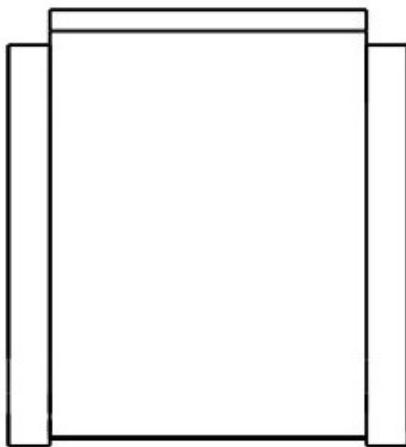
Dans l'exercice suivant, nous verrons comment créer un dessin simple d'un modèle de chaise trouvé dans la bibliothèque FreeCAD ([FreeCAD library](#)) en allant dans **Meubles -> Chaises -> IkeaChair**. La bibliothèque FreeCAD peut facilement être ajoutée à votre installation FreeCAD (reportez-vous au chapitre d'installation de ce manuel), ou vous pouvez télécharger simplement le modèle à partir de la page Web de la bibliothèque ou via le lien direct fourni au bas de ce chapitre.

- Chargez le fichier IkeaChair à partir de la bibliothèque. Vous pouvez choisir entre la version .FCStd, qui chargera l'historique de la modélisation complète, ou la version .step, qui ne créera qu'un seul Objet, sans l'historique. Comme nous n'aurons plus besoin de modéliser maintenant, il est préférable de choisir la version .step, car le fichier sera plus facile à manipuler.



- Passer à l'atelier Dessin ([Drawing Workbench](#))
- Appuyez sur la petite flèche à côté du bouton Nouvelle page de dessin ([New Drawing Page](#)).
- Sélectionnez le modèle **A4 Portrait / ISO7200**. Un nouvel onglet s'ouvre dans votre fenêtre FreeCAD, montrant la nouvelle page.
- Dans l'arborescence (ou dans l'onglet modèle), sélectionnez le modèle de la chaise.
- Appuyez sur le bouton Insérer une vue ([Insert view](#)).

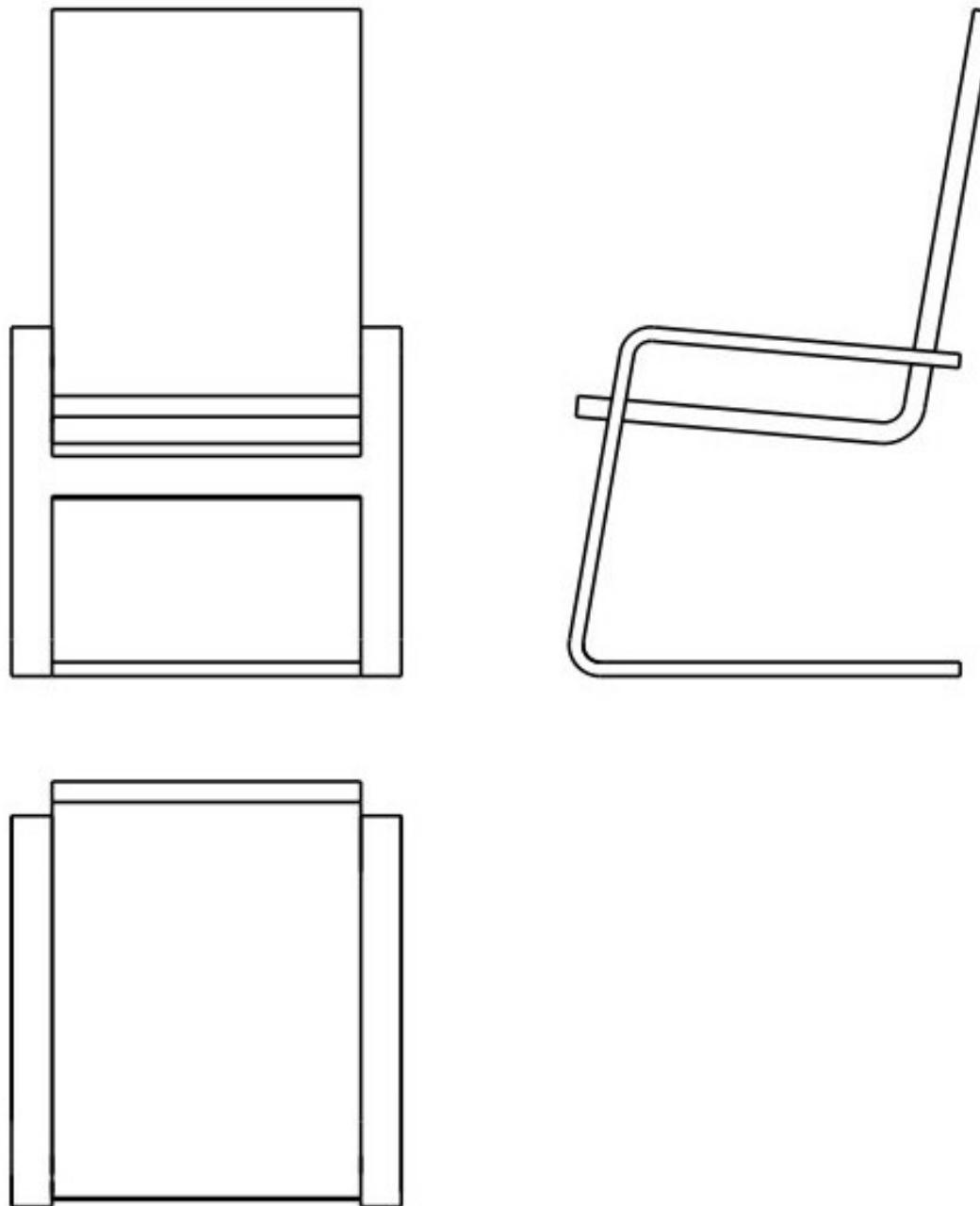
- Un objet Vue sera créé sur notre page. Donner à la vue les propriétés suivantes :
 - X: 100
 - Y: 150
 - Échelle: 0,1
 - Rotation: 270
- Nous avons maintenant une belle vue de dessus (qui est la projection par défaut) de notre chaise :



Created by: AUTHOR NAME	Title: DRAWING TITLE			
Supplementary information: FreeCAD DRAWING		Size: A4	Sheet: X / Y	Scale: SCALE
		Part number: PN		
		Drawing number: DN		
		Date:  DD/MM/YYYY		Revision: REV A

- Répétez l'opération deux fois pour créer deux autres vues. Nous allons définir leurs valeurs X et Y, qui indiquent la position de la vue sur la page, afin de les distinguer de la vue de dessus, et leur orientation, pour créer différentes orientations de vue. Donnez à chaque nouvelle vue les propriétés suivantes :
 - Vue001 (vue de face) : X: 100, Y: 130, échelle: 0.1, Rotation: 90, direction: (-1,0,0)
 - Vue002 (vue latérale) : X: 180, Y: 130, échelle: 0.1, Rotation: 90, direction: (0, -1,0)

- Nous obtenons alors la page suivante :

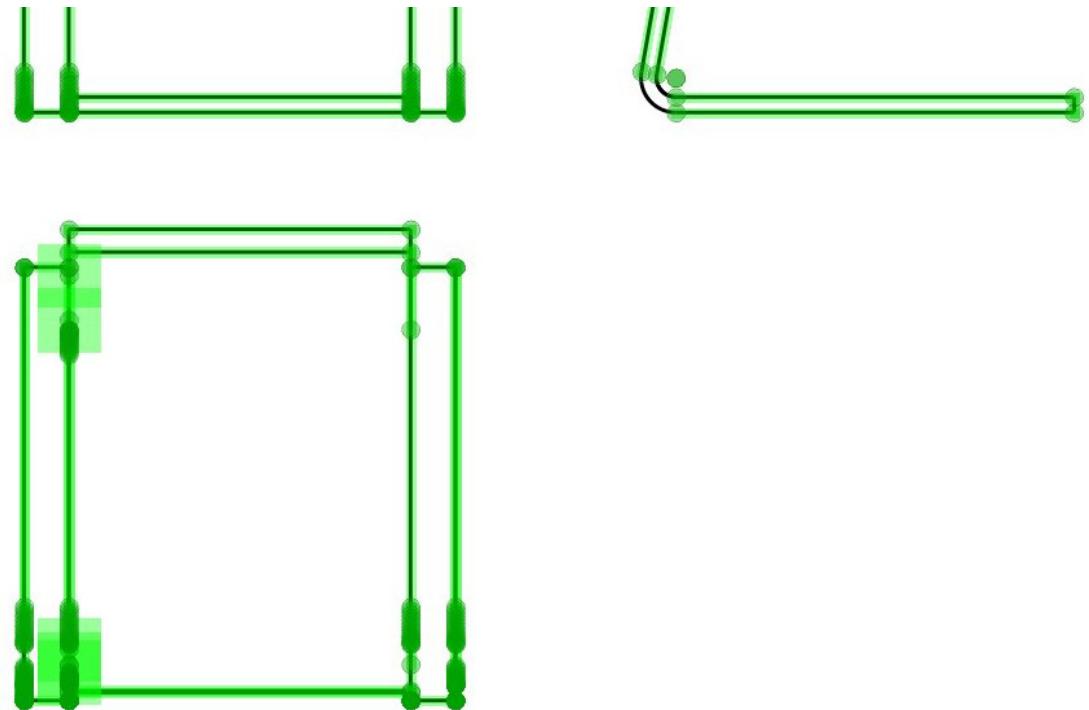


- Nous pouvons régler un peu l'apparence de nos vues si nous voulons, par exemple nous pouvons régler leur propriété Largeur de trait à 0,5.

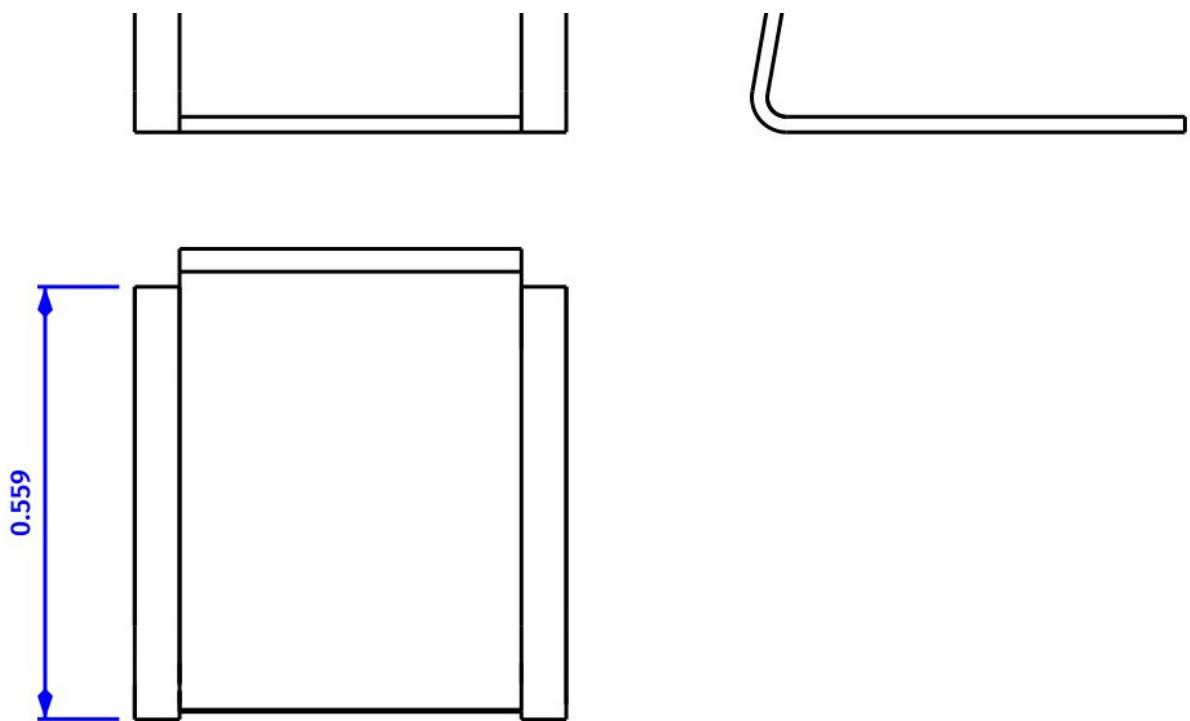
Nous allons maintenant placer des dimensions et des indications sur notre dessin. Il existe deux façons d'ajouter les dimensions d'un modèle, l'une consistant à placer les dimensions dans le modèle 3D en utilisant l'outil de dimensionnement de l'atelier Draft ([Dimension](#)), puis à montrer ces dimensions sur notre dessin avec l'outil [Draft View](#) (qui peut être utilisé avec une seule dimension ou un groupe contenant des dimensions), ou nous pouvons faire les choses directement sur la feuille de dessin, en utilisant l'atelier

Dimensionnement du Dessin ([Drawing Dimensioning Workbench](#)), qui peut être installé à partir des greffons FreeCAD ([FreeCAD addons](#)). Nous allons utiliser cette dernière méthode.

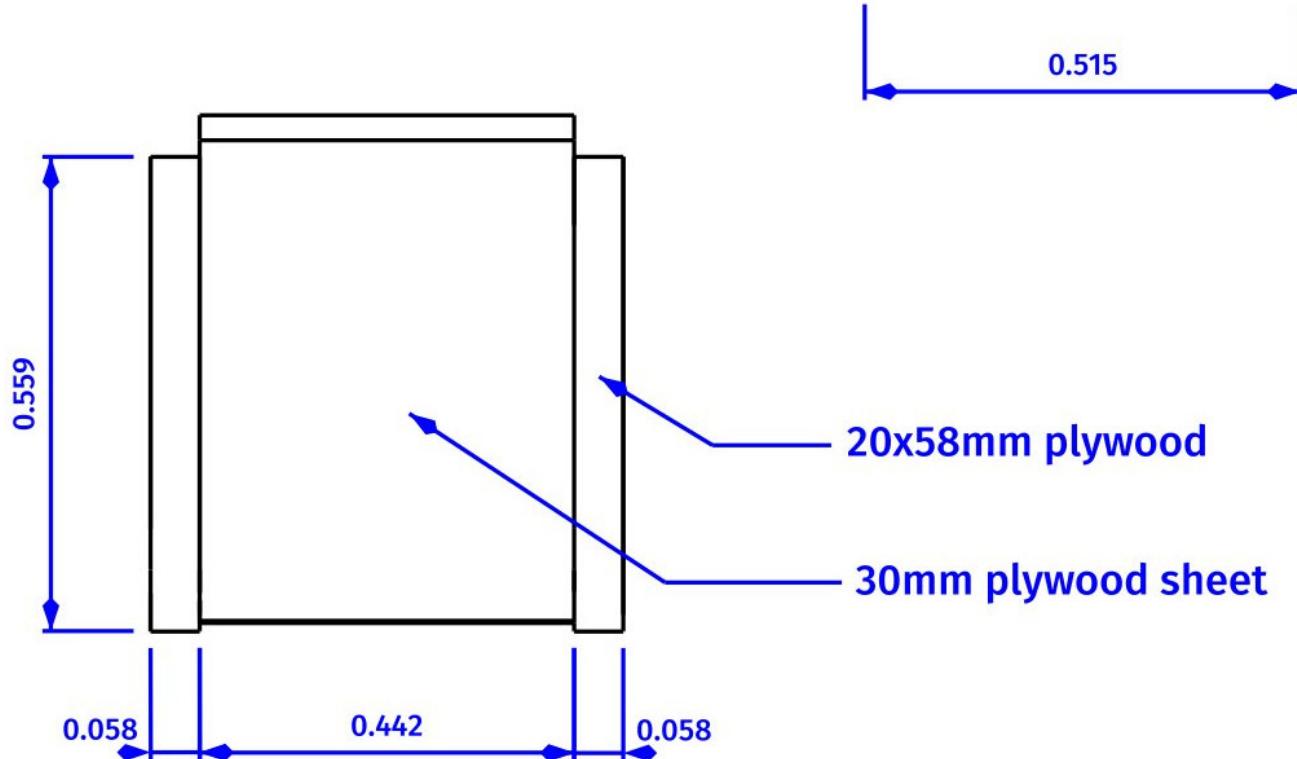
- Passez à l'atelier de dimensionnement du dessin ([Drawing Dimensioning Workbench](#))
- Appuyez sur le bouton **Ajouter une dimension linéaire**. Les nœuds disponibles sont mis en surbrillance en vert sur la page de dessin :



- Cliquez deux de ces points, puis cliquez sur un troisième point pour placer la ligne de cote :



- L'outil Dimension linéaire, comme la plupart des autres outils de dimensionnement du dessin, ne se ferme pas après avoir inscrit la cote, ce qui vous permet de placer plus de dimensions. Quand vous avez terminé, cliquez simplement sur le bouton **Fermer** dans le panneau de tâches.
- Répétez l'opération, jusqu'à ce que toutes les dimensions que vous souhaitez indiquer soient placées. Prenez une minute pour parcourir les différentes options proposées dans le panneau des tâches pour une dimension linéaire. Par exemple, en désactivant l'option de mise en place automatique, vous pourrez placer le texte de la dimension ailleurs, comme sur l'image ci-dessous :



- Nous allons maintenant placer deux indications, en utilisant l'outil **Symboles Soudure/Stries**, en sélectionnant celui par défaut (sans symbole de stries). Dessinez les deux lignes comme sur l'image ci-dessus.
- Placez maintenant deux textes à l'aide de l'outil **Ajouter un texte** et modifiez leur propriété **texte** selon vos désirs.
- Notre dessin est maintenant terminé, tout ce qu'il reste à faire est de remplir les informations du cartouche. Avec la plupart des modèles FreeCAD par défaut, cela peut se faire facilement, en modifiant la propriété **Editables Texts** de la page.

Notre page peut maintenant être exportée au format **SVG** pour être plus développée dans des applications graphiques comme [inkscape](#), ou au format **DXF** en sélectionnant menu **Fichier -> Exporter**. L'atelier Dimensionnement du dessin dispose également de son propre outil d'**exportation DXF**, qui prend également en charge les annotations ajoutées avec cet atelier. Le format DXF est reconnu dans presque toutes les applications de CAO 2D existantes. Les pages de dessin peuvent également être directement imprimées ou exportées vers PDF.

Téléchargements

- Le modèle de la chaise:
<https://github.com/FreeCAD/FreeCADlibrary/Blob/master/Furniture/Chairs/IkeaLikeChair.step>

- Le fichier créé lors de cet exercice:
<https://github.com/yorikvanhavre/FreeCADmanual/blob/master/files/drawing.FCStd>
- La feuille SVG produite à partir de ce fichier:
<https://github.com/yorikvanhavre/FreeCADmanual/blob/master/files/drawing.svg>

Lire plus d'informations

- L'atelier Drawing: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?Title=Drawing_Module
- L'atelier de dimensionnement: Https://github.com/hamish2014/FreeCAD_drawing_dimensioning
- La bibliothèque FreeCAD: <https://github.com/FreeCAD/FreeCAD-library>
- Inkscape: <http://www.inkscape.org>

1-3-7 Modélisation BIM

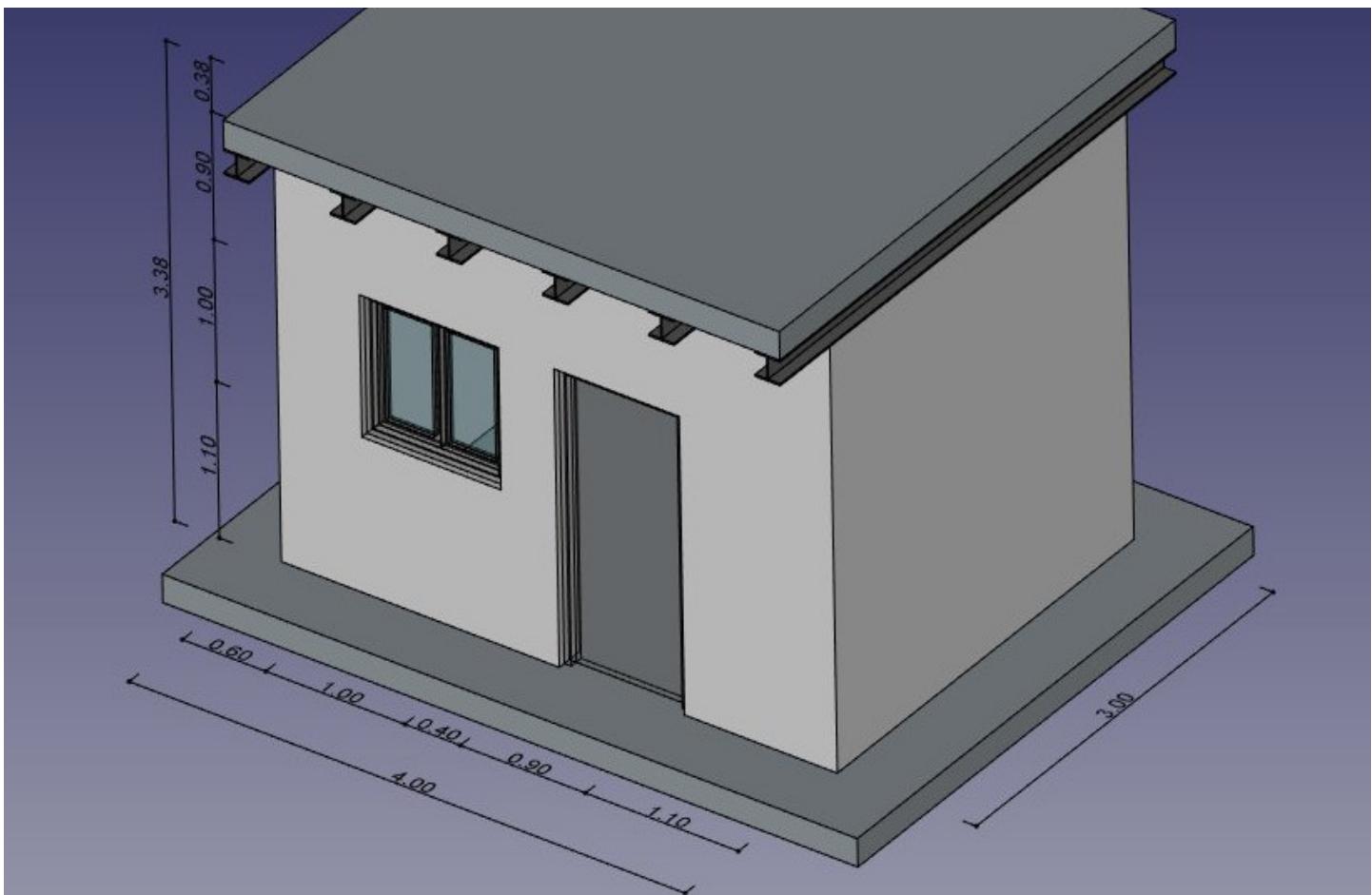
BIM signifie la modélisation de l'information sur le bâtiment ([Building Information Modeling](#)). La définition exacte est « ce qui varie », mais on peut dire simplement que les bâtiments et autres grandes structures comme les ponts, les tunnels, etc. sont aujourd'hui modélisés. Les modèles BIM sont généralement basés sur des modèles 3D et comprennent également une série de couches supplémentaires d'informations, telles que l'information sur les matériaux, les relations avec d'autres objets ou modèles, ou des instructions spéciales pour la construction ou la maintenance. Cette information supplémentaire permet toutes sortes d'analyses avancées du modèle, telles que la résistance structurelle, les estimations du coût et du temps de construction, ou les calculs de la consommation d'énergie.

L'atelier Arch ([Arch Workbench](#)) de FreeCAD met en œuvre une série d'outils et d'installations pour la modélisation BIM. Bien qu'il ait un but différent, il est conçu pour fonctionner dans une intégration étroite avec le reste de FreeCAD : Tout ce qui est fait avec n'importe quel autre atelier de FreeCAD peut devenir un objet Arch ou être utilisé comme base pour un objet Arch.

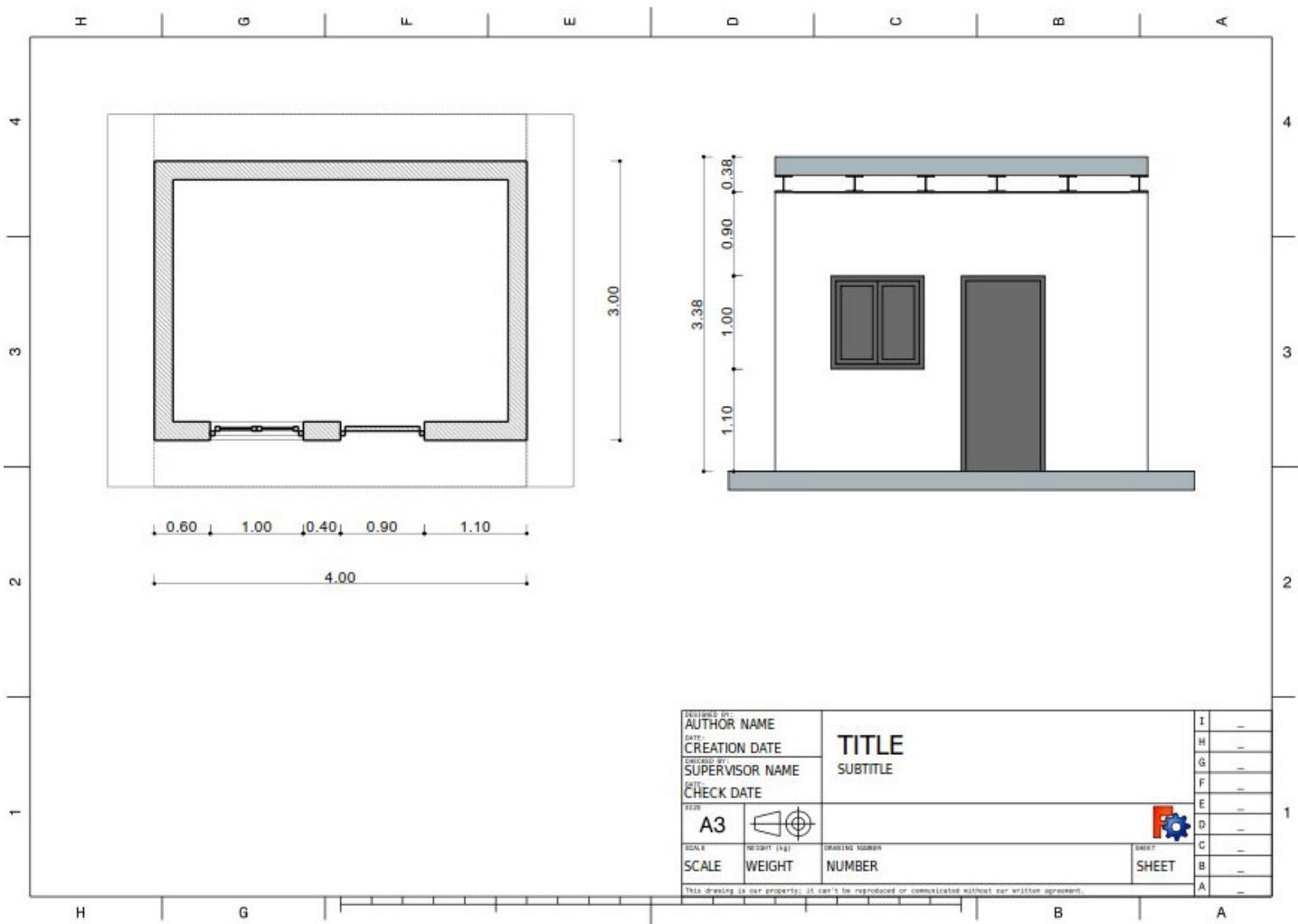
Comme dans l'atelier PartDesign ([PartDesign Workbench](#)), les objets produits par l'atelier Arch sont destinés à être construits dans le monde réel. Par conséquent, ils doivent être des solides. Les outils de l'atelier Arch s'occupent généralement de cela automatiquement, et fournissent également des outils utiles pour vous aider à vérifier la validité des objets.

L'atelier Arch comprend également tous les outils de l'atelier Draft ([Draft Workbench](#)), et utilise son réseau et son système d'accrochage. Avant de commencer, il est toujours recommandé de parcourir les pages de préférences de Draft et Arch et de configurer les paramètres par défaut à votre convenance.

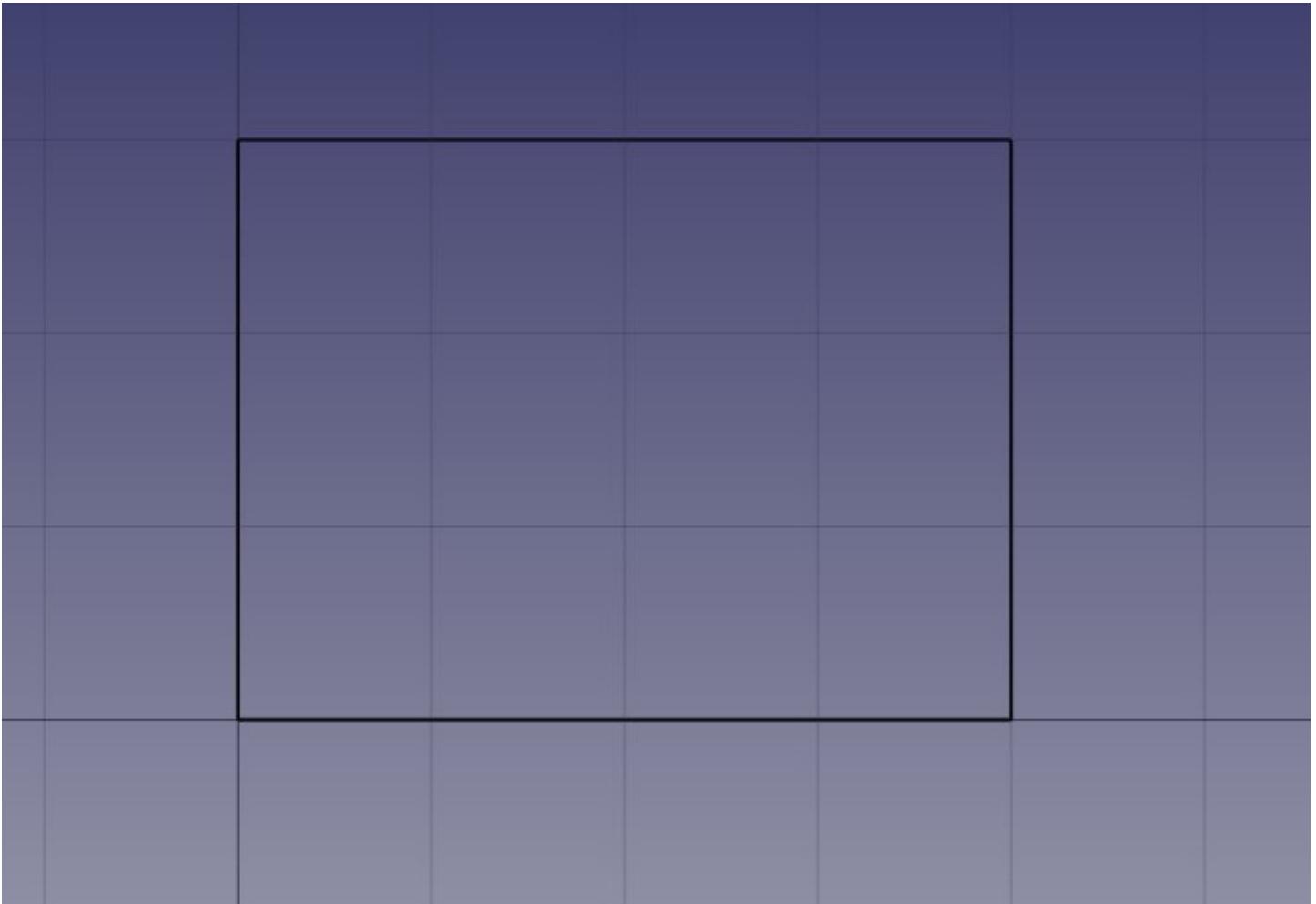
Dans ce chapitre, nous verrons comment modéliser ce petit bâtiment :



Et produire un plan et une vue en coupe de celui-ci :

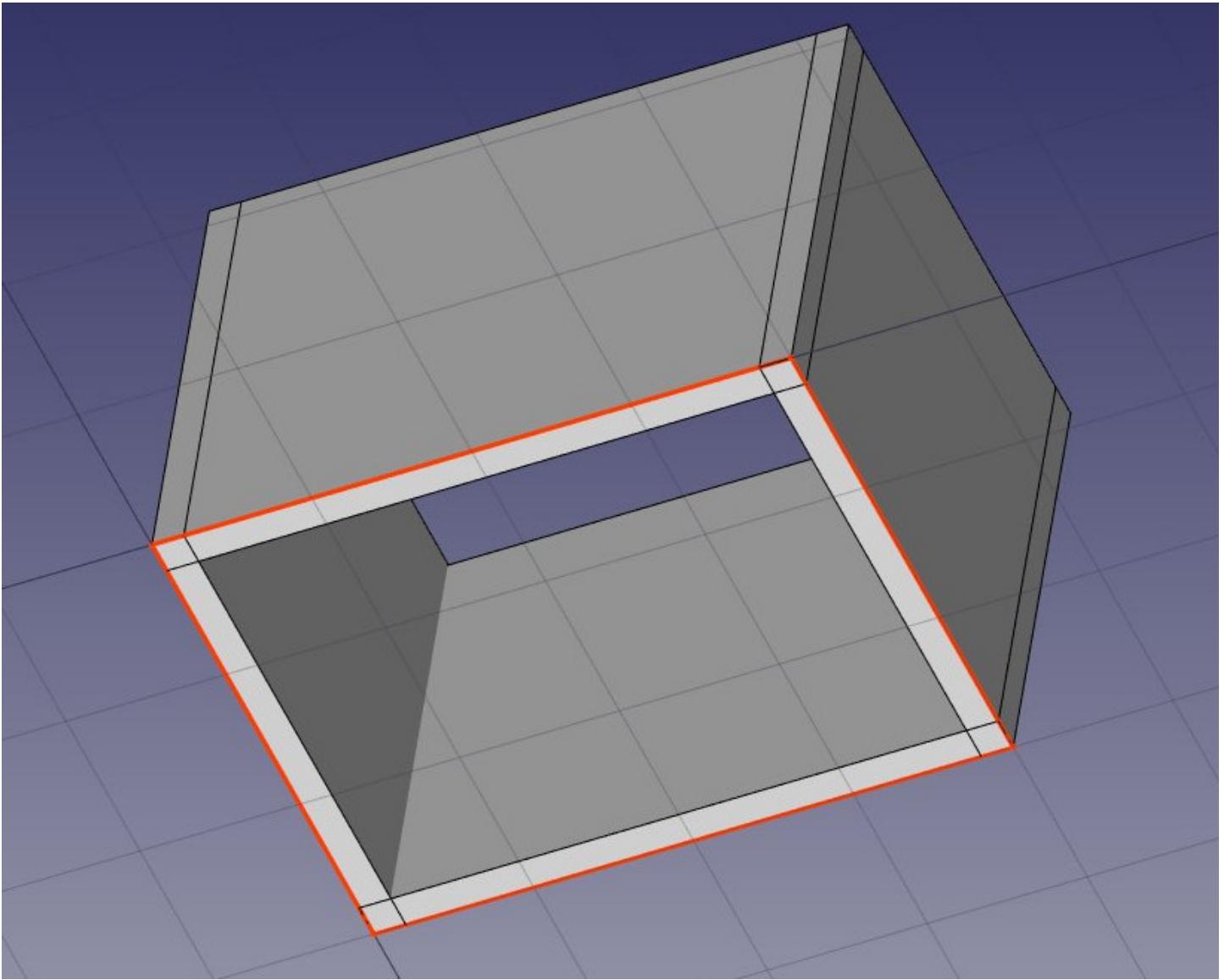


- Créez un nouveau document et passez à l'atelier Arch ([Arch Workbench](#)).
- Ouvrez le menu **Editer -> Préférences -> Draft -> Grille et Accrochage** et réglez le paramètre **d'espacement de la grille** à 1000 mm, donc nous avons une grille d'un mètre, ce qui sera pratique pour la taille de notre bâtiment.
- Sur la barre d'outils Accrochage, assurez-vous que le bouton Accrochage automatique ([grid snap](#)) de la grille soit activé, afin que nous puissions utiliser la grille autant que possible.
- Réglez le plan de travail ([Working Plane](#)) sur le plan **XY**.
- Dessinez quatre lignes avec l'outil Ligne de Draft ([Draft Line](#)). Vous pouvez entrer les coordonnées manuellement ou simplement sélectionner les points sur la grille avec la souris :
 - Du point (0,0) au point (0,3)
 - Du point (0,3) au point (4,3)
 - Du point (4,3) au point (4,0)
 - Du point (4,0) au point (0,0)



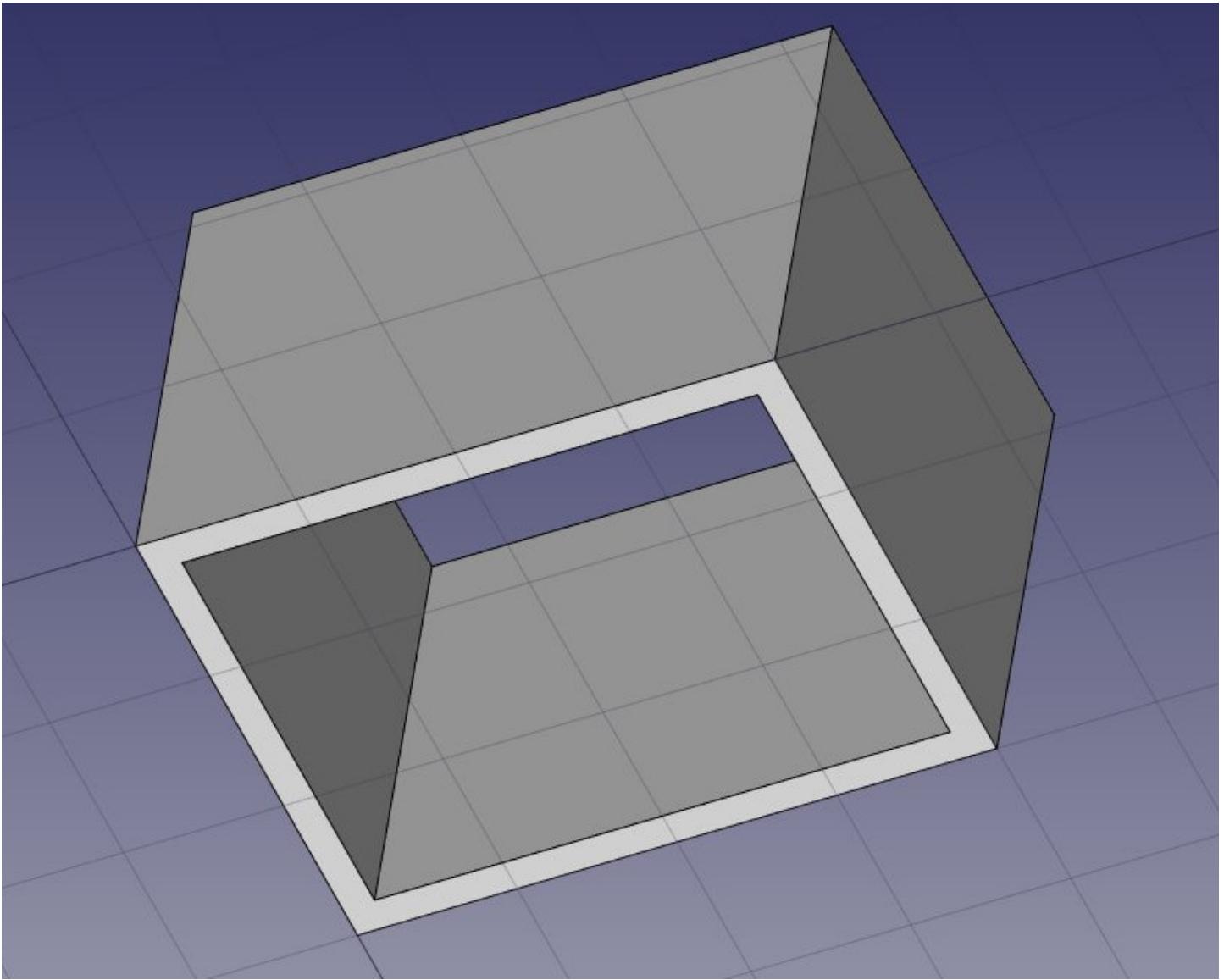
Notez que nous avons toujours dessiné dans la même direction (dans le sens des aiguilles d'une montre). Cela n'est pas nécessaire, mais cela veillera à ce que les murs que nous construirons à la suite ont tous les mêmes directions gauche et droite. Vous pourriez également penser que nous pourrions simplement avoir tracé un rectangle ici, ce qui est vrai. Mais les quatre lignes nous permettront d'illustrer mieux comment ajouter un objet à un autre.

- Sélectionnez la première ligne, puis appuyez sur le bouton Mur ( [Wall](#)).
- Répétez ceci pour les 3 autres lignes, jusqu'à ce que vous ayez 4 murs.
- Sélectionnez les quatre murs et définissez leur propriété **Hauteur à 3.00m** et leur propriété **Alignement à gauche**. Si vous n'avez pas dessiné les lignes dans le même ordre que nous l'avons fait plus haut, certains des murs pourraient avoir leurs directions gauche et droite inversées, et il faudra peut-être régler **Alignement à droite**. Vous obtiendrez quatre murs croisés, à l'intérieur des lignes de base :



Maintenant, nous devons joindre ces murs ensemble, de sorte qu'ils se croisent correctement. Ceci n'est pas nécessaire lorsque vos murs sont dessinés d'une manière qu'ils se connectent déjà proprement, mais ici nous devons, car ils se croisent. Dans Arch, cela se fait en élisant l'un des murs pour être le "hôte", et en ajoutant les autres, en tant que «ajouts». Tous les objets d'Arch peuvent avoir n'importe quel nombre d'ajouts (objets dont la géométrie sera ajoutée à la géométrie de l'hôte), et de soustractions (objets dont la géométrie sera soustraite). Les ajouts et soustractions d'un objet peuvent être gérés à tout moment en double-cliquant sur l'objet dans l'arborescence.

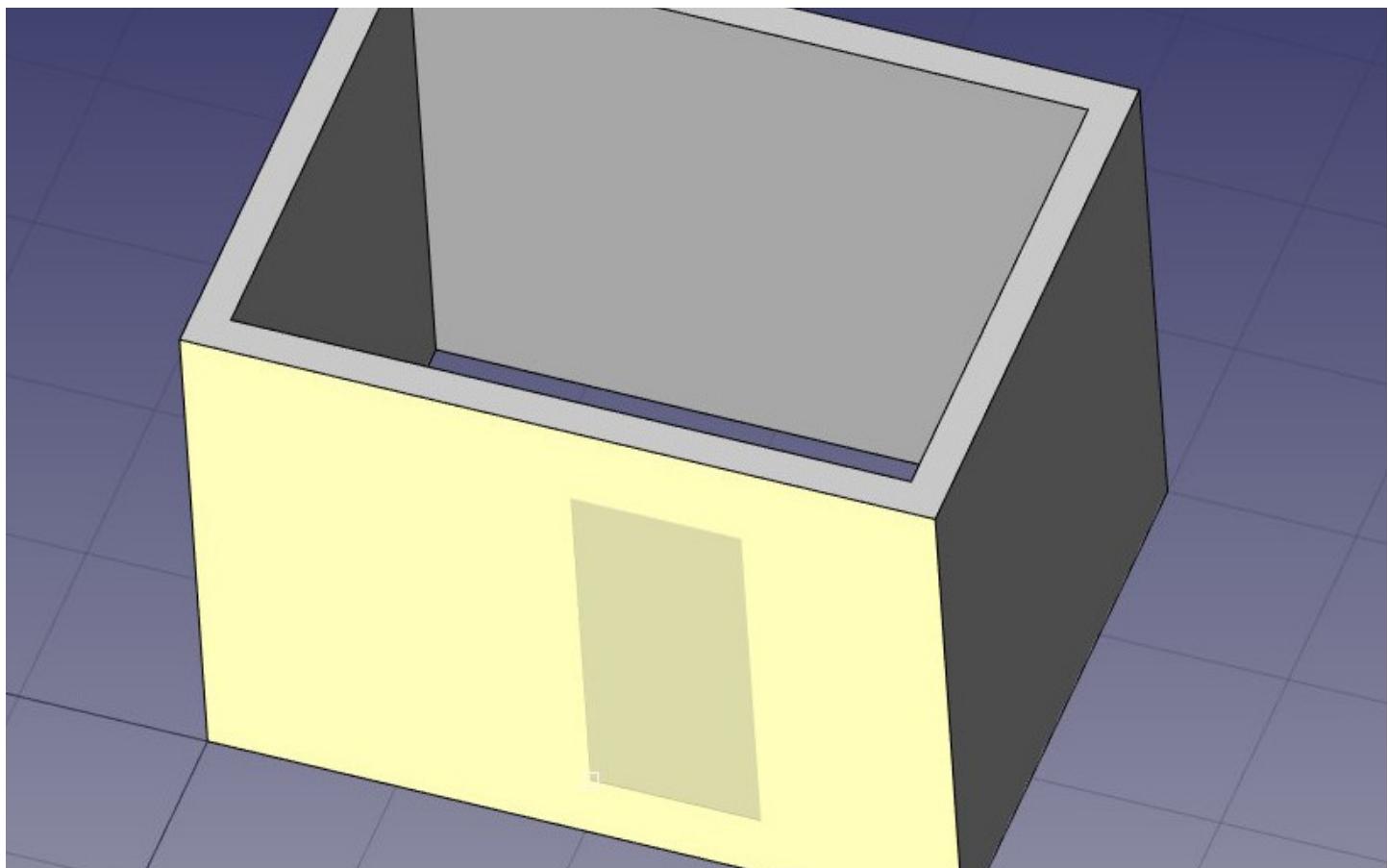
- Sélectionnez les quatre murs en appuyant sur la touche **Ctrl**, le dernier étant le mur que vous avez choisi de devenir l'hôte.
- Appuyez sur le bouton Ajouter ( [Add](#)). Les quatre murs ont maintenant été transformés en un seul :



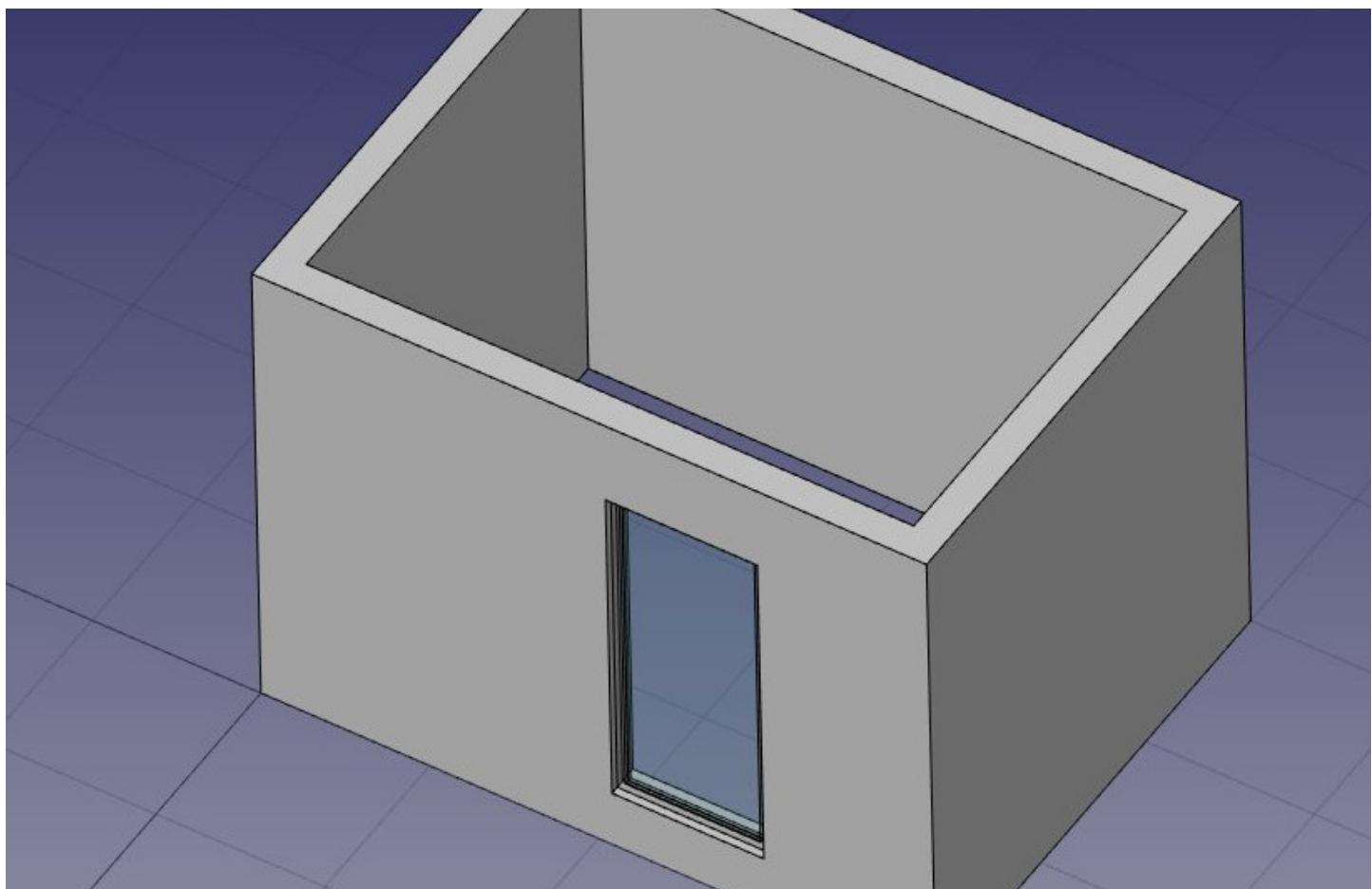
Les parois individuelles sont cependant toujours accessibles, en élargissant le mur dans l'arborescence.

- Plaçons maintenant une porte. Dans FreeCAD, les portes sont considérées comme un cas particulier des fenêtres, ce qui se fait à l'aide de l'outil Fenêtre ([Window](#)).
- Commencez par sélectionner le mur. Ceci n'est pas nécessaire, mais une bonne habitude à prendre. Si un objet est sélectionné lors du démarrage de l'outil Fenêtre, vous forcerez la fenêtre à s'insérer dans cet objet, même si vous placez sur un autre objet.
- Réglez le plan de travail ([Working Plane](#)) sur **auto**, donc nous ne sommes pas restreints au plan de masse.
- Appuyez sur le bouton Fenêtre ( [Window](#)).
- Dans le panneau de création de la fenêtre, sélectionnez la présélection **Porte Simple**, et définissez sa **largeur** à 0,9 m et sa **hauteur** à 2,1 m.
- Assurez-vous que l'option Accrochage proche ( [Near snap](#)) est activée, afin que nous puissions accrocher les objets à des faces.

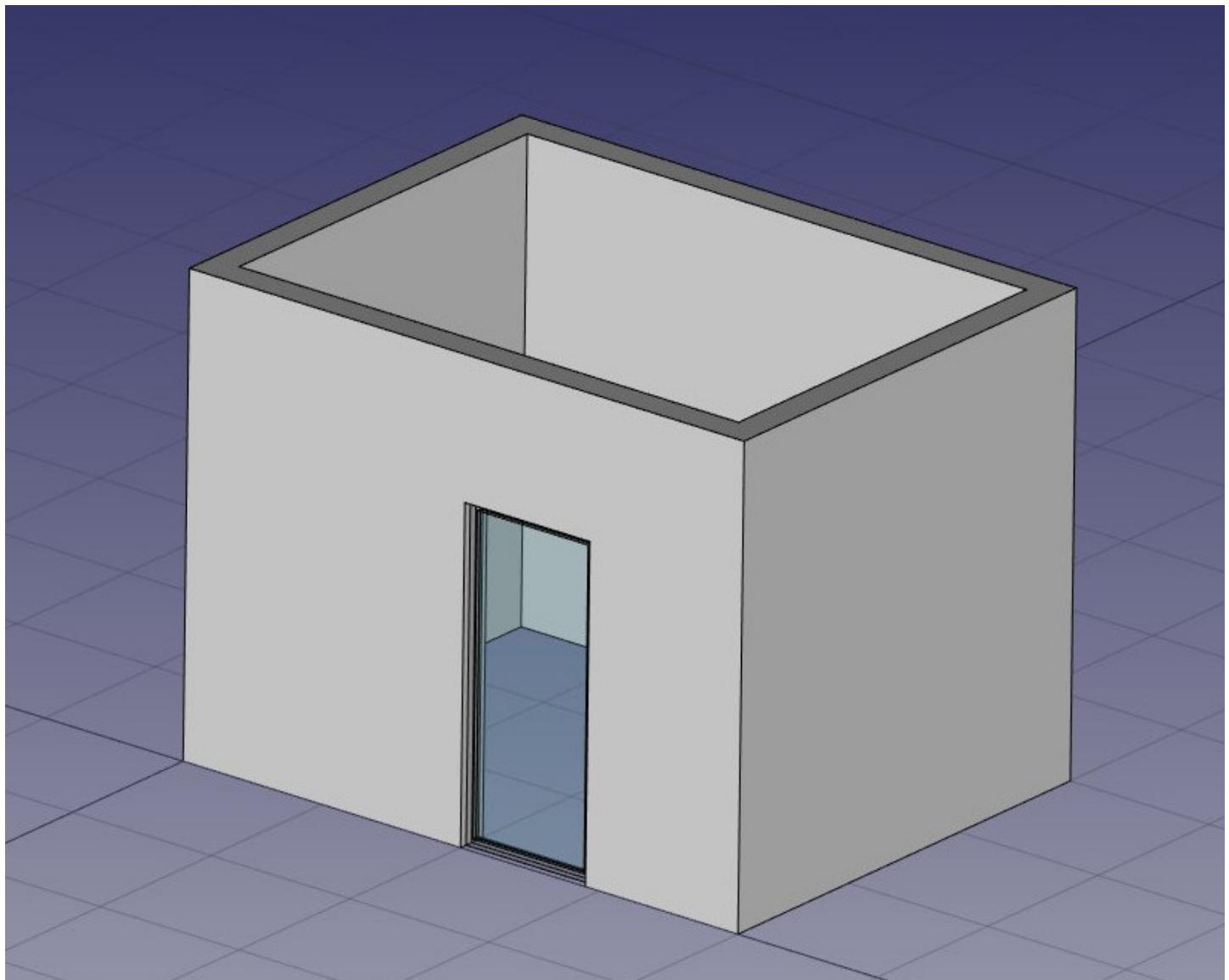
- Placez votre fenêtre à peu près au milieu de la face avant du mur :



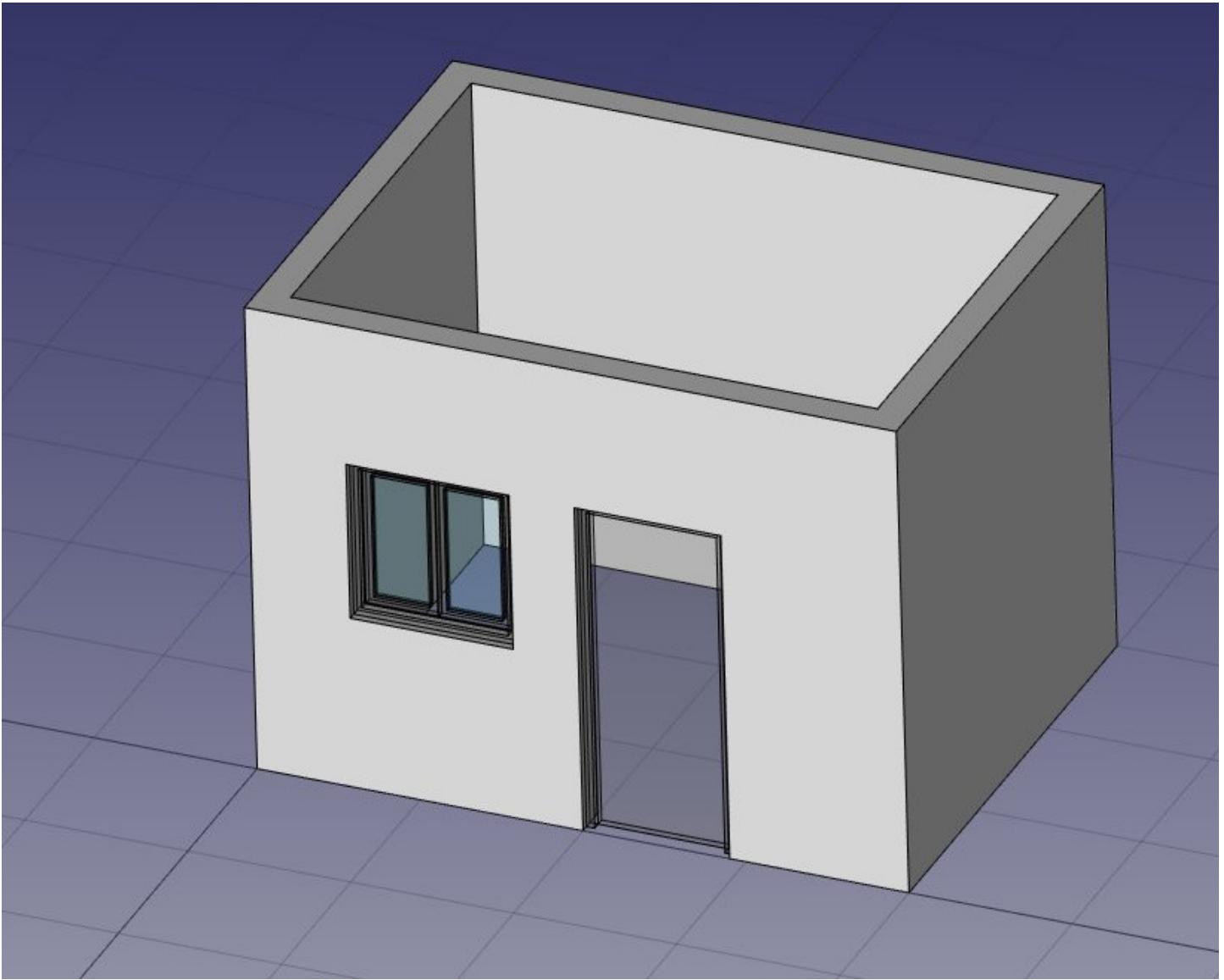
- Après avoir cliqué, notre fenêtre est placée sur la bonne face, mais pas exactement où nous voulons :



- Nous pouvons maintenant définir l'emplacement précis en développant le mur et les objets de la fenêtre dans l'arborescence et en changeant la propriété de placement de l'esquisse de base de notre porte. Réglez sa position sur $x = 2m$, $y = 0$, $z = 0$. Notre fenêtre est maintenant exactement là où nous le voulons :

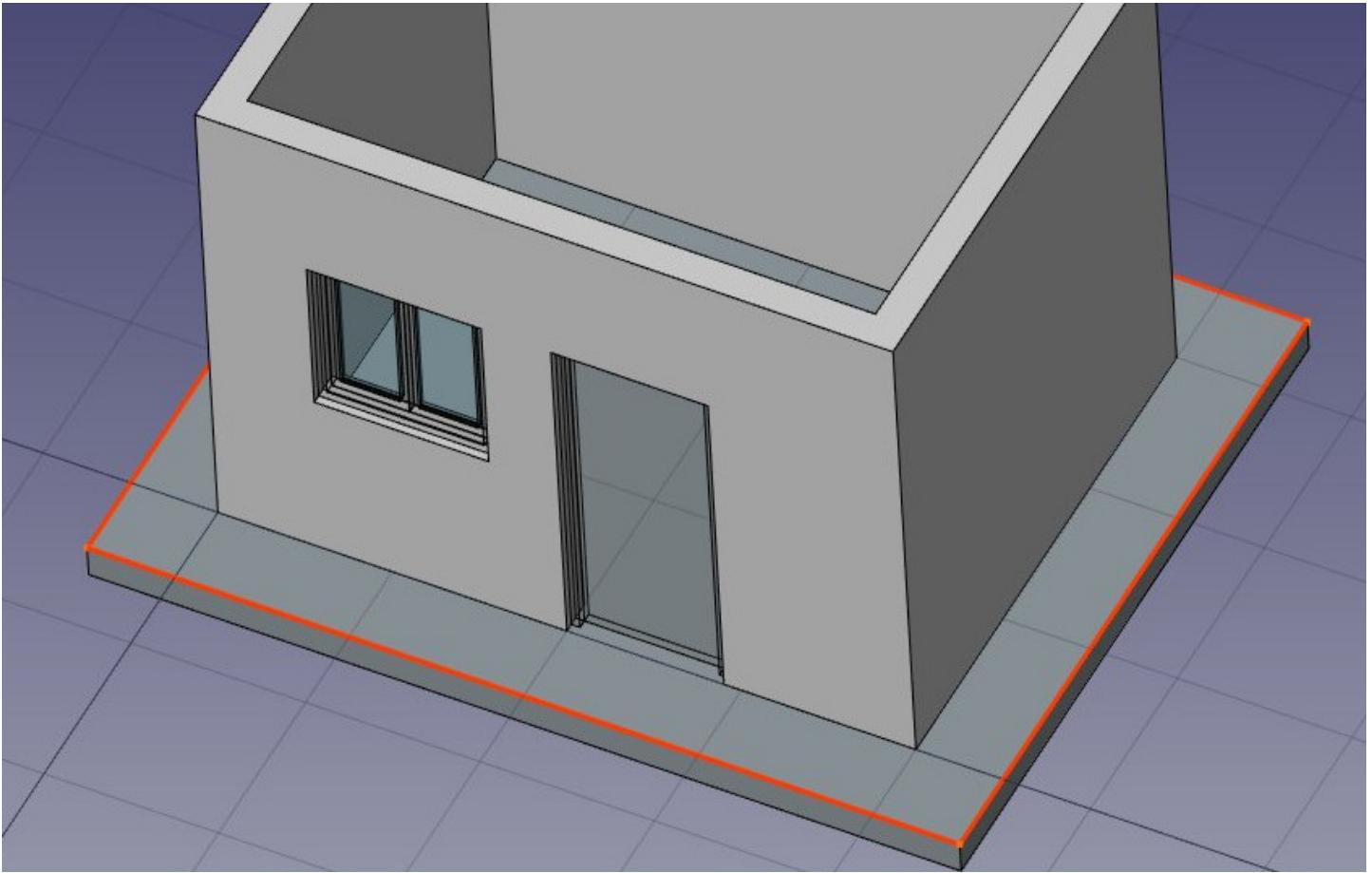


- Répétez l'opération pour placer une fenêtre: sélectionnez le mur, appuyez sur l'outil Fenêtre, sélectionnez le préréglage **Ouvrir 2 volets** et placez une fenêtre de 1 m x 1 m dans la même face que la porte. Réglez le placement de l'esquisse sous-jacente à la position **$x = 0,6m$, $y = 0$, $z = 1,1 m$** , de sorte que la ligne supérieure de la fenêtre soit alignée sur le haut de la porte.

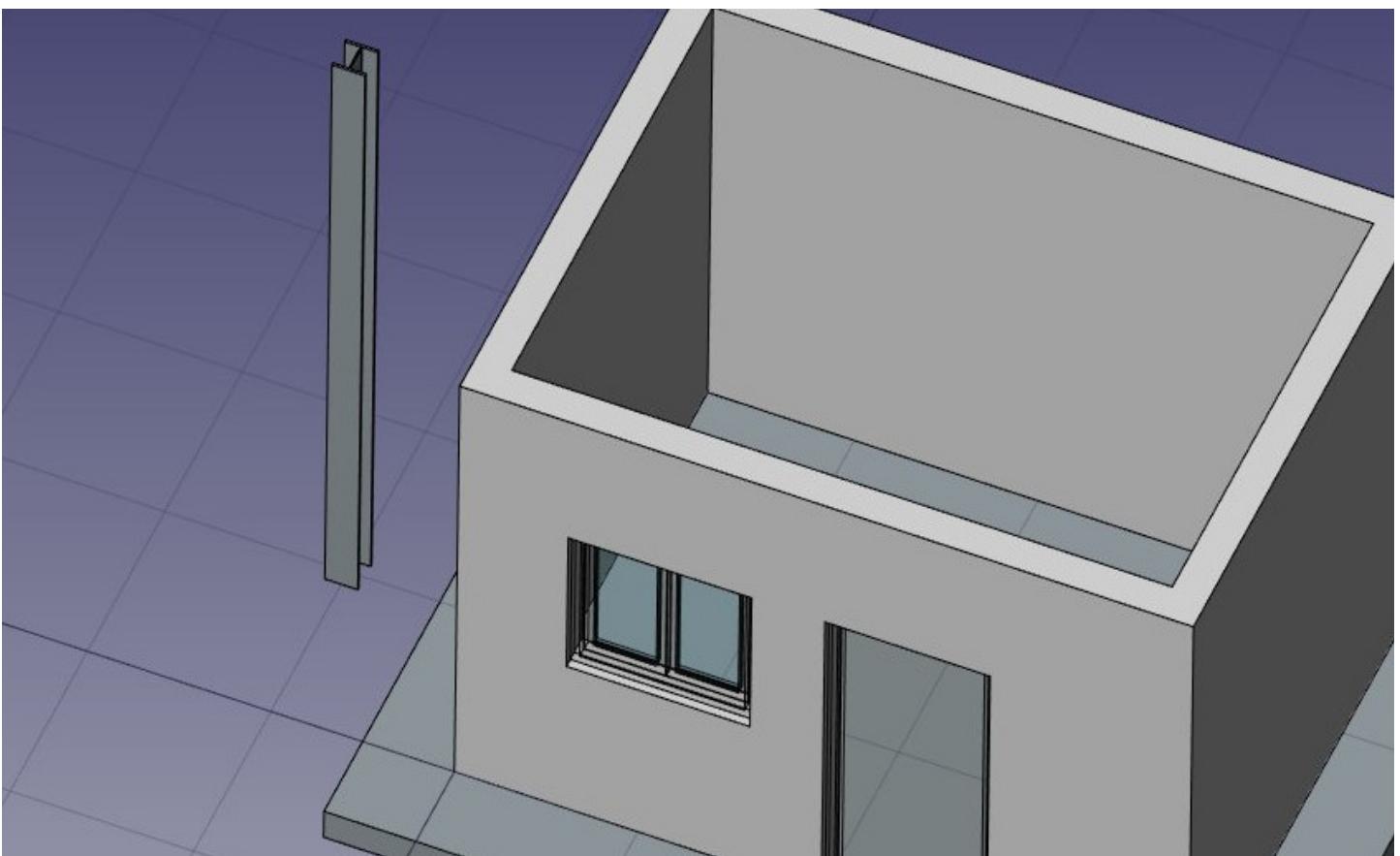


Les fenêtres sont toujours construites sur des esquisses. Il est facile de créer des fenêtres personnalisées en créant d'abord une esquisse sur une face, puis en la transformant en une fenêtre en la sélectionnant, puis en appuyant sur le bouton Fenêtre. Ensuite, les paramètres de création de la fenêtre, c'est-à-dire les lignes de l'esquisse, doivent être extrudés et de plus peuvent être redéfinis en double-cliquant sur la fenêtre dans l'arborescence. Maintenant, créons une dalle :

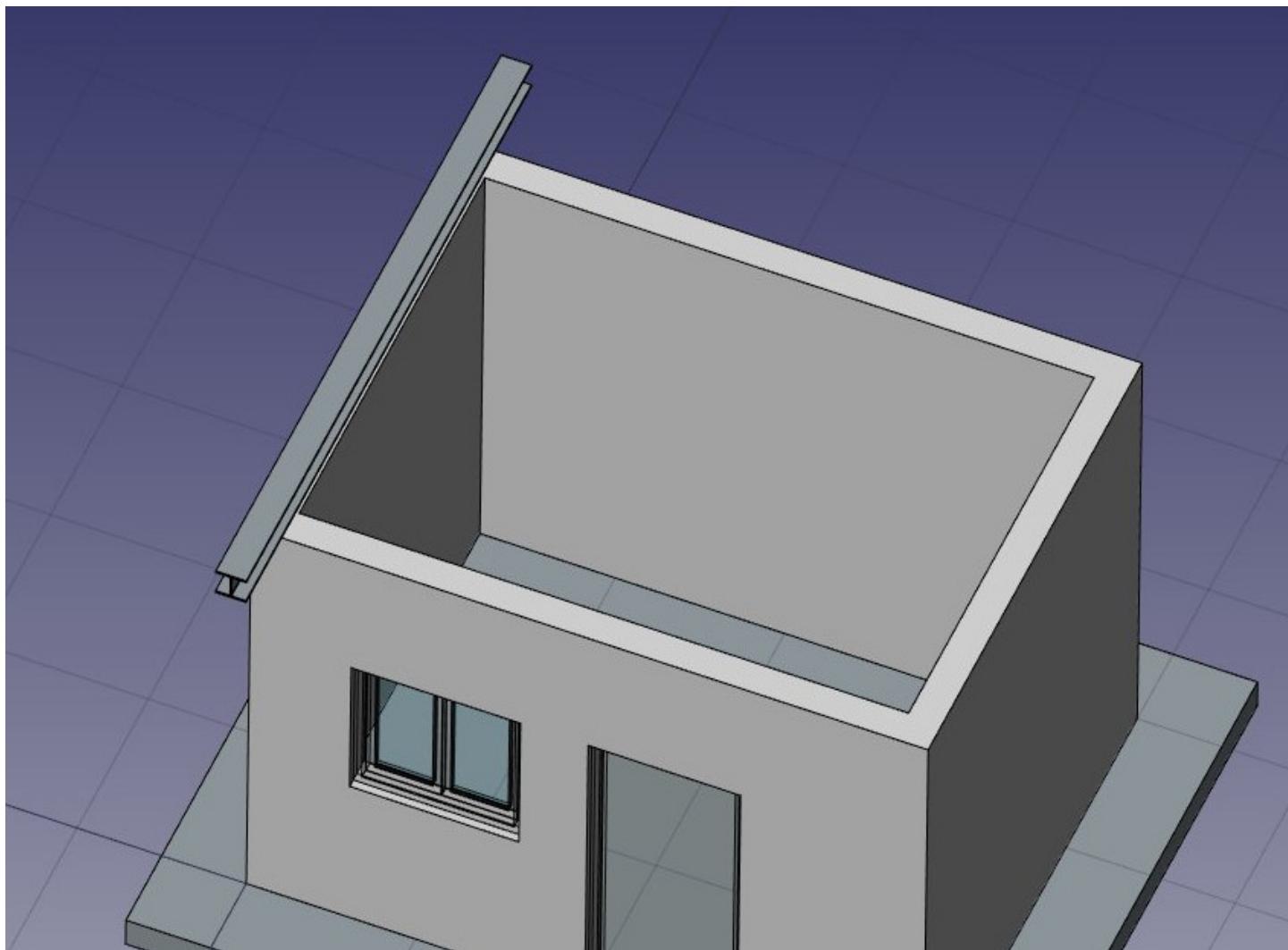
- Réglez le plan de travail ([Working Plane](#)) sur le plan **XY**
- Créez un rectangle ([rectangle](#)) avec une **longueur** de 5m, une **hauteur** de 4m, et placez-le à la position x: -0.5m, y: -0.5m, z: 0.
- Sélectionnez le rectangle.
- Cliquez sur l'outil Structure ([structure](#)) pour créer une dalle à partir du rectangle.
- Réglez la propriété de **hauteur** de la dalle à 0,2 m et sa **direction normale** à (0,0, -1) car nous voulons qu'elle soit extrudée vers le bas. Nous pourrions aussi simplement l'avoir déplacée de 0,2 m vers le bas, mais il est toujours recommandé de conserver les objets extrudés au même endroit que leur profil de base.
- Définissez la propriété **Rôle** de la dalle sur **dalle**. Ceci n'est pas nécessaire dans FreeCAD, mais il est important pour l'exportation IFC, car il garantira que l'objet est exporté avec le type IFC correct.



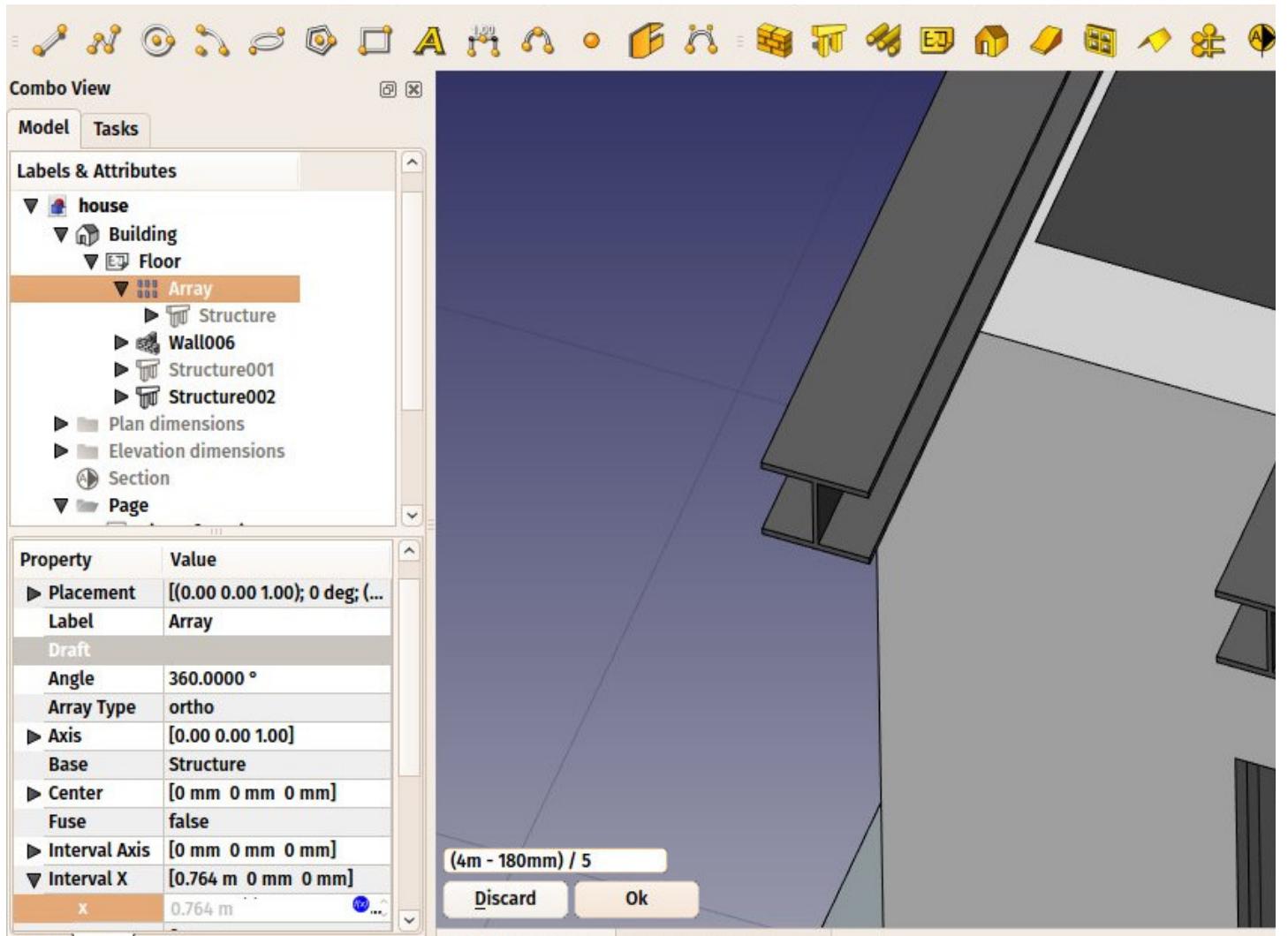
- Utilisons maintenant l'une des présélections structurelles pour créer une poutre métallique. Cliquez sur le bouton Structure ([structure](#)), sélectionnez un prérglage **HEB 180** et définissez sa hauteur à 4m. Placez-le n'importe où :



- Réglez son emplacement en ajustant sa rotation à 90 ° dans l'axe (1,0,0), et sa position sur x: 90 mm, y: 3,5 m, z: 3,09 m. Cela positionnera la poutre exactement sur l'une des parois latérales :



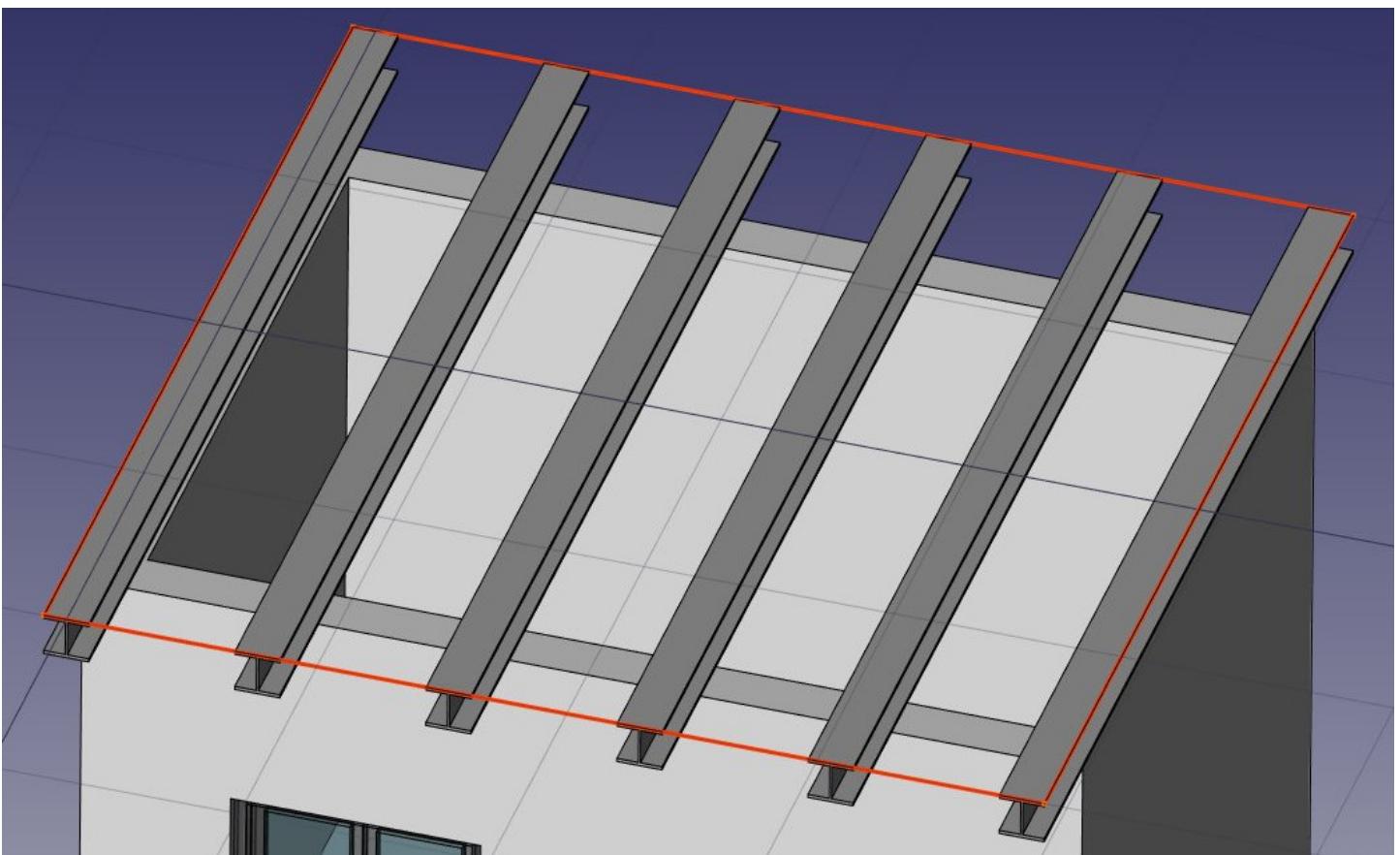
- Nous devons maintenant dupliquer cette poutre plusieurs fois. Nous pourrions le faire une par une en utilisant l'outil de **clonage** ([clone](#)), mais il y a une meilleure façon de faire toutes les copies à la fois en utilisant une copie en réseau :
- Sélectionnez la poutre
- Appuyez sur le bouton Réseau ([Array](#))
- Réglez la propriété **Nombre X** du tableau sur **6**, laissez les nombres **Y** et **Z** à **1**
- Développez la propriété d'**intervalle X** et appuyez sur la petite icône d'expression ([expression](#)) située sur le côté droit du champ **X**. Cela ouvrira un éditeur d'expressions ([expressions editor](#)) :



- Ecrivez **(4m-180mm)/5** dans le champ d'expression, et appuyez sur **OK**. Cela définira la valeur x à 0.764 (4m est la longueur totale de notre paroi avant, 180mm est la largeur de la poutre, c'est pourquoi elle s'appelle HEB180, et nous voulons un cinquième de cet espace comme intervalle entre chaque poutre) :



- Nous pouvons maintenant construire facilement une dalle simple sur le dessus, en dessinant un rectangle directement sur le plan supérieur des poutres. Sélectionnez une face supérieure d'une des poutres.
- Appuyez sur le bouton Plan de travail (working plane). Le plan de travail est maintenant réglé sur cette face.
- Créez un rectangle (rectangle), en l'accrochant sur deux points opposés des poutres frontières :

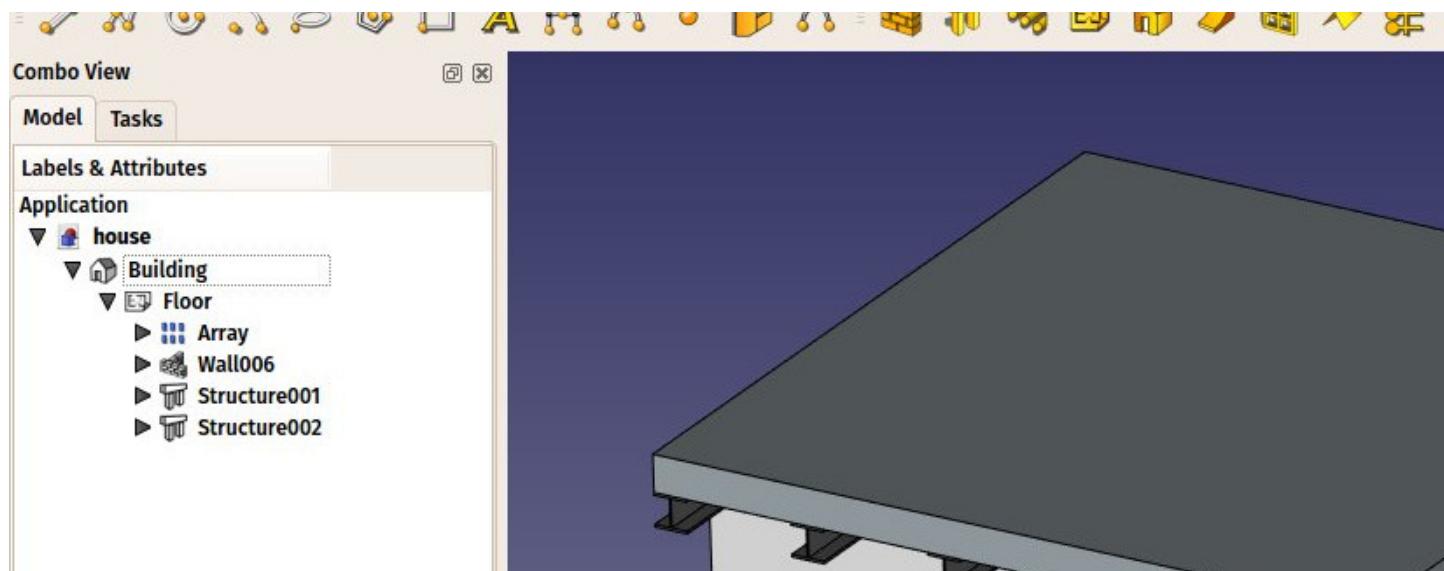


- Sélectionnez le rectangle.
- Cliquez sur le bouton structure ( [structure](#)) et créez une dalle avec une hauteur de 0,2 m.

Voilà, notre modèle est maintenant terminé. Nous devrions maintenant l'organiser afin qu'il s'exporte correctement vers IFC. Le format IFC exige que tous les objets d'un bâtiment se trouvent à l'intérieur d'un objet de construction, et éventuellement dans un historique. Il exige également que tous les bâtiments soient placés sur un site, mais l'exportateur IFC de FreeCAD ajoutera automatiquement un site par défaut si nécessaire, donc nous n'avons pas besoin d'en ajouter un ici.

- Sélectionnez les deux dalles, le mur et le réseau de poutres.
- Appuyez sur le bouton Plancher ( [Floor](#)).
- Sélectionnez le plancher que nous venons de créer.
- Appuyez sur le bouton **Unité de construction** ( [Building](#)).

Notre modèle est maintenant prêt à exporter :

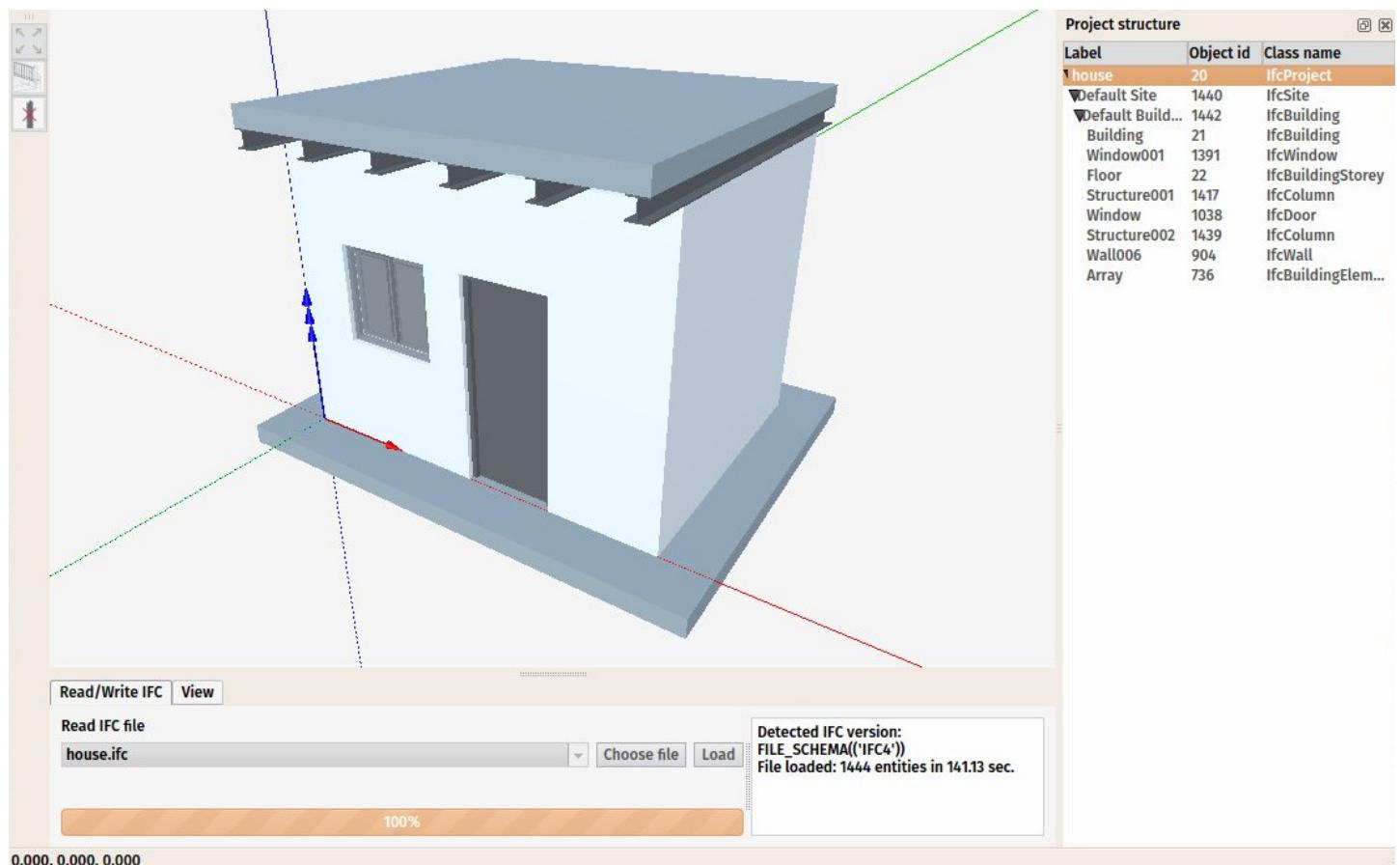


Le format IFC ([IFC format](#)) est l'un des atouts les plus précieux dans un monde BIM gratuit, car il permet l'échange de données entre toute application et acteur du monde de la construction, de manière ouverte (le format est ouvert, gratuit et maintenu par un consortium indépendant). L'exportation de vos modèles BIM comme IFC garantit que tout le monde peut les voir et les analyser, peu importe l'application utilisée.

Dans FreeCAD, l'importation et l'exportation IFC se font en interconnectant un autre logiciel, appelé [IfcOpenShell](#). Pour pouvoir exporter vers IFC depuis FreeCAD, le paquet [IfcOpenShell-python](#) doit être installé sur votre système. Assurez-vous de sélectionner celui qui utilise la même version python que FreeCAD. La version python utilisée par FreeCAD est informée lors de l'ouverture du panneau **View -> Panels -> console Python** dans FreeCAD. Lorsque cela est fait, nous pouvons alors exporter notre modèle :

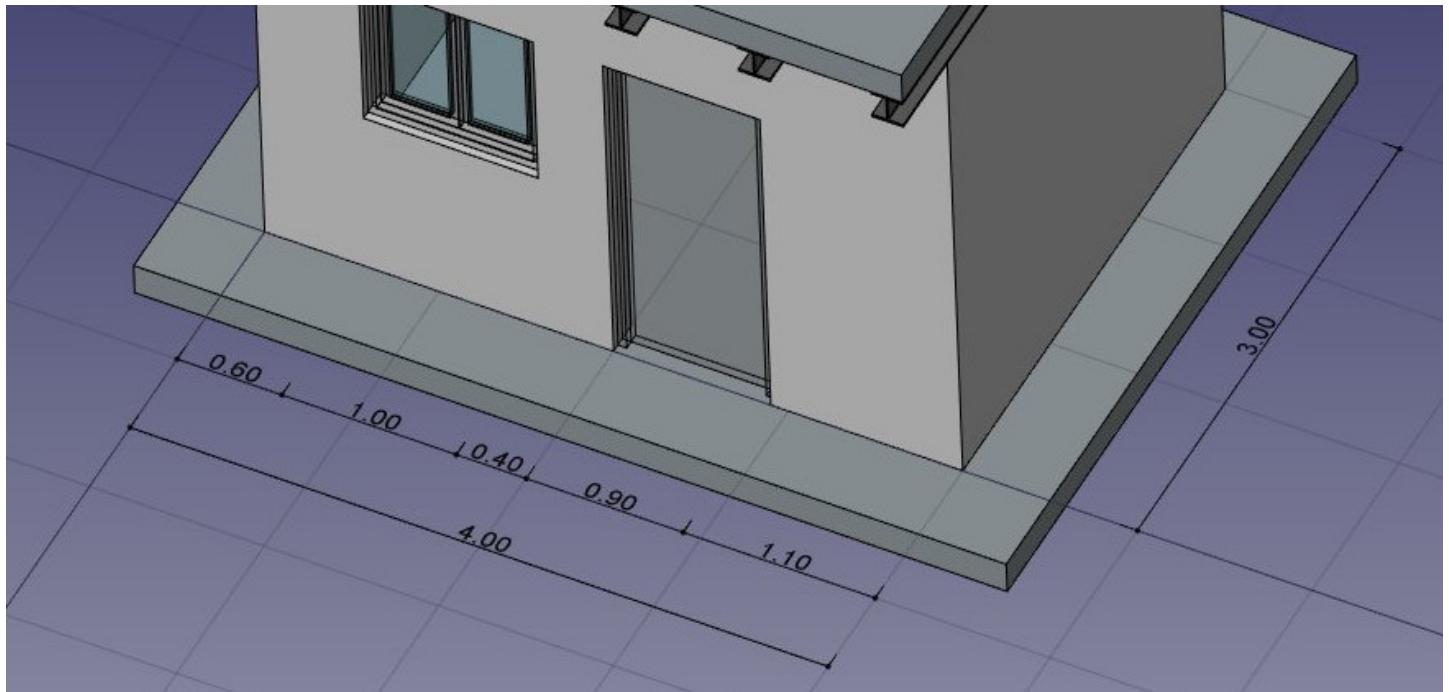
- Sélectionnez l'objet supérieur que vous souhaitez exporter, c'est-à-dire l'objet Bâtiment.
- Sélectionnez le menu **Fichier -> Exporter -> Industrie Fondation Classes** et enregistrez votre fichier.
- Le fichier IFC qui en résulte peut maintenant être ouvert dans une large gamme d'applications et de visualiseurs (l'image ci-dessous montre le fichier ouvert dans la visionneuse gratuite [IfcPlusPlus](#)).

Vérifier le fichier exporté dans une telle application de visionneuse avant de le distribuer à d'autres personnes est important pour vérifier que toutes les données contenues dans le fichier sont correctes. FreeCAD lui-même peut également être utilisé pour réouvrir le fichier IFC résultant.

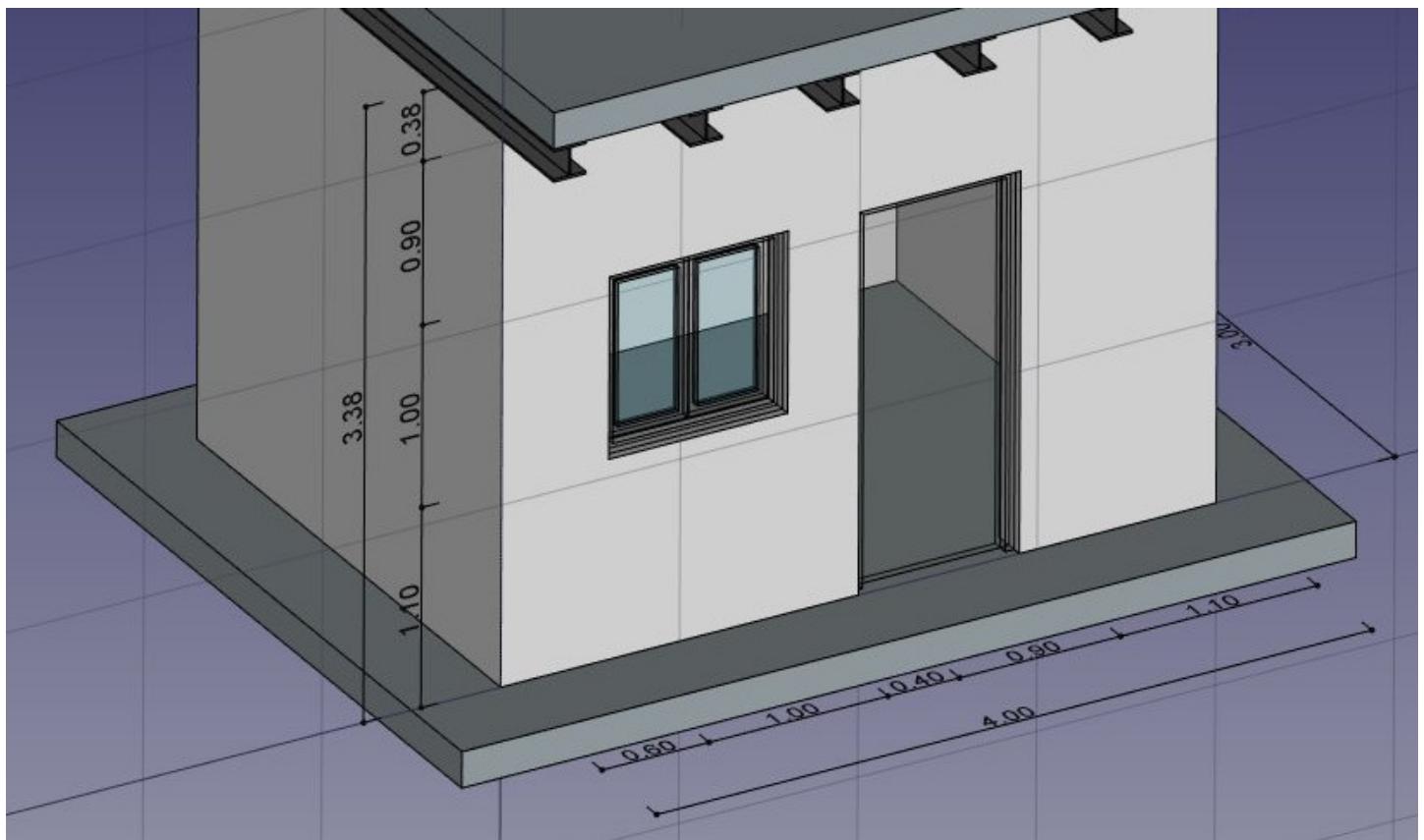


Nous allons maintenant placer certaines cotes. Contrairement au chapitre précédent, où nous avons tracé toutes les cotes directement sur la feuille de dessin, nous utiliserons une autre méthode ici, et placerons les cotes de projet ([Draft dimensions](#)) directement dans le modèle 3D. Ces cotes seront alors placées sur la feuille de dessin. Nous allons d'abord créer deux groupes pour nos cotes, un pour les cotes qui apparaîtront dans la vue en plan (coupe horizontale dans le langage du bâtiment), et un autre pour celles qui apparaissent sur l'élévation (vue de face dans le langage du bâtiment).

- Cliquez avec le bouton droit de la souris sur le document «maison» dans l'arborescence et créez deux nouveaux groupes : **Dimensions du plan** et **Dimensions de l'élévation**.
- Réglez le plan de travail ([Working Plane](#)) sur le plan **XY**.
- Assurez-vous que l'option **Accrochage** ([restrict](#)) est activée, de sorte que tout ce que vous dessinez reste sur le plan de travail.
- Dessinez quelques cotes ([dimensions](#)), par exemple comme sur l'image ci-dessous. En appuyant sur **Shift** et **Ctrl** tout en cliquant sur les points de cote, vous obtiendrez des options supplémentaires.

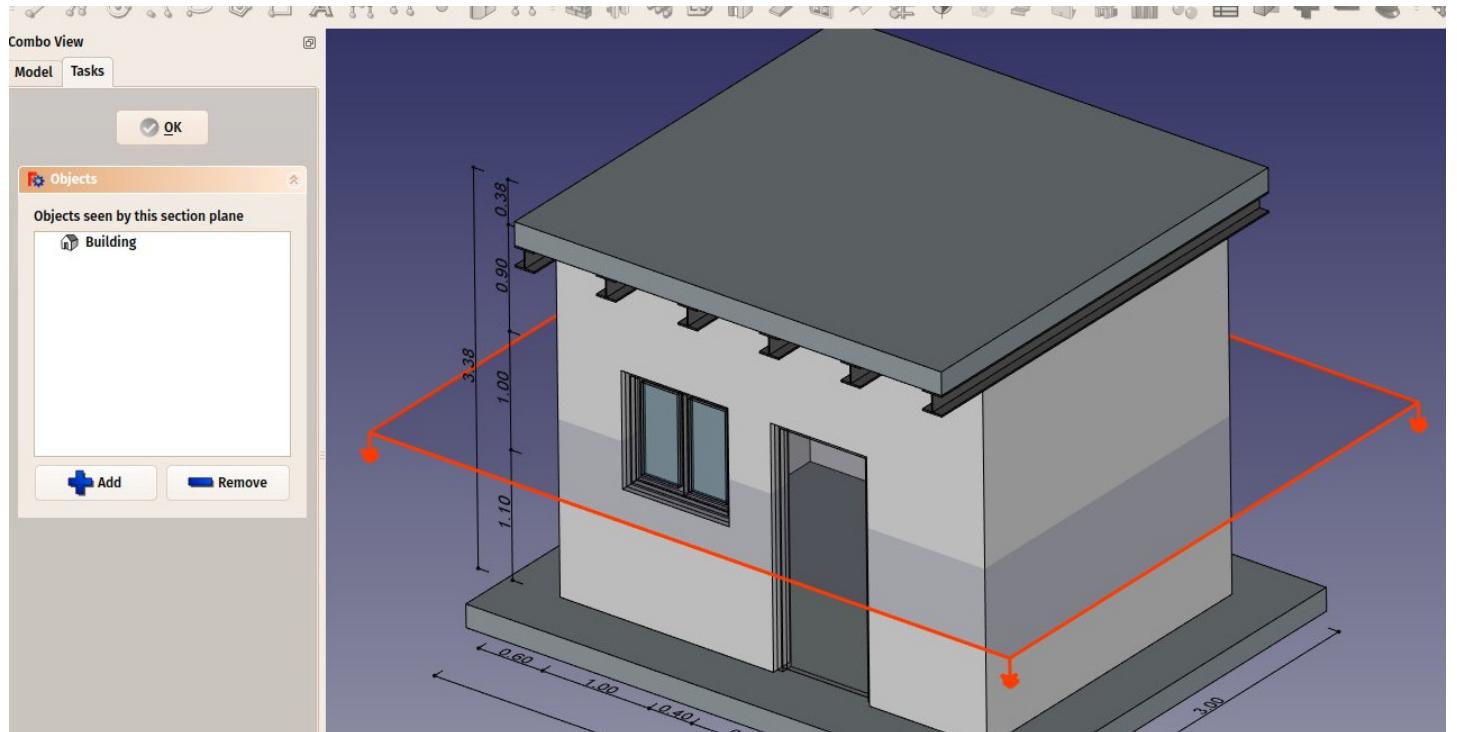


- Sélectionnez toutes vos cotes et faites-les glisser vers le groupe **Dimensions du Plan** dans l'arborescence.
- Réglez le plan de travail ([Working Plane](#)) sur le plan **XZ**, c'est-à-dire le plan vertical frontal.
- Répétez l'opération, dessinez quelques cotes et placez-les dans le groupe **Dimensions d'élévation**.

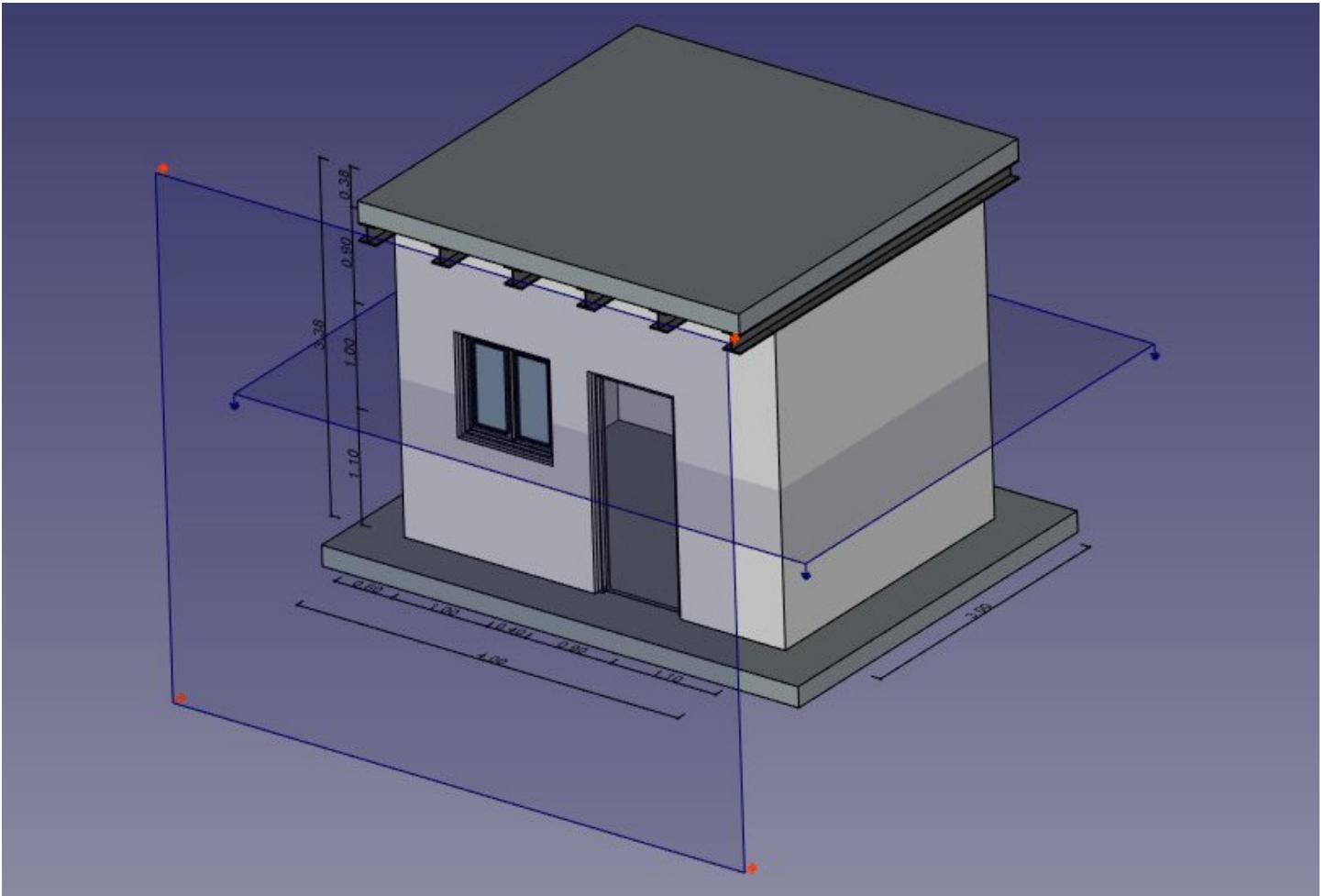


Nous allons maintenant préparer un ensemble de vues à partir de notre modèle, qui seront organisées sur une feuille de dessin. Nous pouvons le faire avec les outils de l'atelier Dessin (Drawing), comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, mais l'atelier Arch offre également un outil avancé tout-en-un pour produire des vues planes, de section et d'élévation, appelées **Plans de section** ([Section Plane](#)). Nous allons maintenant ajouter deux de ces plans de section, pour créer une vue en plan et une vue en élévation.

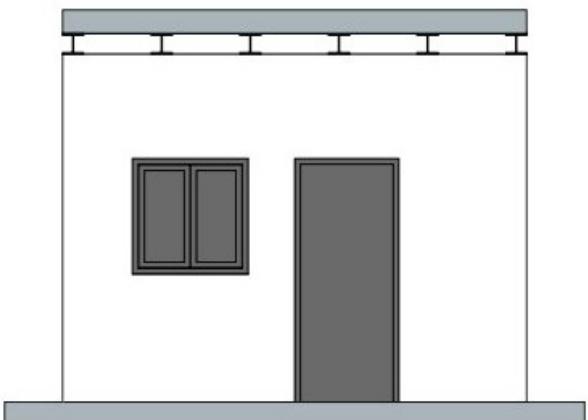
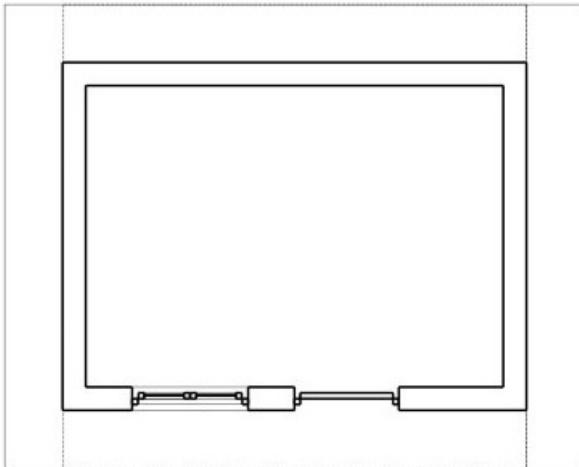
- Sélectionnez l'objet de construction dans l'arborescence.
- Appuyez sur le bouton Section Plane ( [Section Plane](#)).
- Définissez sa propriété de **hauteur d'affichage** à 5 m, sa **longueur d'affichage** à 6 m, donc nous englobons notre maison (ce n'est pas nécessaire, mais ce sera mieux, car cela montrera naturellement à quoi sert cet outil) et sa position de **Placement** à x: 2 m , Y: 1,5 m, z: 1,5 m.
- Vérifiez la liste des objets considérés par le plan de section en double-cliquant dessus dans l'arborescence. Les plans de section ne rendent que des objets spécifiés du modèle, pas tous. Les objets considérés par le plan de section peuvent être modifiés ici.



- Répétez l'opération pour créer un autre plan de section, donnez-lui la même longueur et hauteur d'affichage, et donnez-lui le **Placement** suivant: position: x: 2m, y: -2m, z: 1.5m, angle: 90 °, axe: x: 1, y: 0, z: 0. Assurez-vous que ce nouveau plan de section considère également l'objet de construction.



- Maintenant, nous avons tout ce dont nous avons besoin, et nous pouvons créer notre feuille de dessin. Commencez par passer à l'atelier Drawing ([Drawing Workbench](#)) et créez une nouvelle page par défaut A3 Paysage ([A3 page](#)) (ou sélectionnez un autre modèle si vous le souhaitez).
- Sélectionnez le premier plan de section, utilisé pour la vue en plan.
- Appuyez sur le bouton **Créer une vue** ([Draft View](#)). Cet outil offre quelques fonctionnalités supplémentaires par rapport à l'outil de conception de dessin standard ([Drawing View](#)) et prend en charge les plans de section de l'atelier Arch.
- Donnez à la nouvelle vue les propriétés suivantes :
 - X: 50
 - Y: 140
 - Échelle: 0,03
 - Largeur de ligne: 0.15
 - Montrer la coupe: vrai
 - Afficher le remplissage: vrai
- Sélectionnez l'autre plan de section et créez une nouvelle vue, avec les propriétés suivantes :
 - X: 250
 - Y: 150
 - Échelle: 0,03
 - Rendu: solide



Nous allons maintenant créer deux nouvelles vues, une pour chaque groupe de dimensions.

- Sélectionnez le groupe **Dimensions du plan**.
- Appuyez sur le bouton **Créer une vue** ([Draft View](#)).
- Donnez à la nouvelle vue les propriétés suivantes :
 - X: 50
 - Y: 140
 - Échelle: 0,03
 - Largeur de ligne: 0.15
 - Taille de la police: 10mm
- Répétez l'opération pour l'autre groupe, avec les paramètres suivants :
 - X: 250
 - Y: 150
 - Échelle: 0,03
 - Largeur de ligne: 0.15
 - Taille de la police: 10mm
 - Direction: 0, -1,0
 - Rotation: 90 °

Notre page est maintenant prête, et nous pouvons l'exporter vers les formats SVG ou DXF ou l'imprimer. Le format SVG permet d'ouvrir les applications d'illustration de fichiers telles que [inkscape](#), avec lesquelles vous pouvez rapidement améliorer les dessins techniques et les transformer en dessins de présentation beaucoup plus agréable. Il offre beaucoup plus de possibilités que le format DXF.

Téléchargements

- Le fichier produit lors de cet exercice:
<https://github.com/yorikvanhavre/FreeCADmanual/blob/master/files/house.FCStd>
- Le fichier IFC exporté à partir du fichier ci-dessus:
<https://github.com/yorikvanhavre/FreeCADmanual/blob/master/files/house.ifc>
- Le fichier SVG exporté à partir du fichier ci-dessus:
<https://github.com/yorikvanhavre/FreeCADmanual/blob/master/files/house.svg>

Lire plus d'informations

- L'atelier Arch: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Arch_Module
- Le plan de travail: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?Title=Draft_SelectPlane
- Les paramètres d'accrochage: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Draft_Snap
- Le système d'expressions: <http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Expressions>
- Le format IFC: https://en.wikipedia.org/wiki/Industry_Foundation_Classes
- IfcOpenShell: <http://ifcopenshell.org/>
- IfcPlusPlus: <http://ifcplusplus.com/>
- Inkscape: <http://www.inkscape.org>

1-3-8 Utilisation de feuilles de calcul

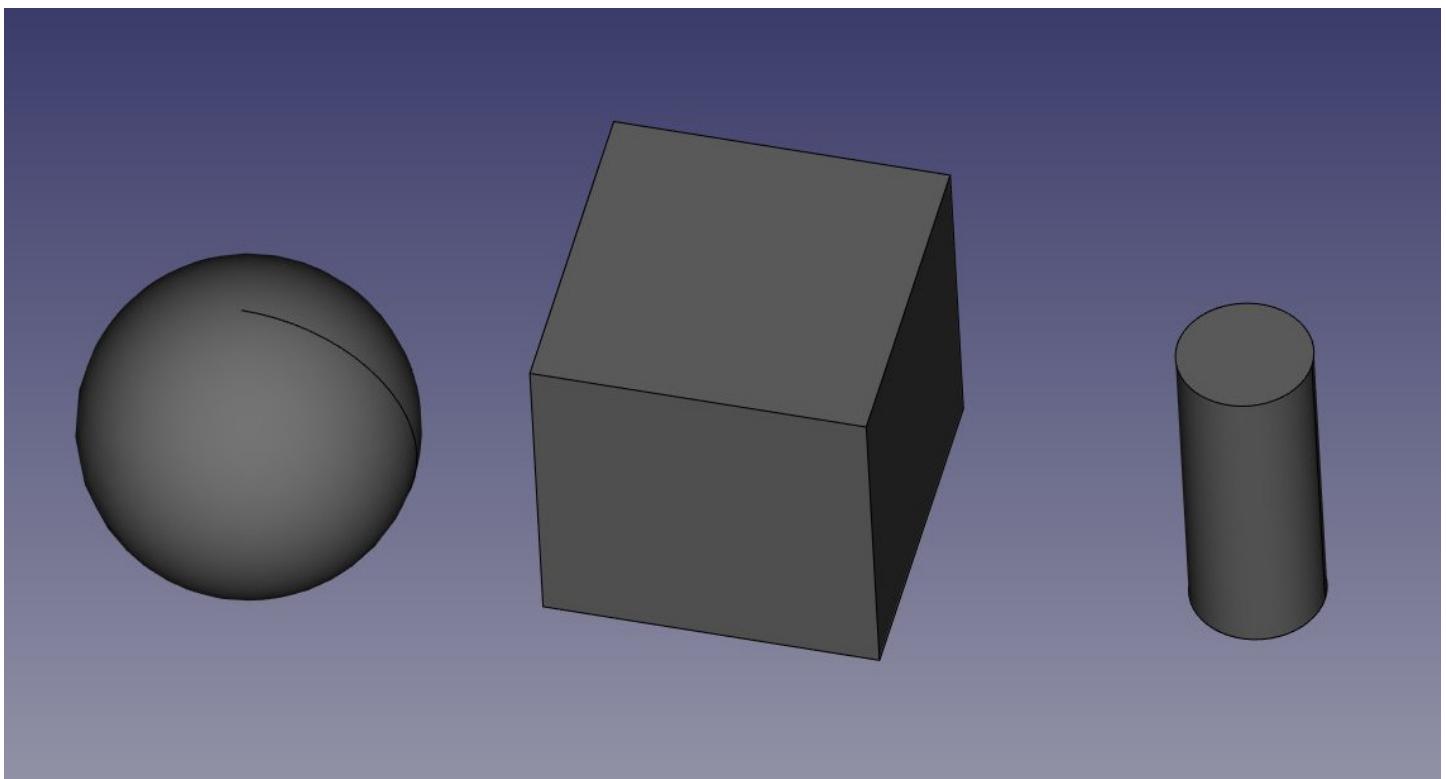
FreeCAD dispose d'un autre atelier intéressant à explorer: l'atelier Feuilles de calcul ([Spreadsheet Workbench](#)). Cet atelier permet de créer des feuilles de calcul telles que celles réalisées avec [Excel](#) ou [LibreOffice](#) directement dans FreeCAD. Ces feuilles de calcul peuvent ensuite être remplies avec des données extraites de votre modèle et peuvent également effectuer une série de calculs entre les valeurs. Les feuilles de calcul peuvent être exportées sous forme de fichiers CSV, qui peuvent être importés dans n'importe quelle autre application de tableur.

Dans FreeCAD, cependant, les feuilles de calcul ont une utilité supplémentaire : leurs cellules peuvent recevoir un nom et peuvent être référencées par n'importe quel champ pris en charge par le moteur des expressions ([expressions engine](#)). Cela transforme les feuilles de calcul en puissantes structures de contrôle, où les valeurs insérées dans des cellules spécifiques peuvent générer des dimensions du modèle. Il n'y a qu'une chose à garder à l'esprit, car FreeCAD interdit les dépendances circulaires entre les objets, une même feuille de calcul ne peut pas être utilisée pour définir une propriété d'un objet et, en même temps, récupérer une valeur de propriété à partir du même objet. Cela rendrait la feuille de calcul et l'objet dépendant l'un de l'autre.

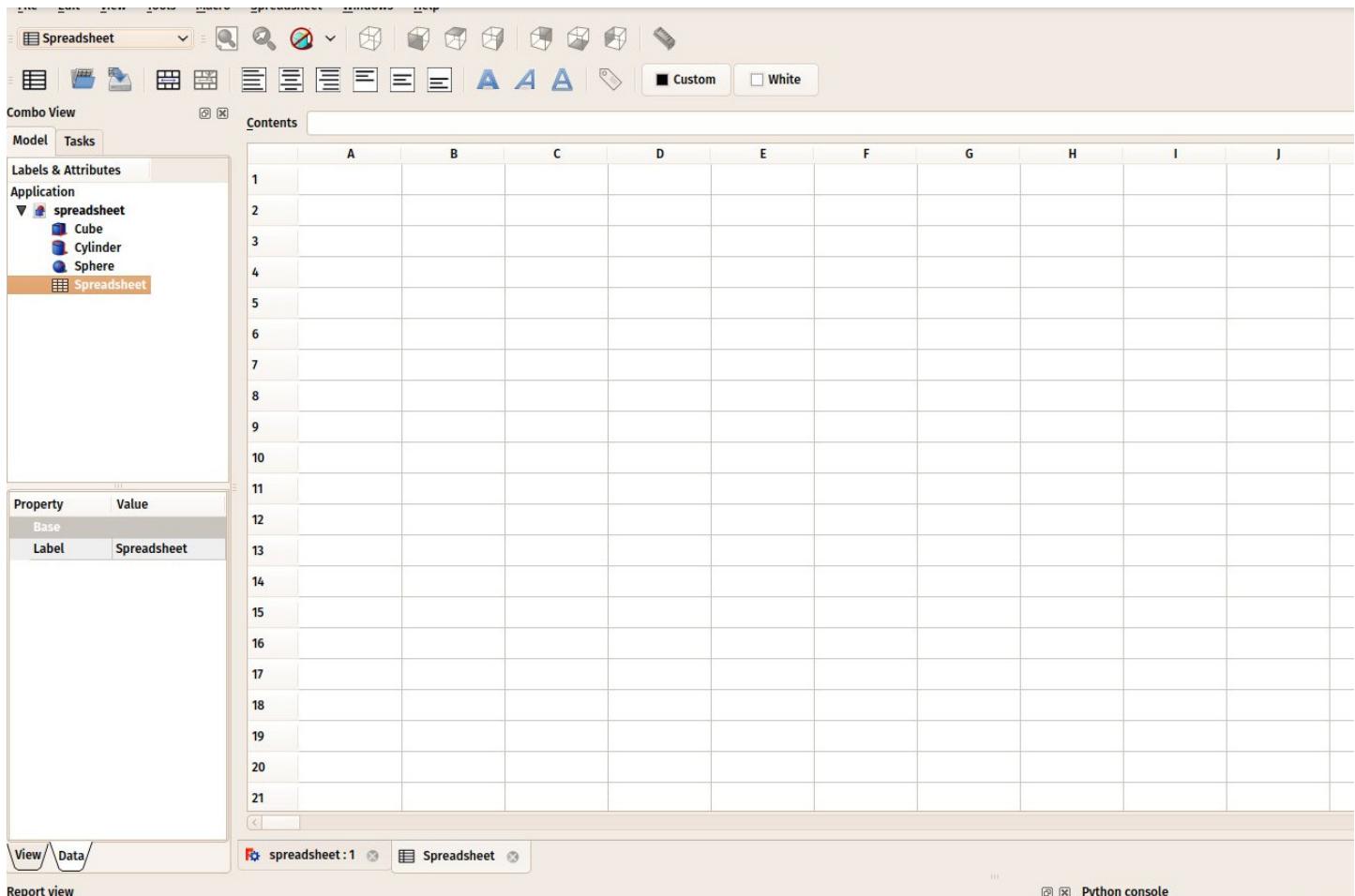
Dans l'exemple suivant, nous allons créer un couple d'objets, récupérer certaines de leurs propriétés dans une feuille de calcul, puis utiliser la feuille de calcul pour générer directement les propriétés d'autres objets.

1-3-8-1 Lecture des propriétés

- Commencez par passer à l'atelier Part ([Part Workbench](#)), et créez quelques objets: une boîte ([box](#)), un cylindre ([cylinder](#)) et une sphère ([sphere](#)).
- Modifiez leur propriété de **Placement** (ou utilisez l'outil Déplacer [Draft Move](#)) pour les placer un peu séparés, afin que nous puissions mieux observer les effets de ce que nous allons faire :



- Maintenant, on extrait des informations sur ces objets. Passer à l'atelier **Feuille de calcul** ([Spreadsheet Workbench](#)).
- Appuyez sur le bouton **Nouvelle feuille de calcul** (New Spreadsheet).
- Double-cliquez sur l'objet **Nouvelle feuille de calcul** dans l'arborescence. L'éditeur de feuille de calcul s'ouvre :



L'éditeur de feuilles de calcul de FreeCAD, bien qu'il ne soit pas aussi complet et puissant que les applications de tableurs plus complètes que nous avons énumérées ci-dessus, a néanmoins la plupart des outils et des fonctions de base couramment utilisés, comme la possibilité de modifier l'aspect des cellules (Taille, couleur, alignement), joindre et diviser les cellules, utiliser des formules telles que **=2+2**, ou référencer d'autres cellules avec **=B1**.

Dans FreeCAD, à ces comportements communs, on a ajouté une possibilité très intéressante : la possibilité de faire référence non seulement à d'autres cellules, mais aussi d'autres objets du document, et de récupérer des valeurs à partir de leurs propriétés. Par exemple, récupérons quelques propriétés des 3 objets que nous avons créés ci-dessus. Les propriétés sont ce que nous pouvons voir dans la fenêtre de l'éditeur de propriétés, sous l'onglet **Données (Data)**, lorsqu'un objet est sélectionné.

- Commençons par entrer quelques textes dans les cellules A1, A2 et A3, alors nous nous souvenons de ce qui se passera plus tard, par exemple **Cube Length** (arête du cube), **Cylinder Radius** (rayon du cylindre) et **Sphere Radius** (rayon de la sphère). Pour entrer du texte, écrivez simplement le «Contenu» déposé au-dessus de la feuille de calcul ou double-cliquez sur une cellule.

- Maintenant, récupérons la longueur réelle de notre cube. Dans la cellule **B1**, tapez **=Cube.Length**. Vous remarquerez que la feuille de calcul possède un mécanisme de remplissage automatique, qui est en fait le même que l'éditeur d'expression que nous avons utilisé dans le chapitre précédent.
- Faites de même pour la cellule **B2 (=Cylinder.Radius)** et **B3 (=Sphere.Radius)**.

The screenshot shows the LibreOffice Calc application. On the left, there's a 'Combo View' window with tabs for 'Model' and 'Tasks'. Under 'Labels & Attributes', it lists 'Application' with items like 'spreadsheet', 'Cube', 'Cylinder', 'Sphere', and 'Spreadsheet'. Below this is a 'Property' table with columns 'Property' and 'Value'. The main area is a spreadsheet with the following data:

	A	B	C	D	E	F
1	Cube Length	10 mm				
2	Cylinder Radius	2 mm				
3	Sphere Radius	=Sp				
4		spreadsheet				
5		Sphere				
6		Spreadsheet				
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						

- Bien que ces résultats soient exprimés avec leurs unités, les valeurs peuvent être manipulées comme n'importe quel nombre, essayez, par exemple, d'entrer dans la cellule C1 : **=B1*2**.
- Nous pouvons maintenant modifier une de ces valeurs dans l'éditeur de propriétés, et la modification sera immédiatement reflétée dans la feuille de calcul. Par exemple, modifions la longueur de notre cube à **20mm** :

The screenshot shows the FreeCAD interface with the 'Combo View' window open. On the left, the 'Model' tab is selected in the top navigation bar. Below it, the 'Labels & Attributes' section lists objects: 'Application', 'spreadsheet', 'Cylinder', 'Sphere', 'Spreadsheet', and 'Cube'. The 'Cube' item is highlighted with an orange background. To the right of this list is a table titled 'Contents' with the formula '=Cube.Length' in the first cell. The table has columns A through F and rows numbered 1 to 16. Row 1 contains 'Cube Length' in column A and '20 mm' in column B. Row 2 contains 'Cylinder Radius' in column A and '2 mm' in column B. Row 3 contains 'Sphere Radius' in column A and '5 mm' in column B. Rows 4 through 16 are empty. At the bottom left, there is a smaller table titled 'Property' with columns 'Property' and 'Value'. It shows properties for a 'Placement' object: 'Label' is 'Cube', 'Length' is '20 mm', 'Width' is '10 mm', and 'Height' is '10 mm'. The 'Length' value is currently being edited.

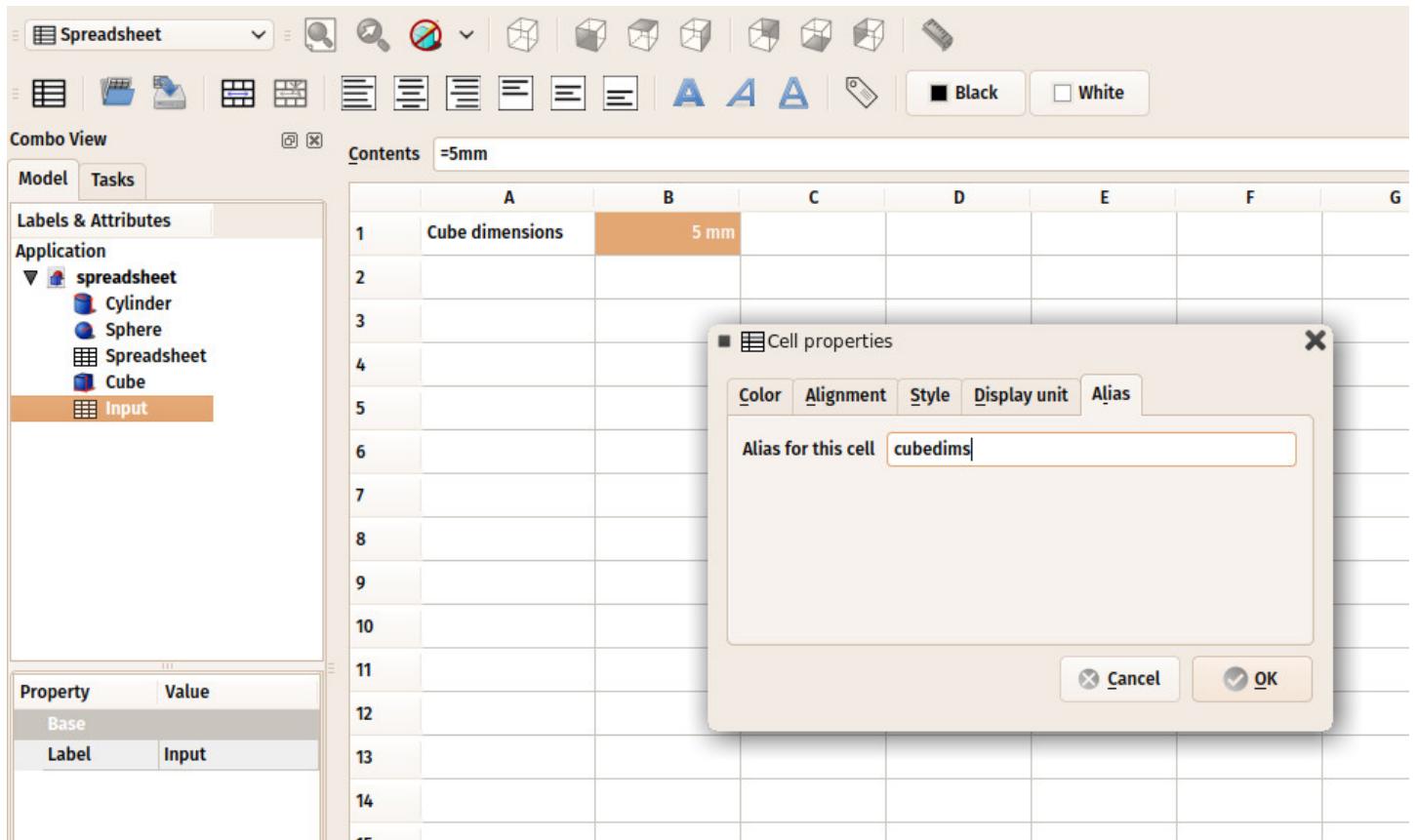
La page [Spreadsheet Workbench](#) décrit plus en détail toutes les opérations et fonctions possibles que vous pouvez utiliser dans les feuilles de calcul.

1-3-8-2 Ecriture de propriétés

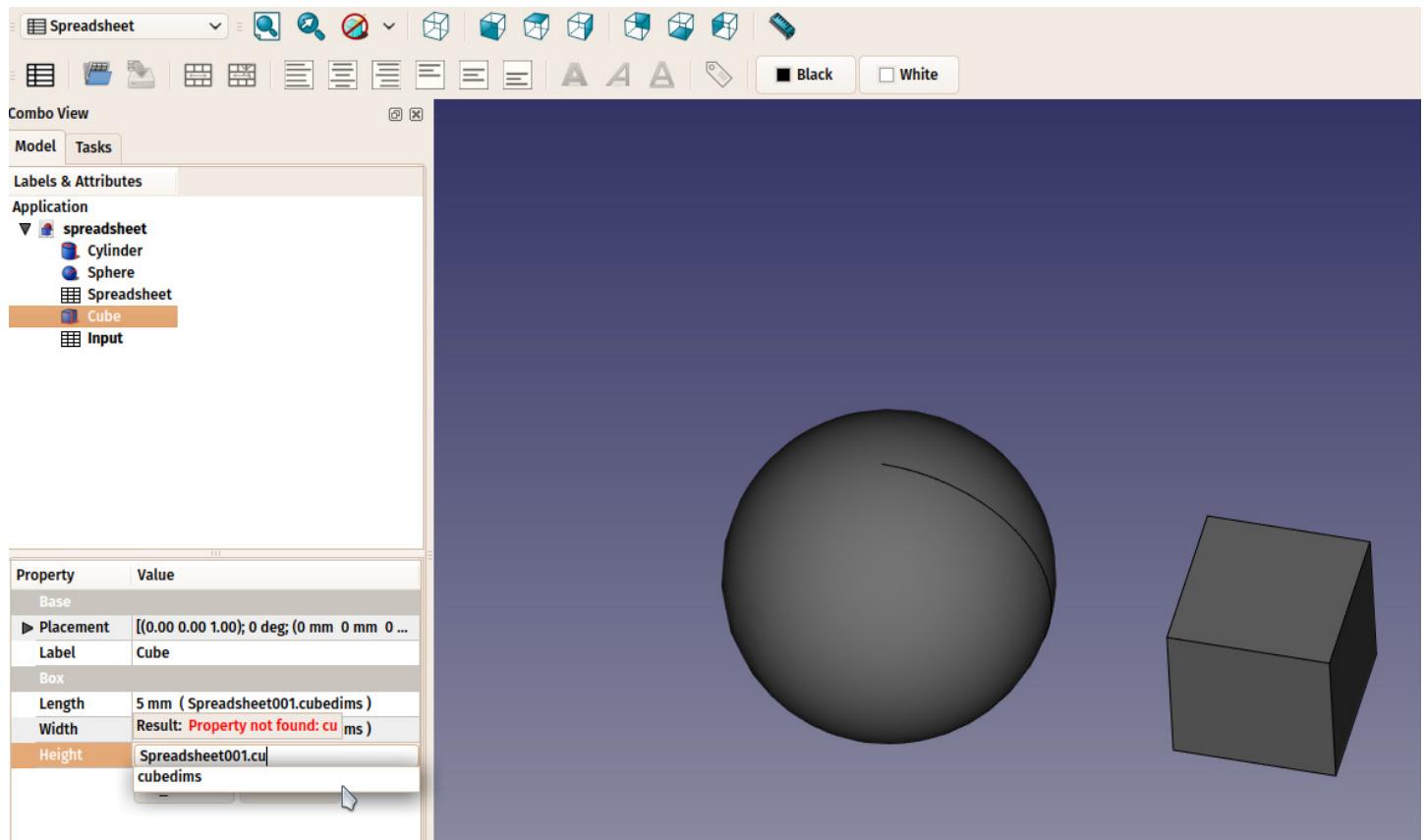
Une autre utilisation très intéressante de l'atelier Feuilles de calcul dans FreeCAD est de faire le contraire de ce que nous avons fait jusqu'ici: au lieu de lire les valeurs des propriétés des objets 3D, nous pouvons également attribuer des valeurs à ces objets. Rappelez-vous, cependant, une des règles fondamentales de FreeCAD : les dépendances circulaires sont interdites. Nous ne pouvons donc pas utiliser la même feuille de calcul pour lire et écrire des valeurs sur un objet 3D. Cela rendrait l'objet dépendant de la feuille de calcul, qui dépendrait également de l'objet. Au lieu de cela, nous allons créer une autre feuille de calcul.

- Nous pouvons maintenant fermer l'onglet tableur (sous la vue 3D). Ceci n'est pas obligatoire, il n'y a pas de problème pour ouvrir plusieurs feuilles de calcul.
- Appuyez de nouveau sur le bouton Nouvelle feuille de calcul (**New Spreadsheet**).
- Modifiez le nom de la nouvelle feuille de calcul en quelque chose de plus significatif, comme **Entrée** (faites-le en cliquant avec le bouton droit de la souris sur la nouvelle feuille de calcul et en choisissant **Renommer**).
- Double-cliquez sur la feuille de calcul **Entrée** pour ouvrir l'éditeur du tableur.
- Dans la cellule **A1**, mettons un texte descriptif, par exemple: "**Dimensions du cube**".
- Dans la cellule **B1**, écrivez **=5mm** (en utilisant le signe = on s'assure que la valeur est interprétée comme une valeur numérique, pas un texte).

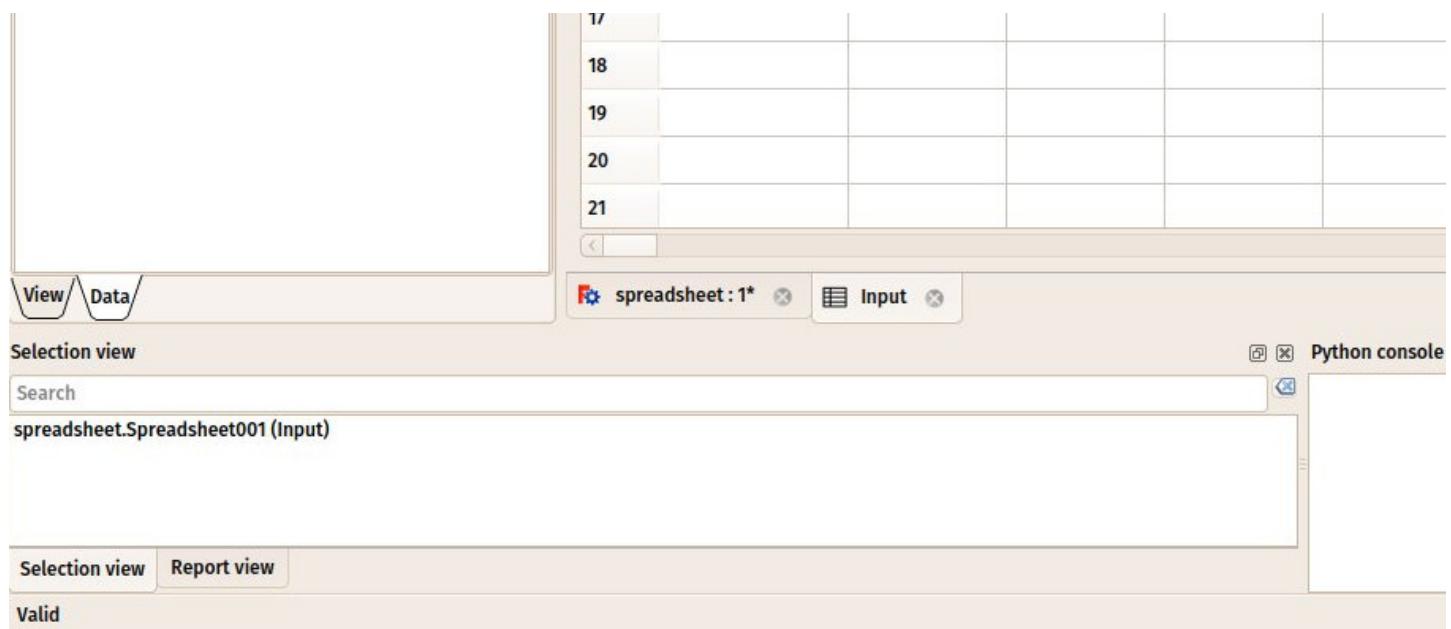
- Maintenant, pour pouvoir utiliser cette valeur en dehors de la feuille de calcul, nous devons donner un nom ou un alias à la cellule **B1**. Cliquez avec le bouton droit sur les cellules, cliquez sur **Propriétés** et sélectionnez l'onglet **Alias**. Donnez-lui un nom, tel que **cubedims** :



- Appuyez sur **OK**, puis fermez l'onglet tableur.
- Sélectionnez l'objet cube.
- Dans l'éditeur de propriétés, cliquez sur la petite icône Expression (expression) située sur le côté droit du champ **Longueur**. Cela ouvrira l'éditeur d'expressions ([expressions editor](#)), où vous pouvez écrire **Spreadsheet001.cubedims**. Répétez ceci pour **Hauteur** et **Largeur** :

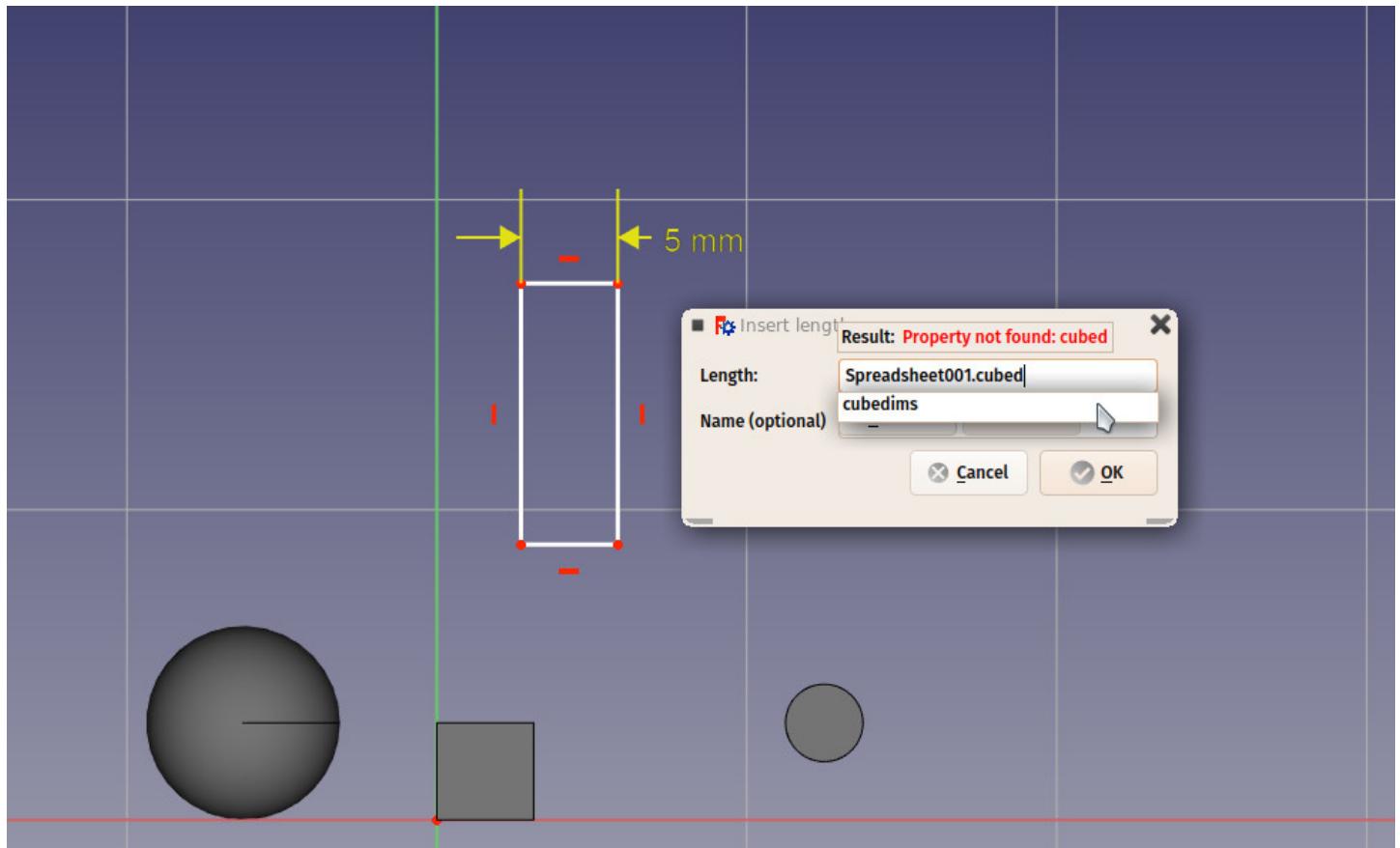


Vous pourriez vous demander pourquoi nous devions utiliser "Spreadsheet001" au lieu de "Input" dans l'expression ci-dessus. C'est parce que chaque objet, dans un document FreeCAD, a un **nom interne**, unique dans le document, et une **étiquette**, qui apparaît dans l'arborescence. Si vous désactivez l'option appropriée dans les paramètres de préférences, FreeCAD vous permettra de donner la même étiquette à plus d'un objet. C'est pourquoi toutes les opérations qui doivent identifier un objet sans aucun doute, utiliseront le nom interne au lieu de l'étiquette, qui pourrait désigner plus d'un objet. Le moyen le plus simple de connaître le nom interne d'un objet est en gardant ouvert le **panneau de sélection** (Menu Edition-> Panneaux), il indiquera toujours le nom interne d'un objet sélectionné :

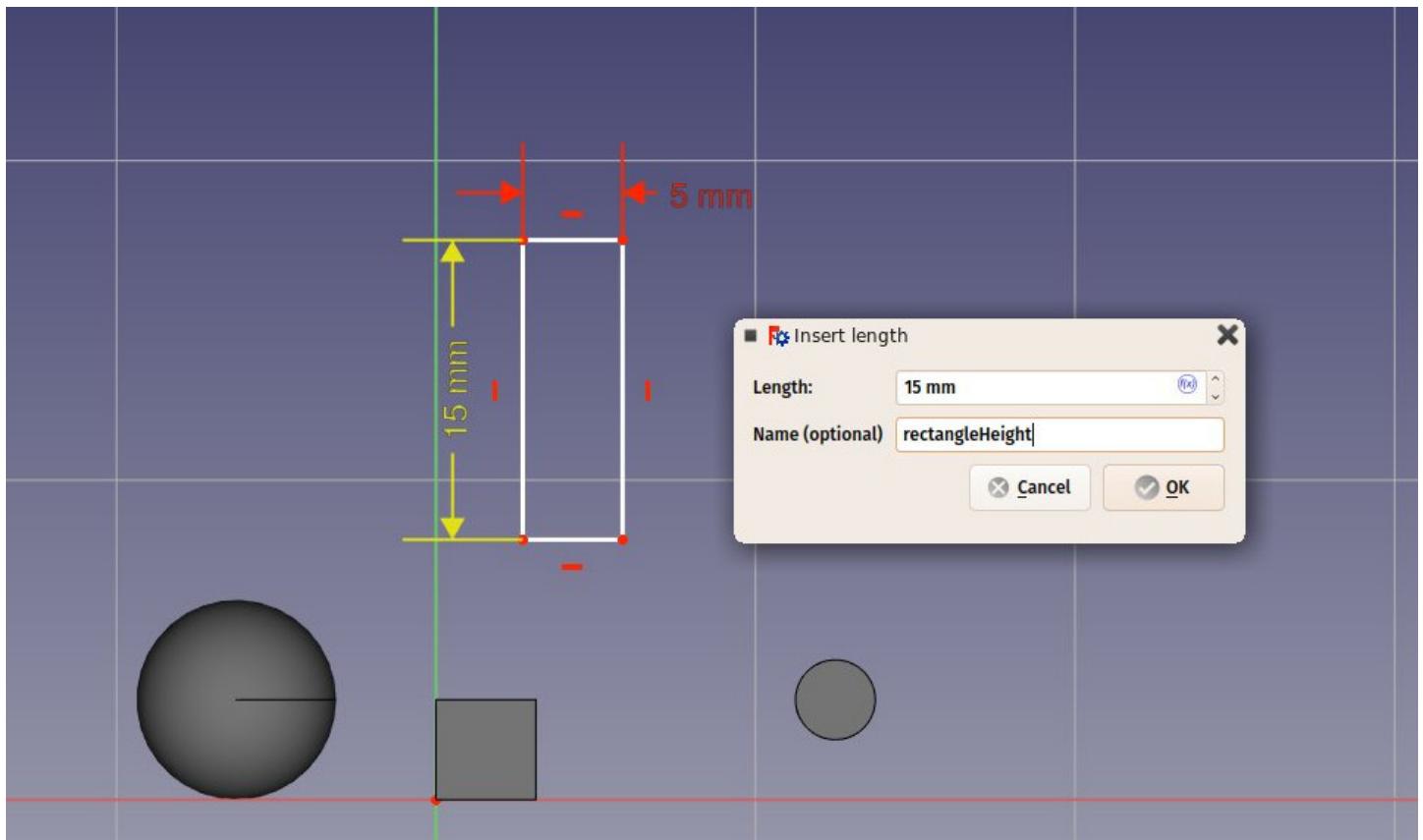


En utilisant des alias dans les cellules dans des feuilles de calcul, nous pouvons utiliser une feuille de calcul pour stocker des "valeurs de base" dans un document FreeCAD. Cela peut être utilisé, par exemple, pour avoir un modèle d'une partie de certaines dimensions et pour stocker ces dimensions dans une feuille de calcul. Il devient alors très facile de produire un autre modèle avec des dimensions différentes, il s'agit simplement d'ouvrir le fichier et de modifier quelques dimensions dans la feuille de calcul.

Enfin, notez que les contraintes dans un croquis peuvent également recevoir la valeur d'une cellule de tableau :



Vous pouvez également donner des alias aux contraintes dimensionnelles (horizontales, verticales ou à distance) dans une esquisse (vous pouvez ensuite utiliser cette valeur à l'extérieur de l'esquisse) :



Télécharger

- Le fichier produit dans cet exercice:
<https://github.com/yorikvanhavre/FreeCADmanual/blob/master/files/spreadsheet.FCStd>

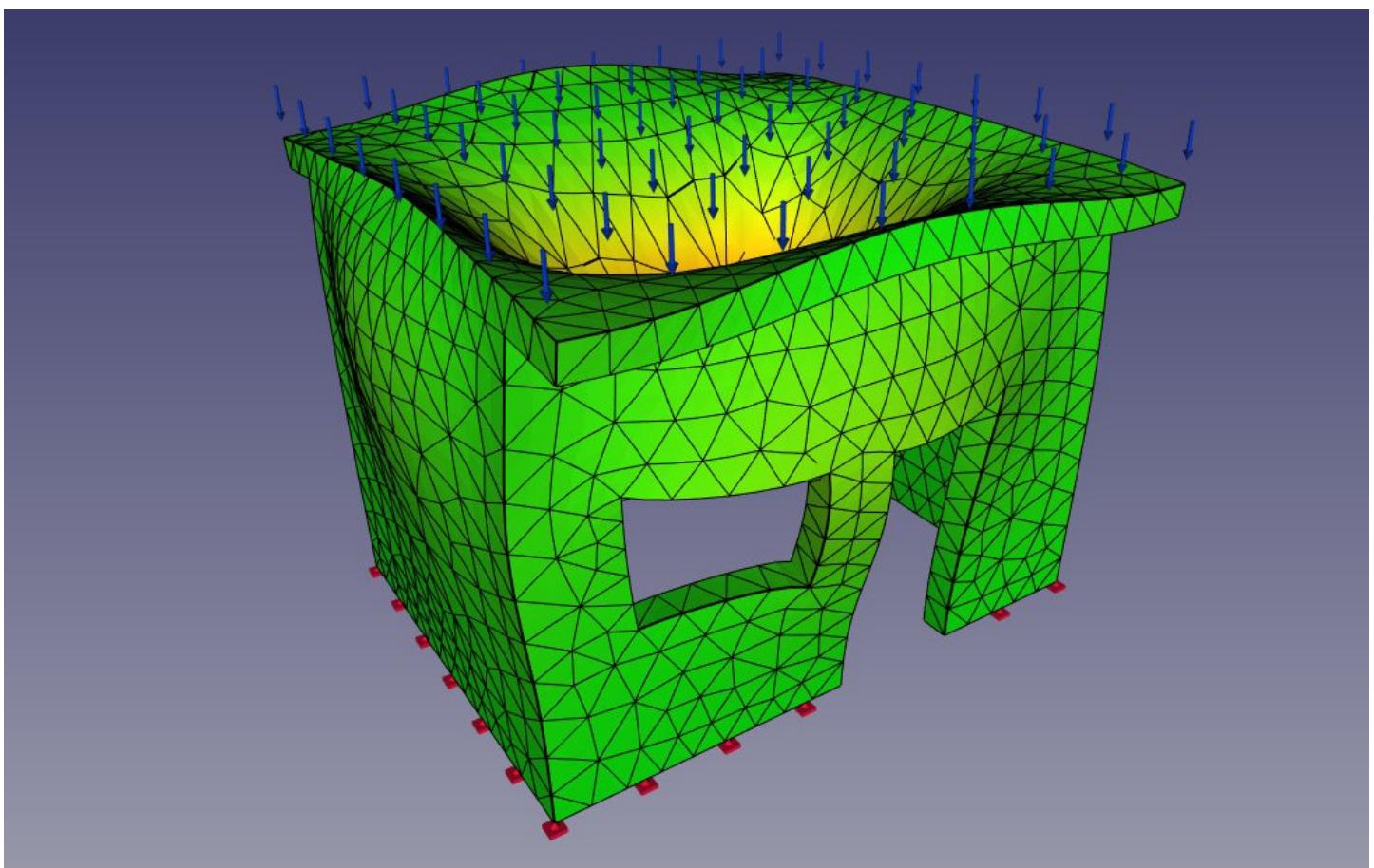
Lire plus d'informations

- L'Échelle de calcul: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?Title=Spreadsheet_Module
- Le moteur Expressions: <http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Expressions>

1-3-9 Création d'analyses FEM

FEM signifie Méthode des éléments finis ([Finite Element Method](#)). Il s'agit d'un vaste sujet mathématique, mais dans FreeCAD, nous pouvons le reprendre comme moyen de calculer les propagations à l'intérieur d'un objet 3D, en le coupant en petits morceaux et en analysant l'impact de chaque petit morceau sur ses voisins. Cela a plusieurs utilisations dans les domaines de l'ingénierie et de l'électromagnétisme, mais nous examinerons plus en profondeur une seule utilisation déjà développée dans FreeCAD, qui simule des déformations dans des objets soumis à des forces et à des poids.

L'obtention de cette simulation se fait dans FreeCAD avec l'atelier FEM ([FEM Workbench](#)). Cela implique différentes étapes : Préparer la géométrie, définir son matériau, effectuer le maillage, diviser en parties plus petites, comme nous l'avons fait dans le chapitre **Préparer les objets pour l'impression 3D** ([Preparing objects for 3D printing](#)), et finalement calculer la simulation.



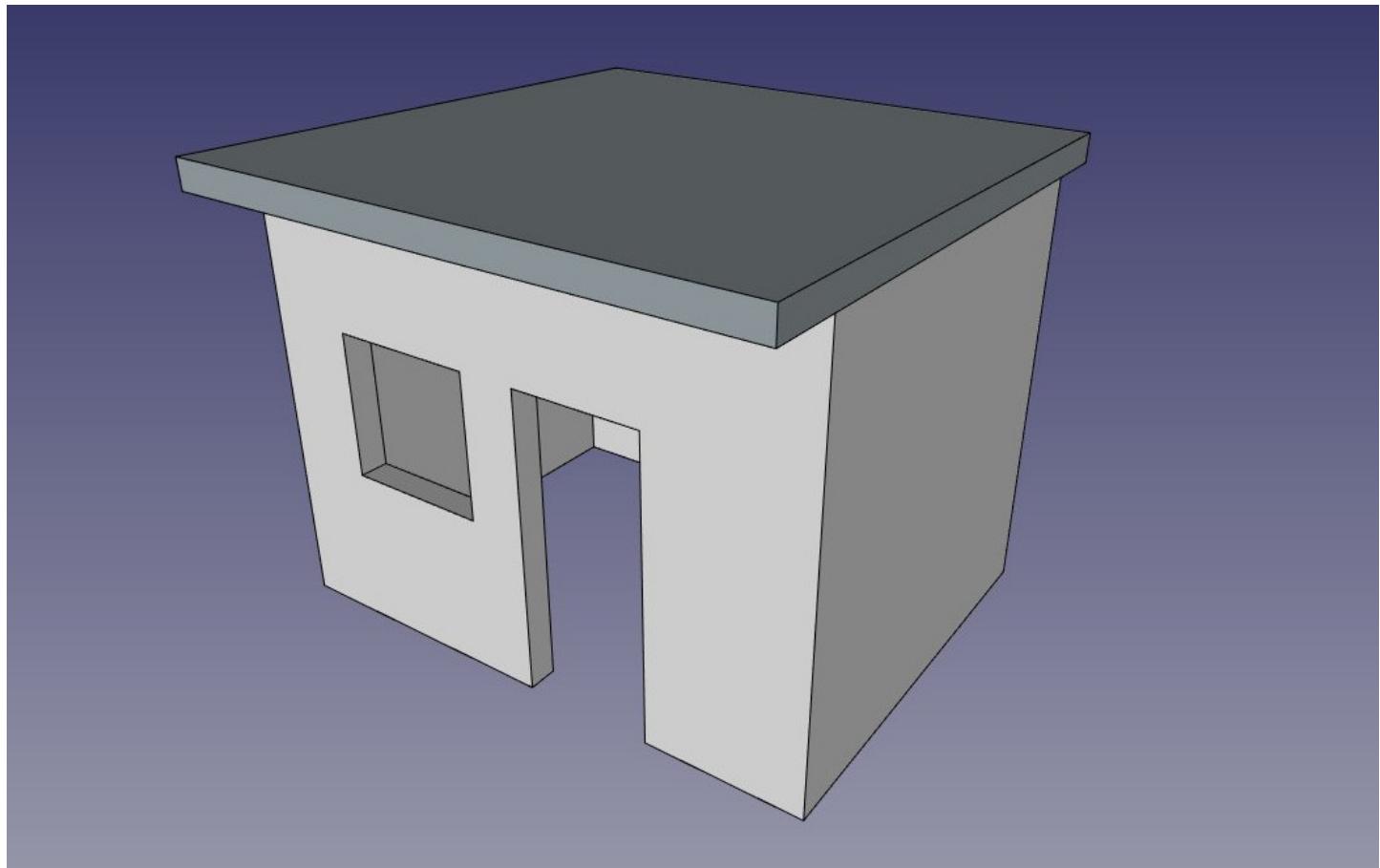
Préparation de FreeCAD

La simulation elle-même est réalisée par un autre logiciel, utilisé par FreeCAD pour obtenir les résultats. Comme il existe plusieurs applications de simulation FEM intéressantes disponibles, l'atelier FEM ([FEM Workbench](#)) a été conçu pour pouvoir en utiliser plus d'une. Cependant, actuellement, seul [CalculiX](#) est entièrement implémenté. Un autre logiciel, appelé [NetGen](#), qui est responsable de la génération du maillage de subdivision, est également nécessaire. Des instructions détaillées pour installer ces deux composants sont fournies dans la documentation FreeCAD ([FreeCAD documentation](#)).

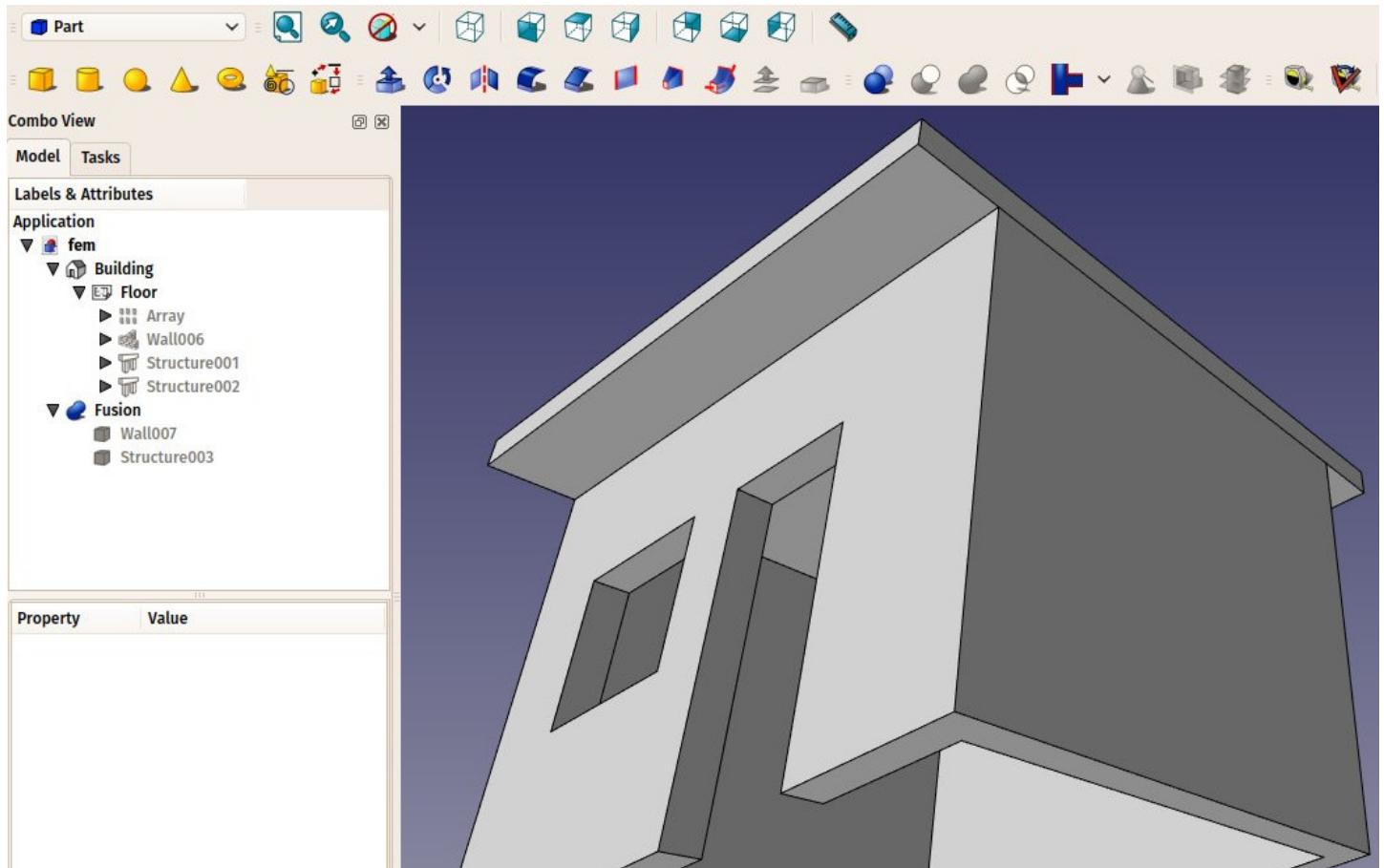
Préparation de la géométrie

Nous allons commencer avec la maison que nous avons modélisée dans le chapitre de modélisation BIM ([BIM modeling](#)). Cependant, certains changements doivent être apportés pour rendre le modèle adapté aux calculs FEM. Cela implique essentiellement de rejeter les objets que nous ne voulons pas inclure dans le calcul, comme la porte et la fenêtre, et de joindre tous les objets restants en un seul.

- Chargez le modèle de maison que nous avons modélisé précédemment.
- Supprimez ou masquez l'objet de la page, les plans de section et les dimensions, de sorte qu'il ne nous reste que notre modèle.
- Cacher la fenêtre, la porte et la dalle de sol.
- Masquez également les poutres métalliques du toit. Comme ce sont des objets très différents du reste de la maison, nous simplifierons notre calcul en ne l'incluant pas. Au lieu de cela, nous considérons que la dalle du toit est directement placée sur le dessus du mur.
- Maintenant, déplacez la dalle du toit vers le bas, de sorte qu'elle repose sur le mur : éditez l'objet **Rectangle** que nous avons utilisé comme base de la dalle du toit et changez son **Positionnement-> Position-> Valeur X** de 3,18 m à 3,00 m.
- Notre modèle est maintenant propre :

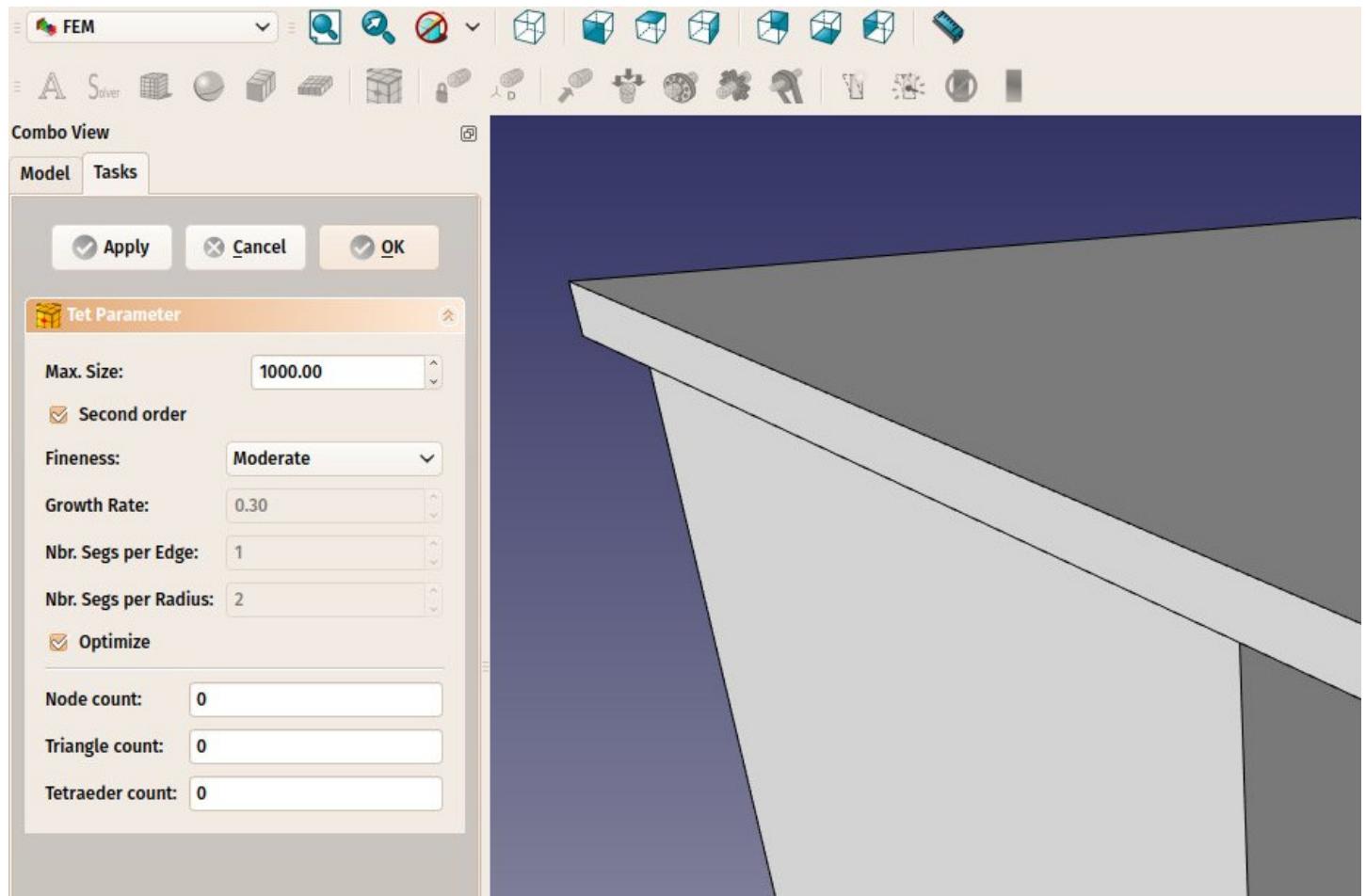


- L'atelier FEM peut actuellement calculer des déformations sur un seul objet. Par conséquent, nous devons joindre nos deux objets (le mur et la dalle). Passez à l'atelier Part ([Part Workbench](#)), sélectionnez les deux objets et appuyez sur Union ([Union](#)). Nous avons maintenant obtenu un objet fusionné :

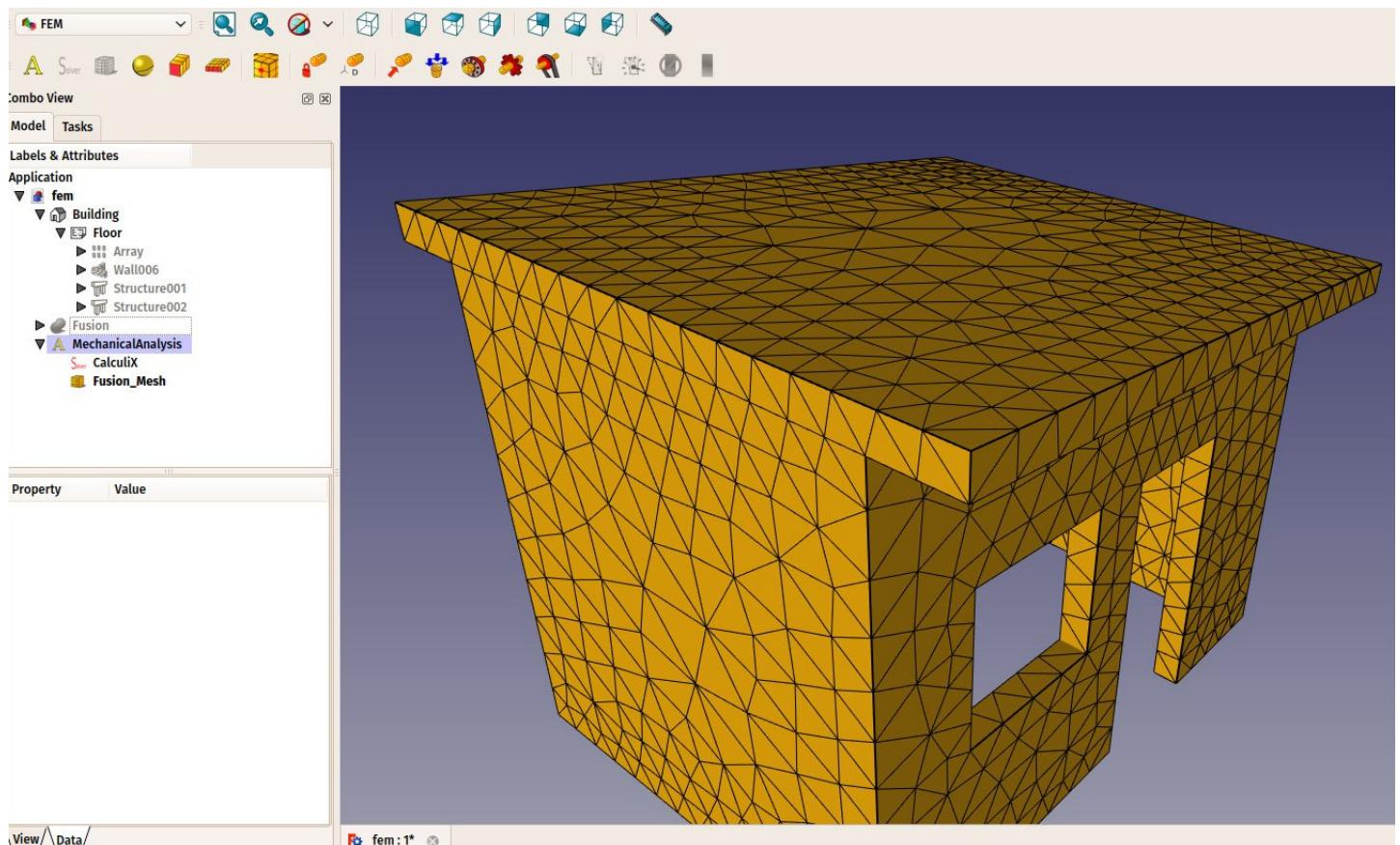


Création de l'analyse

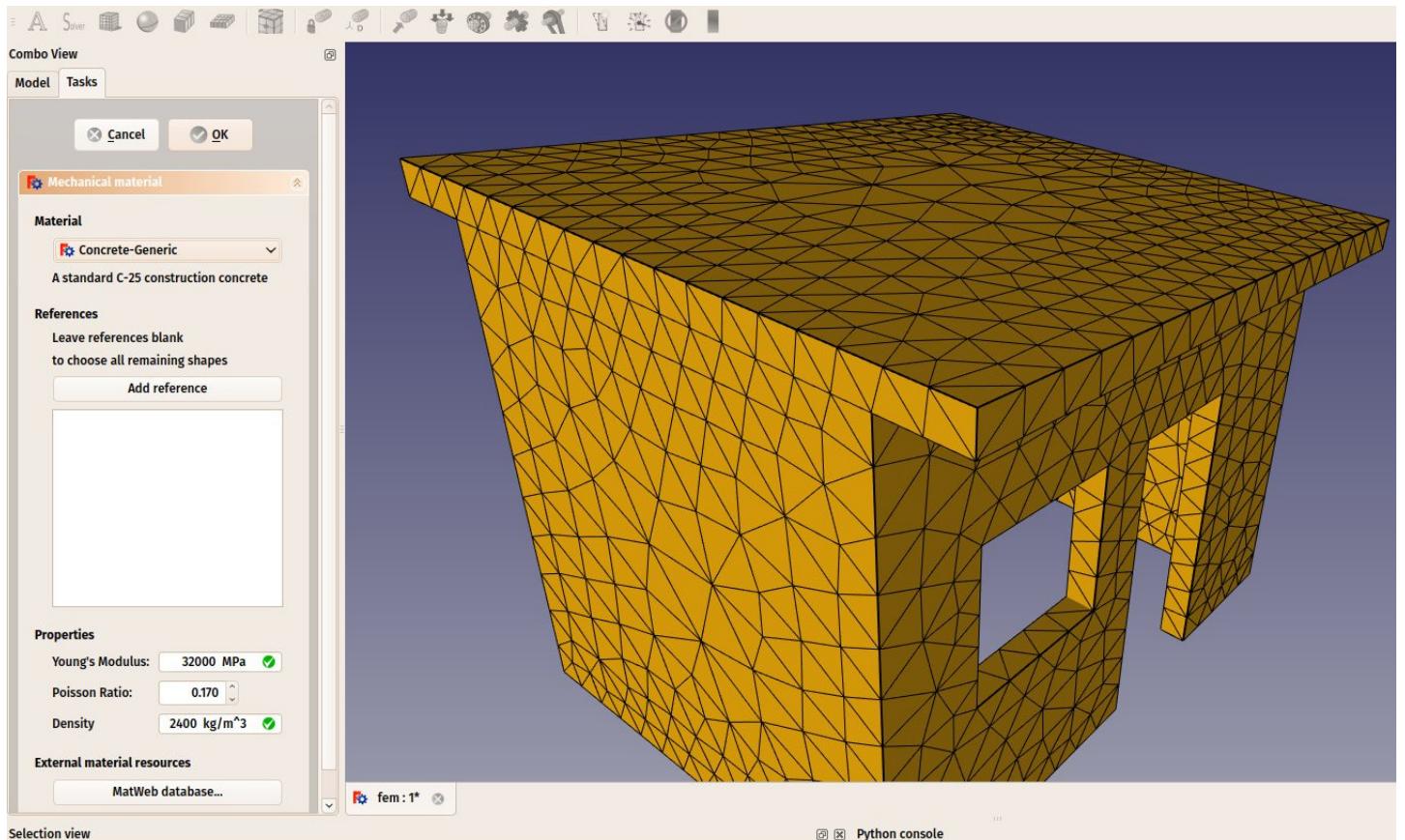
- Nous sommes maintenant prêts à commencer une analyse FEM. Passons à l'atelier FEM.
- Sélectionnez l'objet résultat de la fusion.
- Appuyez sur le bouton Nouvelle analyse ( [New Analysis](#)).
- Une nouvelle analyse sera créée et des panneaux de configuration seront ouverts. Ici, vous pouvez définir les paramètres de maillage à utiliser pour produire le maillage FEM. Le paramètre principal à éditer est la **taille maximale** qui définit la taille maximale (en millimètres) de chaque pièce du maillage. Pour l'instant, nous pouvons laisser la valeur par défaut de 1000 :



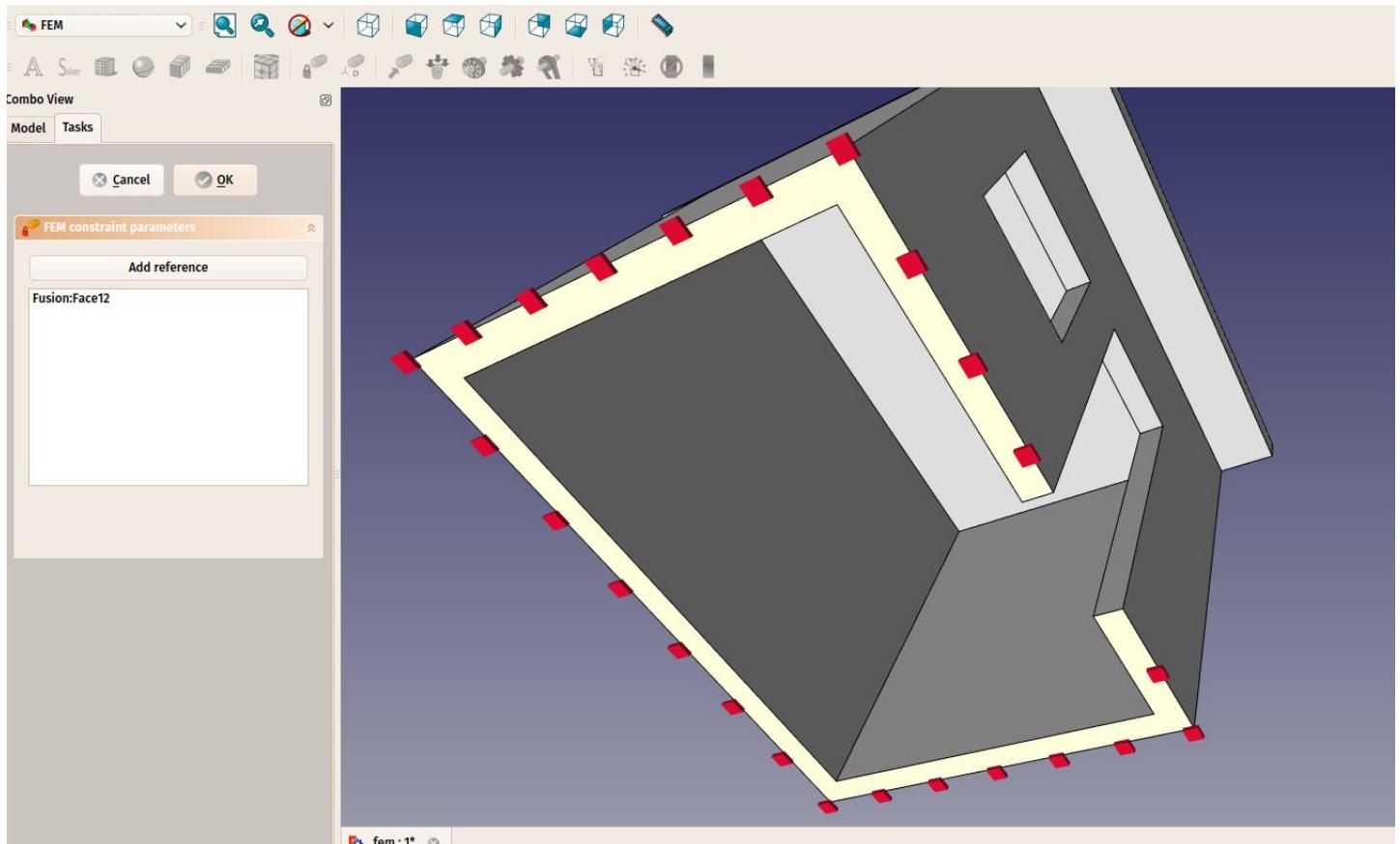
- Après avoir appuyé sur **OK** et quelques secondes de calcul, notre maillage FEM est maintenant prêt :



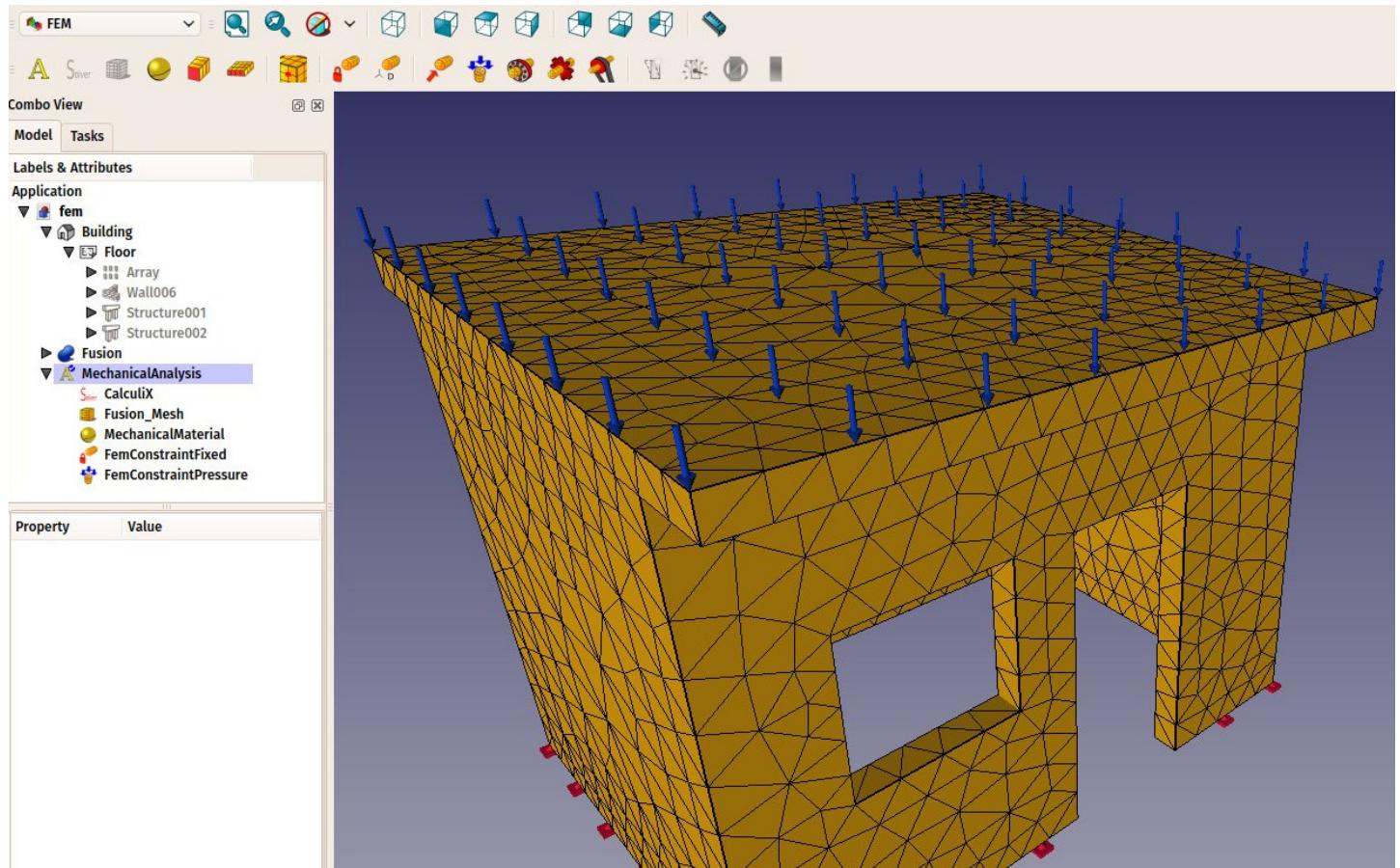
- Nous pouvons maintenant définir le matériau à appliquer à notre maillage. Ceci est important car, en fonction de la force matérielle, notre objet réagira différemment aux forces qui lui sont appliquées. Sélectionnez l'objet d'analyse et appuyez sur le bouton **Nouveau matériau** (🟡 [New Material](#)).
- Un panneau de tâches s'ouvrira pour nous permettre de choisir un matériau. Dans la liste déroulante **Matériaux**, choisissez le matériau en **béton générique** et appuyez sur **OK**.



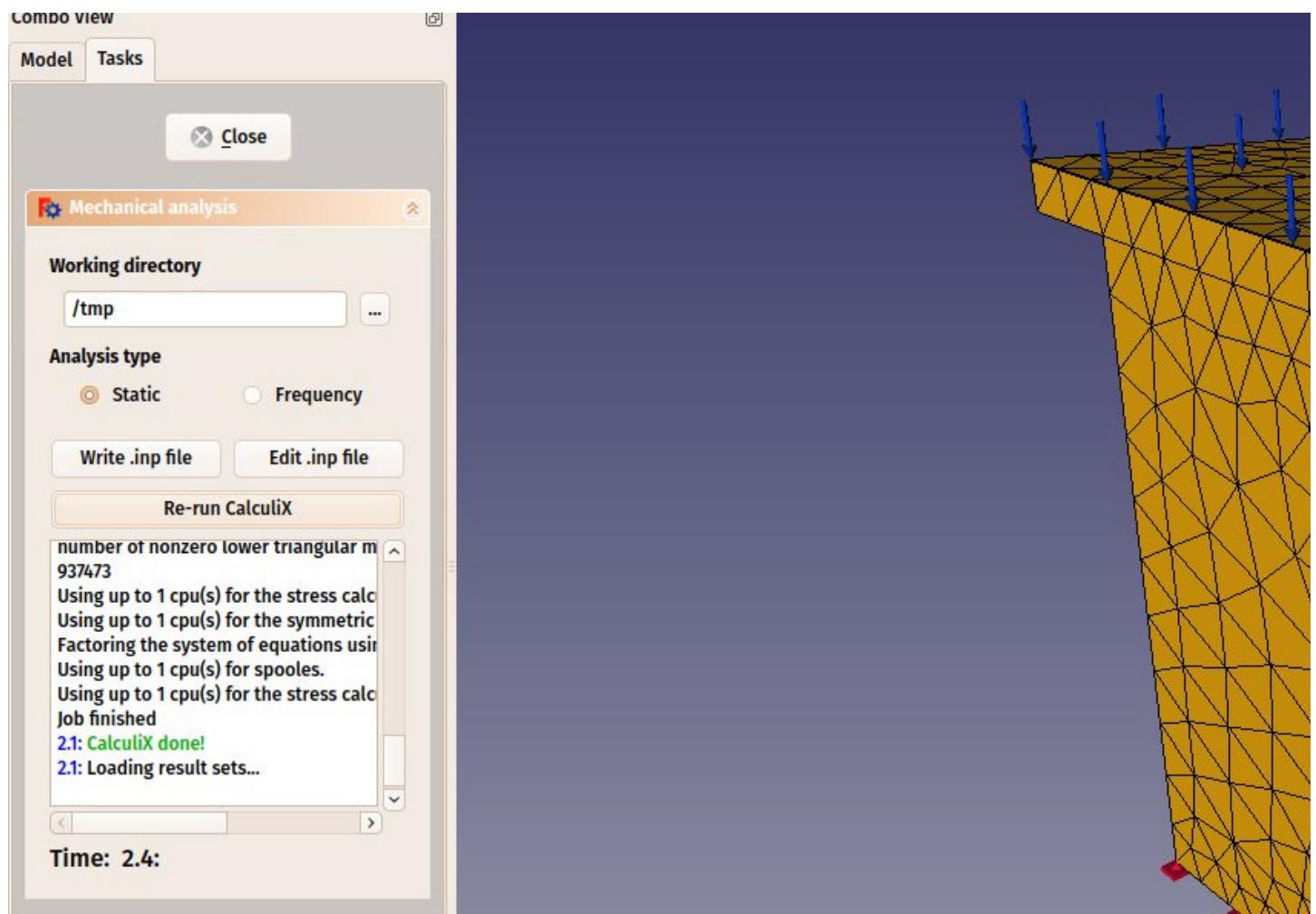
- Nous sommes maintenant prêts à appliquer des forces. Commençons par préciser quelles faces sont fixées dans le sol et ne peuvent donc pas bouger. Appuyez sur le bouton Contrainte Fixe (🔒 [Constraint](#)).
- Cliquez sur la face inférieure de notre bâtiment et appuyez sur OK. La face inférieure est maintenant indiquée comme inébranlable :



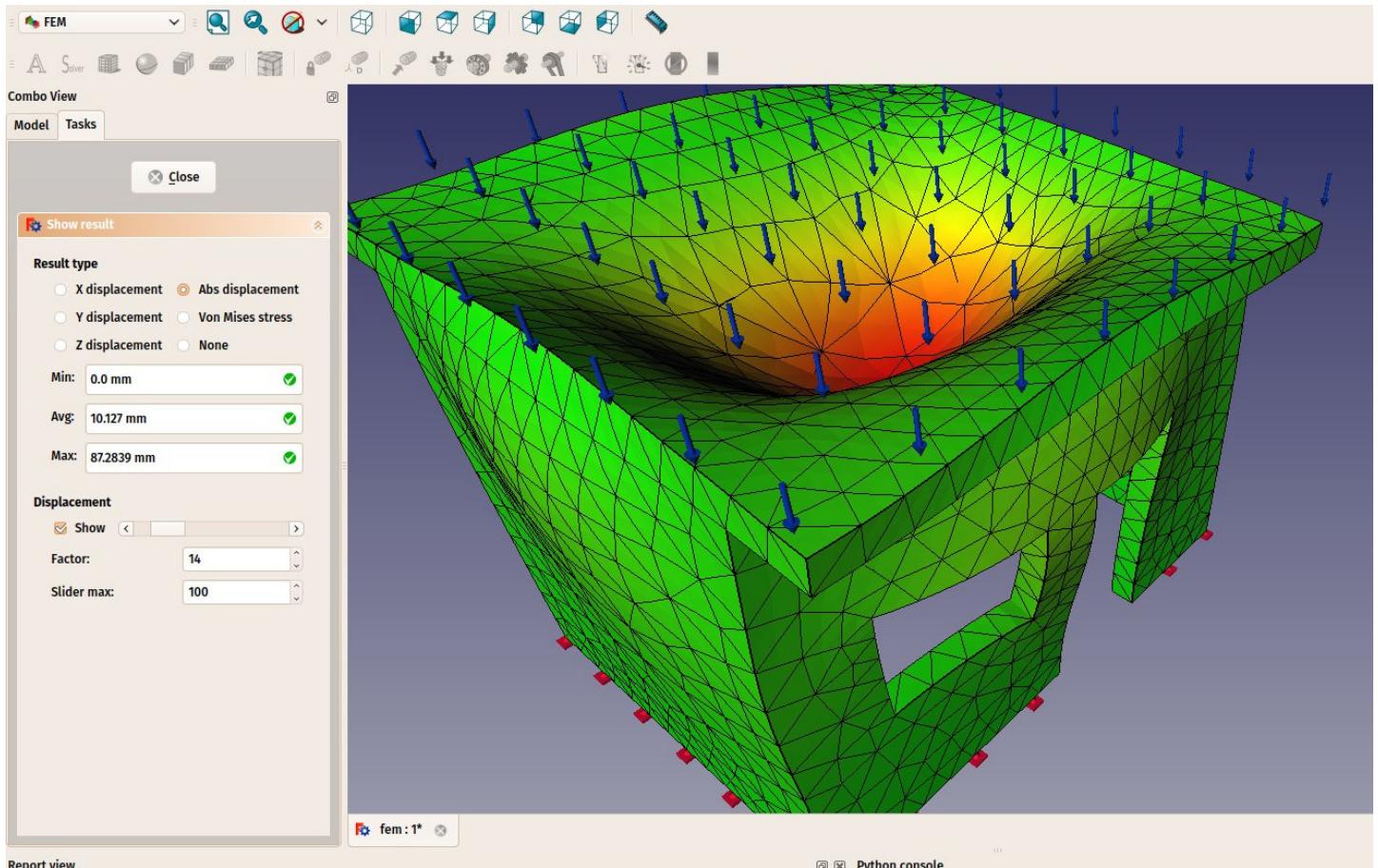
- Nous allons maintenant ajouter une charge sur la face supérieure, qui pourrait représenter, par exemple, un poids massif sur le toit. Pour cela, nous utiliserons une contrainte de pression. Appuyez sur le bouton **Contrainte de pression** ([Constraint pressure](#)).
- Cliquez sur la face supérieure du toit, mettez la pression sur **10 MPa** (la pression est appliquée par millimètre carré) et cliquez sur le bouton **OK**. Notre force est maintenant appliquée :



- Nous sommes maintenant prêts à commencer le calcul. Sélectionnez l'objet **CalculiX** dans l'arborescence et appuyez sur le bouton Démarrer Calcul ( [Start Calculation](#)).
- Dans le panneau de tâches qui s'ouvrira, cliquez d'abord sur le bouton **Écrire le fichier .inp** pour créer le fichier d'entrée pour CalculiX, puis le bouton **Exécuter CalculiX**. Quelques instants après, le calcul sera effectué :



- Nous pouvons maintenant regarder les résultats. Fermez le panneau des tâches et voyez qu'un nouvel objet **Résultats** a été ajouté à notre analyse.
- Double-cliquez sur l'objet **Résultats**.
- Définissez le type de résultat que vous souhaitez voir sur le maillage, par exemple "déplacement absolu", cochez la case à cocher **affichage** sous **Déplacement** et déplacez le curseur à côté de celui-ci. Vous pourrez voir la déformation augmenter lorsque vous appliquez plus de force :



Les résultats affichés par l'atelier FEM ne sont évidemment pas suffisantes pour prendre des décisions dans la vie réelle sur le dimensionnement des structures et les matériaux. Cependant, ils peuvent déjà donner des informations précieuses sur la façon dont les forces traversent une structure et quelles sont les zones faibles qui auront plus de stress.

Téléchargements

- Le fichier créé lors de cet exercice: <https://github.com/yorikvanhavre/FreeCAD-manual/blob/master/files/fem.FCStd>

Lire plus d'informations

- L'atelier FEM: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Fem_atelier
- Installation des composants requis de la FEM: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?Title=FEM_Install
- CalculiX: <http://www.calculix.de/>
- NetGen: <https://sourceforge.net/projects/netgen-mesher/>

1-3-10 Création de rendus

Dans le langage des ordinateurs, un rendu ([rendering](#)) est un mot utilisé pour décrire une belle image produite à partir d'une maquette 3D. Bien sûr, nous pourrions dire que ce que vous voyez dans la vue 3D FreeCAD est déjà sympa. Mais quiconque a vu un film de Hollywood récent sait qu'il est possible de produire des images avec un ordinateur qui ne se distinguent guère d'une photographie.

Bien sûr, produire de telles images photo-réalistes nécessite beaucoup de travail et une application 3D qui offre des outils spécifiques à cela, tels que des contrôles précis pour les matériaux et l'éclairage. FreeCAD étant une application plus orientée vers la modélisation technique, elle ne présente pas d'outil de rendu avancé.

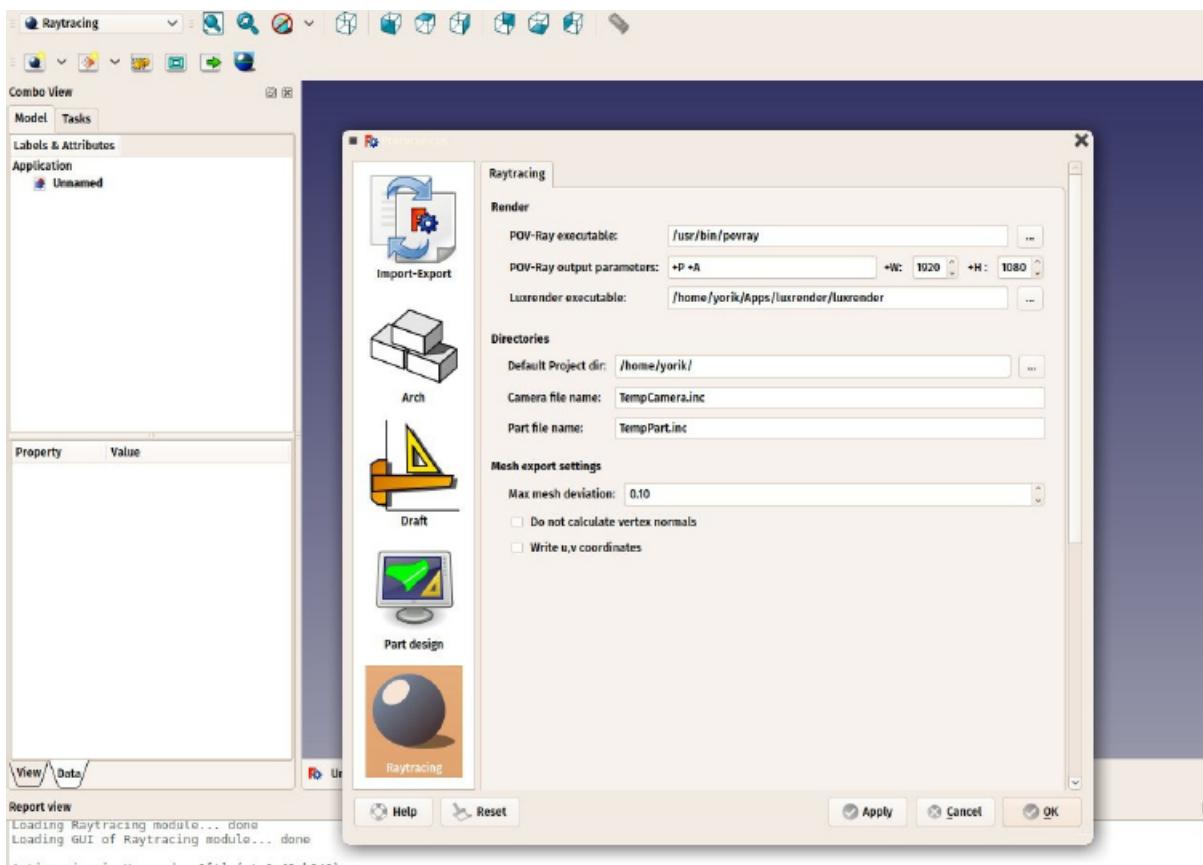
Heureusement, le monde open-source offre de nombreuses applications pour produire des images réalistes. Probablement le plus célèbre est [Blender](#), qui est très populaire et largement utilisé dans les industries du cinéma et du jeu. Les modèles 3D peuvent très facilement et fidèlement être exportés de FreeCAD et importés dans Blender, où vous pouvez ajouter des matériaux et des éclairages réalistes, et produire les images finales ou même des animations.

Certains autres outils de rendu open source sont conçus pour être utilisés dans une autre application, et prendront soin de faire les calculs complexes pour produire des images réalistes. À travers son atelier Raytracing ([Raytracing Workbench](#)), FreeCAD peut utiliser deux de ces outils de rendu : [POV-Ray](#) et [Luxrender](#). POV-Ray est un projet très ancien, et est considéré comme un moteur classique de [raytracing](#), tandis que Luxrender est beaucoup plus récent et est catégorisé comme un moteur de rendu impartial ([unbiased](#) renderer). Les deux ont leurs points forts et leurs faiblesses, selon le type d'image que l'on veut rendre. La meilleure façon de savoir est de regarder des exemples sur les deux sites Web des moteurs de rendu.

Installation

Avant d'être en mesure d'utiliser l'un de ces deux rendus dans l'atelier Raytracing dans FreeCAD, les applications doivent être installées sur votre système. C'est généralement très simple, les deux installateurs sont fournis pour de nombreuses plates-formes ou sont généralement inclus dans les référentiels logiciels de la plupart des distributions Linux.

Une fois que POV-Ray ou Luxrender est installé, nous devons définir le chemin d'accès à son exécutable principal dans les préférences de FreeCAD. Cela n'est généralement nécessaire que sur Windows et Mac. Sur Linux FreeCAD va le choisir parmi les emplacements standard. L'emplacement des exécutables de Povray ou Luxrender peut être trouvé en recherchant simplement dans votre système les fichiers appelés Povray (ou Povray.exe sur Windows) et Luxrender (ou Luxrender.exe sur Windows).

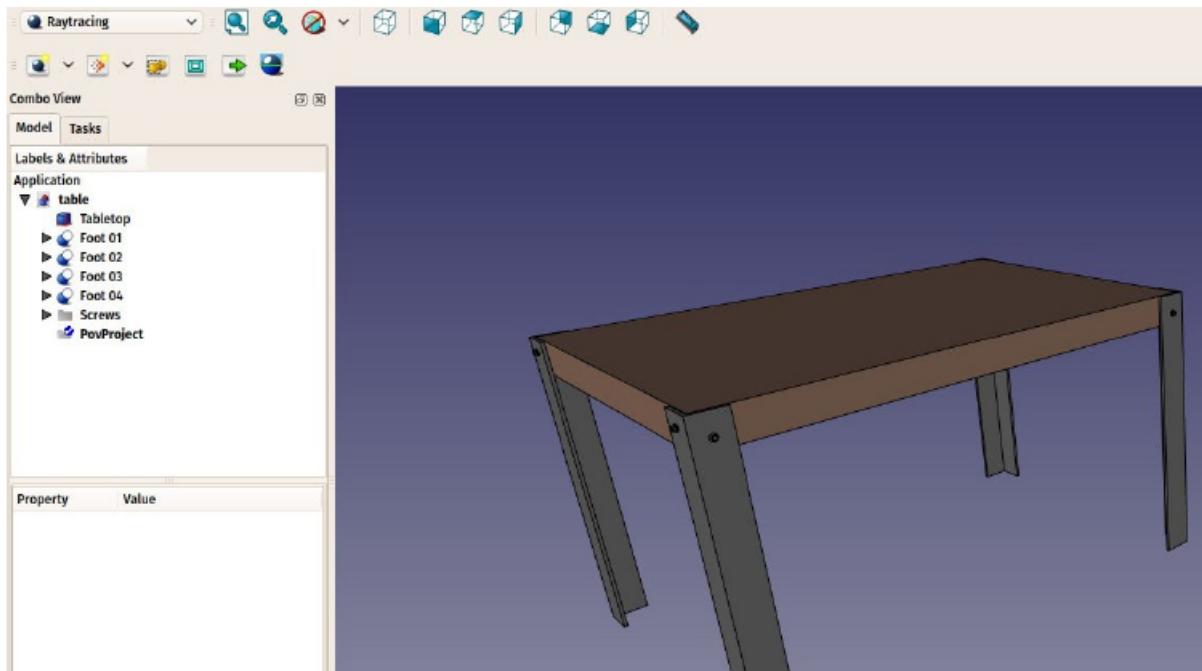


Dans cet écran de préférences, nous pouvons également définir la taille d'image souhaitée que nous voulons produire.

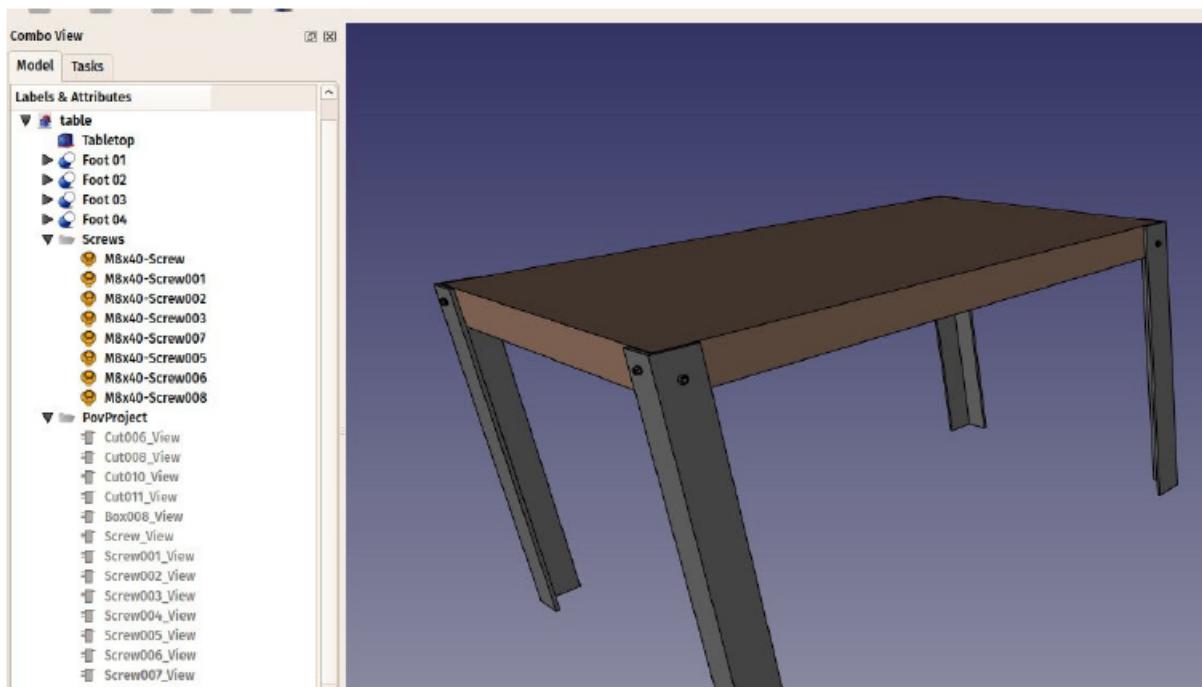
Rendu avec PovRay

Nous allons utiliser la table que nous avons modélisée dans le chapitre sur la modélisation traditionnelle ([traditional modeling](#)) pour produire des rendus avec PovRay et Luxrender.

- Commencez par charger le fichier table.FCStd que nous avons modélisé plus tôt ou à partir du lien au bas de ce chapitre.
- Appuyez sur la petite flèche vers le bas à côté du bouton Nouveau projet Povray ([New Povray project](#)), et choisissez le modèle **RadiosityNormal**.
- Un message d'avertissement peut apparaître indiquant que la vue en 3D actuelle n'est pas dans le mode perspective et le rendu sera donc différent. Correz ceci en choisissant **Non**, en allant dans le menu **Affichage-> Vue en perspective** et en choisissant à nouveau le modèle **RadiosityNormal**.
- Vous pouvez également essayer d'autres modèles après avoir créé un nouveau projet, simplement en éditant les Propriétés du modèle.
- Un nouveau projet a été créé :

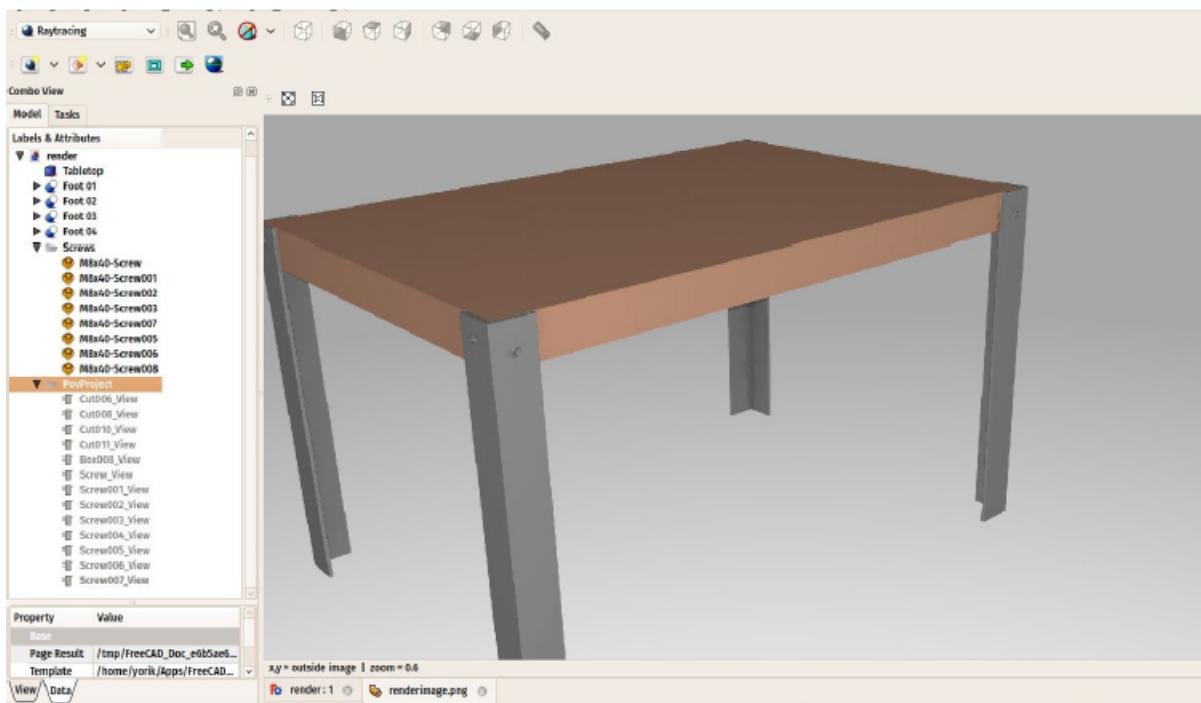


- Le nouveau projet a adopté le point de vue de la vue 3D comme il était au moment où nous avons appuyé sur le bouton. Nous pouvons modifier la vue et mettre à jour la position de vue stockée dans le projet Povray en tout temps, en appuyant sur le bouton Réinitialiser la caméra ([Reset camera](#)).
- L'atelier Raytracing fonctionne de la même manière que l'atelier Drawing ([Drawing Workbench](#)) : une fois que le dossier de projet est créé, nous devons ajouter des **vues** de nos objets. Nous pouvons maintenant le faire en sélectionnant tous les objets qui composent la table, en appuyant sur le bouton Insérer une pièce ([Insert part](#)) :



- Les vues ont pris les valeurs de couleur et de transparence à partir de leurs pièces d'origine, mais vous pouvez modifier cela dans les propriétés de chaque vue individuelle si vous le souhaitez.
- Nous sommes maintenant prêts à produire notre premier rendu avec Povray. Appuyez sur le bouton Effectuer le rendu ([Render](#)).

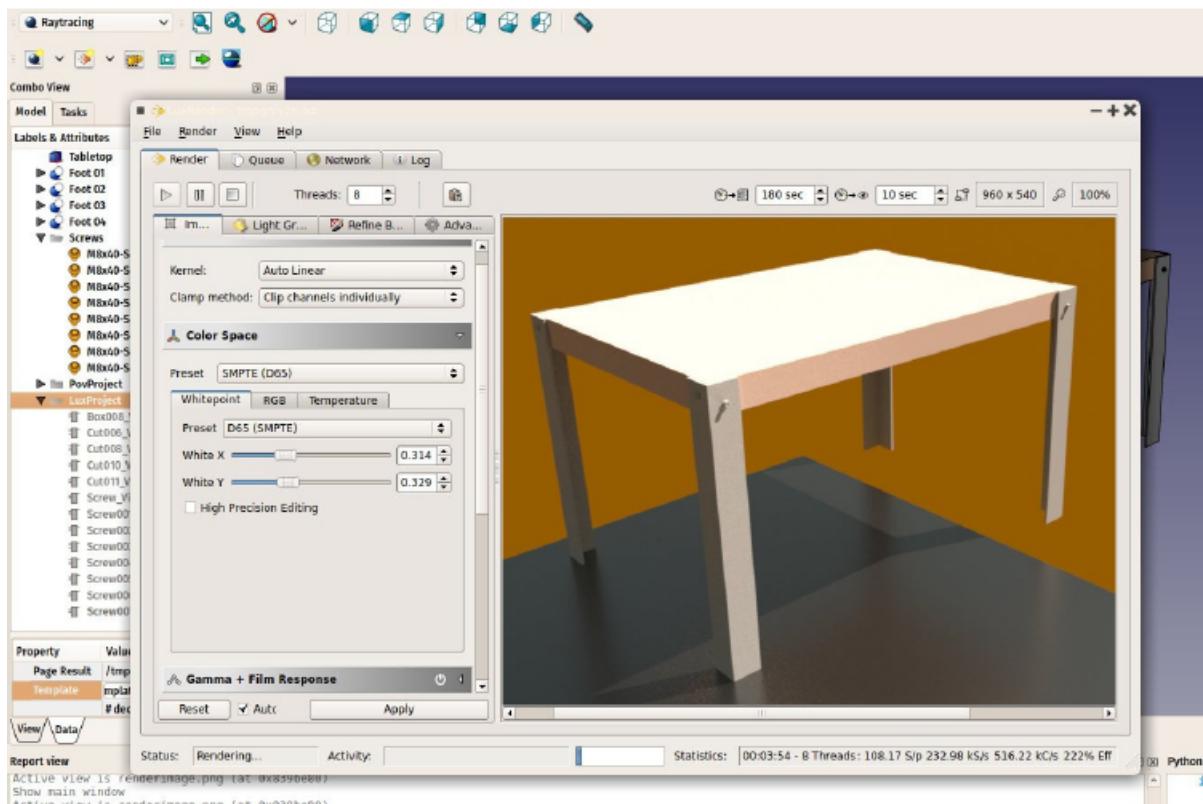
- Remarque pour les utilisateurs de Windows : lors de la réception (dans povray) d'un avertissement indiquant que "les restrictions d'E / S interdisent l'accès en écriture ..."
 - Ouvrez Povray.
 - Choisissez "Options> Restrictions E / S du script" et assurez-vous qu'il est défini sur "Aucune restriction"
 - Relancez Effectuer le rendu.
- Vous devrez donner un nom de fichier et un chemin d'accès pour l'image .png qui sera enregistrée par Povray.
- L'application Povray se lancera et calculera alors l'image.
- Lorsque cela est fait, cliquez simplement sur l'image pour fermer la fenêtre de povray. Le résultat de l'image sera chargée dans FreeCAD :



Rendu avec LuxRender

- Le rendu avec Luxrender fonctionne presque de la même manière. Nous pouvons laisser notre dossier ouvert et créer un nouveau projet Luxrender dans le même fichier, ou le recharger pour démarrer à partir de zéro.
- Appuyez sur la petite flèche vers le bas à côté du bouton Nouveau projet Luxrender ([New Luxrender project](#)) et choisissez le Modèle **LuxOutdoor**.
- Sélectionnez tous les composants de la table. Si vous avez toujours le projet Povray dans votre document, assurez-vous également de sélectionner le projet **lux** lui-même, de sorte que les vues créées dans la prochaine étape ne vont pas dans le mauvais projet par erreur.
- Appuyez sur le bouton Insérer une pièce ([Insert part](#)).
- Sélectionnez le projet Luxrender et appuyez sur le bouton Effectuer le rendu ([Render](#)).

- Luxrender fonctionne différemment de Povray. Lorsque vous démarrez le rendu, l'application luxrender s'ouvre et commence immédiatement le calcul du rendu :



- Si vous quittez la fenêtre ouverte, Luxrender continuera à calculer et à donner le rendu définitif, en affinant progressivement l'image. C'est à vous de décider quand l'image atteint une qualité suffisante pour vos besoins et d'arrêter le calcul du rendu.
- Il existe également de nombreux contrôles à tester ou régler, sur le panneau de gauche. Tous ces contrôles modifient l'aspect de l'image en temps réel, sans arrêter le calcul du rendu.
- Lorsque vous sentez que la qualité est suffisante, appuyez simplement sur **Calcul du Rendu-> stop**, puis sur **Fichier-> Exporter vers une image-> Gamme dynamique faible en mode toner (File->Export to image->Tonemapped low dynamic range)** pour enregistrer l'image rendue dans un fichier .Png.

Vous pouvez étendre considérablement les possibilités de rendu de FreeCAD en créant de nouveaux modèles pour Povray ou Luxrender. Ceci est expliqué dans la documentation de l'atelier Raytracing ([Raytracing Workbench documentation](#)).

Téléchargements

- Le modèle de table: <https://github.com/yorikvanhavre/FreeCADmanual/blob/master/files/table.FCStd>
- Le fichier produit lors de cet exercice:
<https://github.com/yorikvanhavre/FreeCADmanual/blob/master/files/render.FCStd>

Lire plus d'informations

- L'atelier Raytracing: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Raytracing_Module
- Blender: <http://www.blender.org>
- POV-Ray: <http://www.povray.org>
- Luxrender: <http://www.luxrender.net>

1-4 Scripts Python

1-4-1 Une introduction douce

[Python](#) est un langage de programmation open-source largement répandu, très souvent utilisé comme langage de script, intégré dans les applications, comme c'est le cas avec FreeCAD. Il a également une série de fonctionnalités qui le rend particulièrement intéressant pour nous les utilisateurs de FreeCAD: il est très facile à apprendre, spécialement pour les personnes qui n'avaient jamais programmé auparavant, et il est intégré dans beaucoup d'autres applications, ce qui en fait un outil très précieux à apprendre, car vous pourrez l'utiliser dans de nombreuses autres applications, telles que [Blender](#), [Inkscape](#) ou [GRASS](#).

FreeCAD utilise largement Python. Avec cela, vous pouvez accéder et contrôler presque toutes les caractéristique de FreeCAD. Vous pouvez, par exemple, créer de nouveaux objets, modifier leur géométrie, analyser leur contenu, ou même créer de nouveaux contrôles d'interface, des outils et des panneaux. Certains ateliers de FreeCAD et la plupart des ateliers supplémentaires sont entièrement programmés en python. FreeCAD dispose d'une console python avancée, disponible dans le menu **Affichage-> Panneaux-> Console Python**. Il est souvent utile pour effectuer des opérations pour lesquelles il n'existe pas encore de barre d'outils, ou pour vérifier des formes pour certains problèmes, ou pour effectuer des tâches répétitives :



Mais la console python a également une autre utilisation très importante : chaque fois que vous appuyez sur un bouton d'une barre d'outils ou effectuez d'autres opérations dans FreeCAD, un code python est imprimé dans la console et exécuté. En laissant la console Python ouverte, vous pouvez voir littérairement le code Python se dérouler comme vous travaillez, et en un rien de temps, presque sans le savoir, vous apprendrez quelques éléments du langage python.

FreeCAD possède également un système de macros ([macros system](#)) qui vous permet d'enregistrer les actions à reporter plus tard. Ce système utilise également la console Python, en enregistrant simplement tout ce qui se fait.

Dans ce chapitre, nous découvrirons très généralement le langage Python. Si vous êtes intéressé pour en apprendre davantage, le wiki de la documentation de FreeCAD contient une vaste section liée à la programmation Python ([python programming](#)).

1-4-1-1 Ecriture du code Python

Il existe deux façons simples d'écrire le code python dans FreeCAD : à partir de la console python (menu **Affichage -> Panneaux -> Console Python**), ou à partir de l'Éditeur Macro (menu **Outils -> Macros → Nouveau**). Dans la console, vous écrivez les commandes python une par une, qui sont exécutées lorsque vous appuyez sur retour, alors que les macros peuvent contenir un script plus complexe composé de plusieurs lignes, qui n'est exécuté que lorsque la macro est lancée à partir de la même fenêtre Macros.

Dans ce chapitre, vous pourrez utiliser les deux méthodes, mais il est fortement recommandé d'utiliser la Console Python, car elle vous informera immédiatement de toute erreur que vous pourrez faire lors de la saisie.

Si c'est la première fois que vous utilisez le codage Python, pensez à lire cette brève introduction à la programmation Python ([introduction to Python programming](#)) avant d'aller plus loin, cela rendra les concepts de base de Python plus clairs.

1-4-1-2 Manipulation d'objets FreeCAD

Commençons par créer un nouveau document vide :

```
Doc = FreeCAD.newDocument ()
```

Si vous tapez ceci dans la console python de FreeCAD, vous remarquerez que dès que vous entrez "FreeCAD." (le mot FreeCAD suivi d'un point), une fenêtre apparaît, permettant rapidement de compléter le reste de votre ligne. Encore mieux, chaque entrée dans la liste des autocomplétions a une bulle d'aide expliquant ce qu'elle fait. Il est donc très facile d'explorer la fonctionnalité disponible.

Avant de choisir "newDocument", regardez les autres options disponibles.



Dès que vous appuyez sur **Entrée**, notre nouveau document sera créé. Cela ressemble à la pression sur le bouton "nouveau document" dans la barre d'outils. En Python, le point sert à indiquer quelque chose qui est contenu dans quelque chose d'autre (newDocument est une fonction qui se trouve dans le module FreeCAD). La fenêtre qui s'affiche vous montre donc tout ce qui est contenu dans "FreeCAD". Si vous souhaitez ajouter un point après le nouveau document, au lieu des parenthèses, cela vous montrerait tout ce qui est contenu dans la nouvelle fonction newDocument. Les parenthèses sont obligatoires lorsque vous appelez une fonction Python, comme celle-ci. Nous allons mieux illustrer cela ci-dessous.

Revenons maintenant à notre document. Voyons ce que nous pouvons faire avec ça :

```
doc.
```

Explorez les options disponibles. Habituellement, les noms qui commencent par une lettre majuscule sont des attributs, ils contiennent une valeur, alors que les noms commençant par une petite lettre sont des fonctions (également appelées méthodes), ils "font quelque chose". Les noms commençant par un trait de soulignement sont habituellement là pour le fonctionnement interne du module, et vous ne devriez pas vous en occuper. Utilisons l'une des méthodes pour ajouter un nouvel objet à notre document :

```
box=doc.addObject("Part::Box", "myBox")
```

Notre boîte est ajoutée dans l'arborescence, mais rien ne se passe encore dans la vue 3D, car quand on travaille avec Python, le document n'est jamais recalculé automatiquement. Nous devons le faire manuellement, chaque fois que nous avons besoin :

```
Doc.recompute()
```

Maintenant, notre boîte est apparue dans la vue 3D. Beaucoup des boutons de la barre d'outils qui ajoutent des objets dans FreeCAD font en fait deux choses : ils ajoutent l'objet et recalculent. Si vous avez activé l'option "montrer les commandes du script dans la console python" ci-dessus, essayez maintenant d'ajouter une sphère avec le bouton approprié dans l'atelier Part, et vous verrez les deux lignes du code python exécutées l'une après l'autre.

Vous pouvez obtenir une liste de tous les types d'objets possibles, comme Part :: Box:

```
Doc.supportedTypes()
```

Voyons maintenant le contenu de notre boîte :

```
box.
```

Vous verrez immédiatement quelques choses très intéressantes telles que :

```
box.Height
```

Cela va imprimer la hauteur actuelle de notre boîte. Maintenant, essayons de changer cela :

```
box.Height=5
```

Si vous sélectionnez votre boîte avec la souris, vous verrez cela dans le panneau des propriétés, sous l'onglet **Données**, notre propriété **Hauteur** apparaît avec la nouvelle valeur. Toutes les propriétés d'un objet FreeCAD qui apparaissent dans les onglets **Données** et **Affichage** sont directement accessibles par Python aussi, par leur noms, comme nous l'avons fait avec la propriété Height. Les propriétés des données sont accessibles directement depuis l'objet lui-même, par exemple :

```
Box.Length
```

Les propriétés de vue sont stockées dans un **ViewObject**. Chaque objet FreeCAD possède un ViewObject, qui stocke les propriétés de visualisation de l'objet. Lors de l'exécution de FreeCAD sans son interface graphique (par exemple lors du lancement par un terminal avec l'option de ligne de commande -c, ou l'utilisation à partir d'un autre script Python), le ViewObject n'est pas disponible, car il n'y a pas de visuel du tout.

Par exemple, pour accéder à la couleur de ligne de notre boîte :

```
Box.ViewObject.LineColor
```

1-4-1-3 Vecteurs et emplacements

Les vecteurs sont un concept très fondamental dans n'importe quelle application 3D. C'est une liste de 3 nombres (x, y et z), décrivant un point ou une position dans l'espace 3D. Beaucoup de choses peuvent être faites avec les vecteurs, telles que des ajouts, des soustractions, des projections et bien plus encore. Dans les vecteurs FreeCAD travaillez comme ceci :

```
myvec=FreeCAD.Vector(2,0,0)
print(myvec)
print(myvec.x)
print(myvec.y)
othervec=FreeCAD.Vector(0,3,0)
sumvec=myvec.add(othervec)
```

Une autre caractéristique commune des objets FreeCAD est leur **Positionnement** (placement). Comme nous l'avons vu dans les chapitres précédents, chaque objet a une propriété de placement, qui contient la position (Base) et orientation (Rotation) de l'objet. Il est facile de manipuler avec Python, par exemple pour déplacer notre objet :

```

print(box.Placement)
print(box.Placement.Base)
box.Placement.Base=sumvec
otherpla=FreeCAD.Placement()
otherpla.Base=FreeCAD.Vector(5,5,0)
box.Placement=otherpla

```

Lire plus d'informations

- Python: <https://www.python.org/>
- Utilisation des macros: <http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Macros>
- Introduction au script Python: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?Title=Introduction_to_Python
- En utilisant Python dans FreeCAD: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?Title=Python_scripting_tutorial
- Le hub wiki de script Python: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?Title=Power_users_hub

1-4-2 Création et manipulation de la géométrie

Dans les chapitres précédents, nous avons appris les différents ateliers de FreeCAD, et que chacun d'entre eux met en œuvre ses propres outils et types de géométrie. Les mêmes concepts s'appliquent lorsque vous travaillez à partir du code Python.

Nous avons également vu que la grande majorité des ateliers de FreeCAD dépendent d'un atelier très fondamental : l'atelier Part ([Part Workbench](#)). En fait, d'autres ateliers, tels que [Draft](#) ou [Arch](#), font exactement ce que nous allons faire dans ce chapitre : ils utilisent le code Python pour créer et manipuler la géométrie des pièces.

Donc, la première chose que nous devons faire pour travailler avec la géométrie des pièces, c'est de faire l'équivalent en Python à la connexion vers l'atelier Part : importer le module Part :

```
import Part
```

Prenez une minute pour explorer le contenu du module Part, en tapant Part. Et la navigation à travers les différentes méthodes proposées ici. Le module Part offre plusieurs fonctions commodes telles que makeBox, makeCircle, etc ... qui vont créer un objet pour vous instantanément. Essayez ceci, par exemple :

```
Part.makeBox (3,5,7)
```

Lorsque vous appuyez sur Entrée après avoir tapé la ligne ci-dessus, rien n'apparaîtra dans la vue 3D, mais quelque chose comme ça sera imprimé dans la console Python :

```
<Solid object at 0x5f43600>
```

C'est là qu'un concept important intervient. Ce que nous avons créé ici est une forme de pièce. Ce n'est pas un document objet de FreeCAD (pas encore). Dans FreeCAD, les objets et leur géométrie sont indépendants. Pensez à un document objet de FreeCAD en tant que conteneur, qui accueillera une forme. Les objets paramétriques auront également des propriétés telles que Longueur et Largeur et recalculeront leur forme à la volée, chaque fois que l'une des propriétés change. Ce que nous avons fait ici est de calculer une forme manuellement.

Nous pouvons maintenant créer facilement un document objet "générique" dans le document actuel (assurez-vous que vous avez au moins un nouveau document ouvert), et donnez-lui une forme de boîte comme nous venons de le faire :

```

boxShape = Part.makeBox(3,5,7)
myObj = FreeCAD.ActiveDocument.addObject("Part::Feature","MyNewBox")

```

```
myObj.Shape = boxShape  
FreeCAD.ActiveDocument.recompute()
```

Notez comment nous avons traité myObj.Shape, voyez que cela se fait exactement comme nous l'avons fait dans le chapitre précédent, lorsque nous avons changé d'autres propriétés d'un objet, comme box.Height=5. En réalité, **Forme** (Shape) est également une propriété, tout comme **Hauteur**. Seulement il faut une forme de Part (Part Shape), pas un nombre. Au prochain chapitre, nous examinerons plus en profondeur la façon dont ces objets paramétriques sont construits.

Pour l'instant, explorons nos formes de pièces plus en détail. À la fin du chapitre à propos de la modélisation traditionnelle avec l'atelier Part nous avons montré un tableau qui explique comment les formes sont construites dans Part ainsi que leurs différents composants (sommets, arêtes, faces, etc.). Les mêmes composants existent ici et peuvent être récupérés à partir de Python. Toute forme de Part a toujours les attributs suivants : sommets, arêtes, lignes, faces, coquilles et solides. Tous constituent des listes, qui peuvent contenir n'importe quel nombre d'éléments ou être vides :

```
print(boxShape.Vertexes)  
print(boxShape.Edges)  
print(boxShape.Wires)  
print(boxShape.Faces)  
print(boxShape.Shells)  
print(boxShape.Solids)
```

Par exemple, découvrons la zone de chaque face de notre forme de boîte ci-dessus :

```
for f in boxShape.Faces:  
    print(f.Area)
```

Ou, pour chaque arête, son point de départ et son point final :

```
for e in boxShape.Edges:  
    print("New edge")  
    print("Start point:")  
    print(e.Vertexes[0].Point)  
    print("End point:")  
    print(e.Vertexes[1].Point)
```

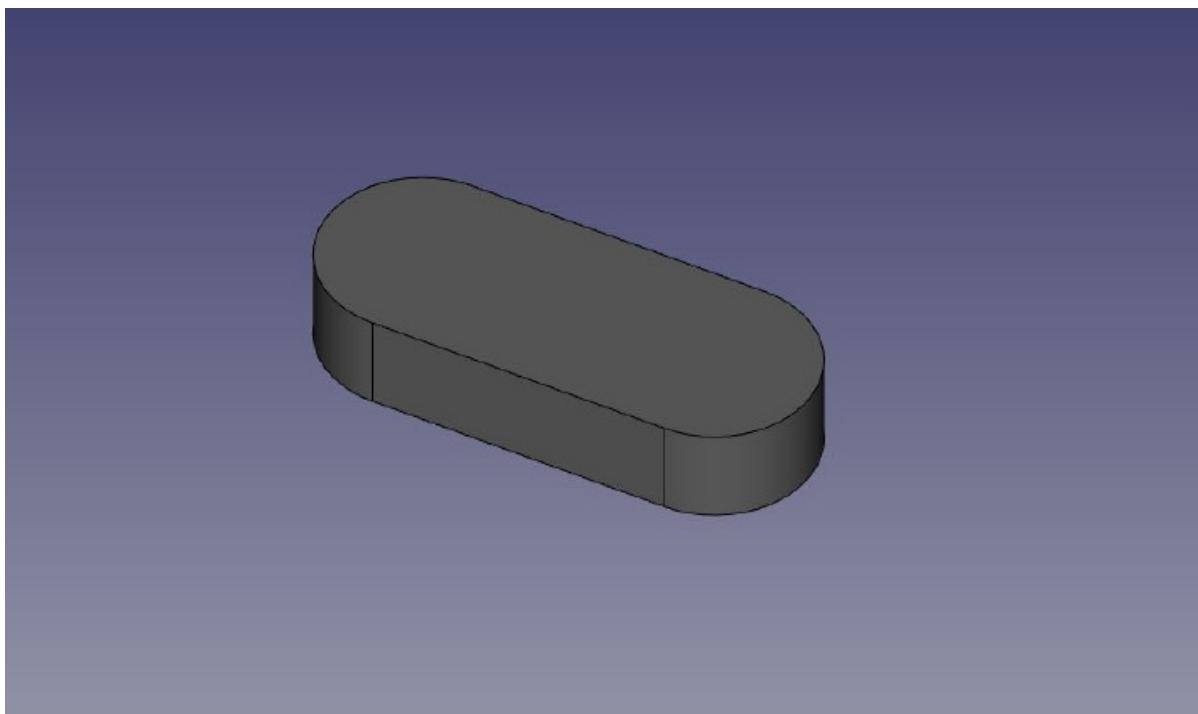
Comme vous le voyez, si notre boxShape a un attribut "Vertexes", chaque Edge de la BoxShape a également un attribut "Vertexes". Comme nous pouvons nous y attendre, le BoxShape aura 8 sommets (Vertexes), tandis que l'arête en aura seulement 2, qui font partie de la liste des 8.

Nous pouvons toujours vérifier quel est le type de forme :

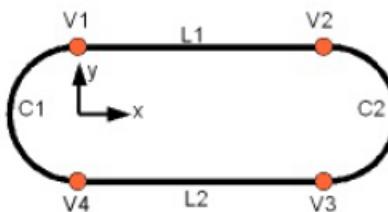
```
print(boxShape.ShapeType)  
print(boxShape.Faces[0].ShapeType)  
print(boxShape.Vertexes[2].ShapeType)
```

Donc, pour reprendre tout le diagramme des Formes Part : Tout commence par Vertices (sommets). Avec un ou deux sommets, vous formez un Edge (arête) (les cercles complets n'ont qu'un seul sommet). Avec une ou plusieurs arêtes, vous formez une ligne composite (wire). Avec une ou plusieurs lignes fermées, vous formez une face (les lignes supplémentaires deviennent des «trous» dans la face). Avec une ou plusieurs Faces, vous créez une coquille (Shell). Quand une coquille est entièrement fermée (étanche), vous pouvez former un solide. Et enfin, vous pouvez joindre n'importe quel nombre de Formes de tous types ensemble, ce qui s'appelle alors un composé.

Nous pouvons maintenant essayer de créer des formes complexes à partir de zéro, en construisant tous leurs composants un par un. Par exemple, essayons de créer un volume comme celui-ci :



Nous commencerons par créer une forme planaire comme celle-ci :



D'abord, créons les quatre points de base :

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

Ensuite, nous pouvons créer les deux segments de droites :



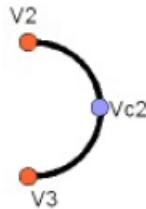
```
L1 = Part.Line(V1,V2)
L2 = Part.Line(V4,V3)
```

Notez-vous que nous n'avons pas eu besoin de créer Vertices. Nous pourrions immédiatement créer Parts.Lines à partir des Vecteurs FreeCAD. C'est parce que nous n'avons pas encore créé Edges.

Un Part.Line (aussi bien que Part.Circle, Part.Arc, Part.Ellipse ou PArt.BSpline) ne crée pas un Edge, mais plutôt une géométrie de base sur laquelle un Edge sera créé. Les arêtes sont toujours fabriquées à partir d'une telle géométrie de base, qui est dénommée son attribut Curve. Donc, si vous avez un Edge, faire :

```
print(Edge.Curve)
```

vous montrera de quel type de Edge il s'agit, c'est-à-dire s'il est basé sur une ligne, un arc, etc. Mais revenons à notre exercice et construisons les segments d'arc. Pour cela, nous aurons besoin d'un troisième point, afin que nous puissions utiliser le commode **Part.Arc**, qui prend 3 points :



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

Maintenant, nous avons 2 lignes (L1 et L2) et 2 arcs (C1 et C2). Nous devons les transformer en arêtes :

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

Alternativement, les géométries de base ont également une fonction **toShape()** qui fait exactement la même chose :

```
E1 = L1.toShape()
E2 = L2.toShape()
...
```

Une fois que nous avons une série d'arêtes, nous pouvons maintenant former une ligne composite (Wire), en lui donnant une liste d'arêtes. Nous n'avons pas besoin de prendre soin de l'ordre. OpenCasCade, le "moteur" géométrique de FreeCAD, est extraordinairement tolérant à la géométrie non ordonnée. Il saura ce qu'il faut faire :

```
W = Part.Wire([E1,E2,E3,E4])
```

Et nous pouvons vérifier si notre Wire (ligne composite) a été correctement compris, et qu'il est correctement fermé :

```
print( W.isClosed() )
```

Ce qui imprimera "True" ou "False". Pour faire une Face, nous avons besoin de lignes composites fermées, donc c'est toujours une bonne idée de vérifier cela avant de créer la Face. Maintenant, nous pouvons créer une Face, en lui donnant une seule ligne composite (ou une liste de lignes composites si nous avons des trous) :

```
F = Part.Face(W)
```

Ensuite, nous l'extrudons :

```
P = F.extrude(FreeCAD.Vector(0,0,10))
```

Notez que P est déjà un solide :

```
print(P.ShapeType)
```

Parce que lors de l'extrusion d'une seule Face, nous obtenons toujours un solide. Ce ne serait pas le cas, par exemple, si nous avions extrudé la ligne composite suivante à la place :

```
S = W.extrude(FreeCAD.Vector(0,0,10))
print(s.ShapeType)
```

Ce qui, bien sûr, nous donnera une coquille creuse, les faces supérieure et inférieure manquant.

Maintenant que nous avons notre forme définitive, nous sommes impatients de la voir à l'écran ! Alors, créons un objet générique, et attribuons le à notre nouveau Solid :

```
myObj2 = FreeCAD.ActiveDocument.addObject("Part::Feature","My_Strange_Solid")
myObj2.Shape = P
FreeCAD.ActiveDocument.recompute()
```

De manière uniforme, le module Part fournit également un raccourci qui fait l'opération ci-dessus plus rapidement (mais vous ne pouvez pas choisir le nom de l'objet) :

```
Part.show(P)
```

Tout ce qui précède, et bien plus encore, est expliqué en détail sur la page [Part Scripting](#), en même temps que des exemples.

Lire plus d'informations :

L'atelier Part: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Part_atelier

Script Part: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?Title=Topological_data_scripting

1-4-3 Création d'objets paramétriques

Dans le chapitre précédent, nous avons vu comment créer la géométrie Part et comment l'afficher sur l'écran, en l'attachant à un objet de document "dumb" (non paramétrique). C'est fastidieux quand nous voulons changer la forme de cet objet. Nous devrions créer une nouvelle forme, puis l'attribuer à nouveau à notre objet.

Cependant, nous avons également vu dans tous les chapitres précédents de ce manuel comment les objets paramétriques sont puissants. Il suffit de changer une propriété, et la forme est recalculée à la volée.

En interne, les objets paramétriques ne font rien de différent de ce que nous venons de faire : ils recalculent le contenu de leur propriété Shape, à plusieurs reprises, chaque fois qu'une autre propriété a été modifiée.

FreeCAD fournit un système très pratique pour créer de tels objets paramétriques complètement en Python. Ils consistent en une classe Python simple, qui définit toutes les propriétés dont l'objet a besoin, et ce qui se passera quand une de ces propriétés changera. La structure de l'objet paramétrique est aussi simple que ceci :

```
class myParametricObject:  
    def __init__(self,obj):  
        obj.Proxy = self  
        obj.addProperty("App::PropertyFloat","MyLength")  
        ...  
    def execute(self,obj):  
        print ("Recalculating the shape...")  
        print ("The value of MyLength is:")  
        print (obj.MyLength)  
        ...
```

Toutes les classes Python ont généralement une méthode initiale. Ce qui est à l'intérieur de cette méthode est exécuté lorsque cette classe est instanciée (ce qui signifie, en argot de programmation, qu'un objet Python est créé à partir de cette classe). Comprenez une classe comme un "modèle" pour en créer des copies en direct). Ici dans notre fonction initiale, nous faisons deux choses importantes : 1) stocker notre classe elle-même dans l'attribut "Proxy" de notre document objet FreeCAD, c'est-à-dire que le document objet de FreeCAD portera ce code en lui-même, et 2) créer toutes les propriétés dont notre objet a besoin. Il existe de nombreux types de propriétés disponibles, vous pouvez obtenir la liste complète en tapant ce code :

```
FreeCAD.ActiveDocument.addObject("Part::FeaturePython", "dummy").supportedProperties()
```

Ensuite, la deuxième partie importante est la méthode d'exécution. Tout code dans cette méthode sera exécuté lorsque l'objet est marqué pour être recalculé, ce qui se produira lorsqu'une propriété a été modifiée. C'est tout ce qu'il y a à faire. Dans l'exécution, vous devez faire tout ce qui doit être fait, c'est-à-dire calculer une nouvelle forme, et attribuer à l'objet lui-même quelque chose comme obj.Shape = myNewShape. C'est pourquoi la méthode d'exécution prend un argument "obj" qui sera l'objet du document FreeCAD lui-même, afin que nous puissions le manipuler dans notre code python.

Une dernière chose est importante à retenir : lorsque vous créez de tels objets paramétriques dans un document FreeCAD, lorsque vous enregistrez le fichier, le code python ci-dessus n'est pas stocké dans le fichier. C'est pour des raisons de sécurité, si un fichier FreeCAD contenait un code, n'importe qui pourrait distribuer des fichiers FreeCAD contenant des codes malveillants qui pourraient nuire à d'autres personnes les utilisant sur leurs ordinateurs. Donc, si vous distribuez un fichier contenant des objets fabriqués avec ce qui précède, ce code doit également être présent sur l'ordinateur qui ouvrira le fichier. La manière la plus simple de faire est généralement de sauvegarder le code ci-dessus dans une macro et de distribuer la macro avec

otre fichier FreeCAD ou de partager votre macro sur le dépôt de macros FreeCAD ([FreeCAD macros repository](#)) où n'importe qui peut la télécharger.

Ci-dessous, nous ferons un petit exercice, en construisant un objet paramétrique qui est une simple Face rectangulaire paramétrique. Des exemples plus complexes sont disponibles sur Exemple d'objet paramétrique ([parametric object example](#)) et dans le code source de FreeCAD lui-même ([FreeCAD source code](#)).

Nous allons donner à notre objet deux propriétés : Longueur et Largeur, que nous utiliserons pour construire un rectangle. Puis, puisque notre objet aura déjà une propriété de placement prédéfinie (tout objet géométrique en a une par défaut, il n'est pas nécessaire de l'ajouter nous-mêmes), nous décalerons notre rectangle à l'emplacement / orientation définis dans le Placement, de sorte que l'utilisateur pourra déplacer le rectangle n'importe où en éditant la propriété Placement.

```

class ParametricRectangle:
    def __init__(self,obj):
        obj.Proxy = self
        obj.addProperty("App::PropertyFloat","Length")
        obj.addProperty("App::PropertyFloat","Width")
    def execute(self,obj):
        # we need to import the FreeCAD module here too, because we might be
        running out of the Console
        # (in a macro, for example) where the FreeCAD module has not been imported
        automatically
        import Part,FreeCAD
        # first we need to make sure the values of Length and Width are not 0
        # otherwise the Part.Line will complain that both points are equal
        if (obj.Length == 0) or (obj.Width == 0):
            # if yes, exit this method without doing anything
            return
        # we create 4 points for the 4 corners
        v1 = FreeCAD.Vector(0,0,0)
        v2 = FreeCAD.Vector(obj.Length,0,0)
        v3 = FreeCAD.Vector(obj.Length,obj.Width,0)
        v4 = FreeCAD.Vector(0,obj.Width,0)

        # we create 4 edges
        e1 = Part.Line(v1,v2).toShape()
        e2 = Part.Line(v2,v3).toShape()
        e3 = Part.Line(v3,v4).toShape()
        e4 = Part.Line(v4,v1).toShape()

        # we create a wire
        w = Part.Wire([e1,e2,e3,e4])

        # we create a face
        f = Part.Face(w)

        # All shapes have a Placement too. We give our shape the value of the
        placement
        # set by the user. This will move/rotate the face automatically.
        f.Placement = obj.Placement
        # all done, we can attribute our shape to the object!
        obj.Shape = f

```

Au lieu de coller le code ci-dessus dans la console Python, nous devrions plutôt l'enregistrer quelque part, alors nous pourrons le réutiliser et le modifier ultérieurement. Par exemple dans une nouvelle macro (menu Outils -> Macros → Créer). Nommez-le, par exemple, "ParamRectangle". Cependant, les macros FreeCAD sont enregistrées avec une extension .FCMro, que Python ne reconnaît pas lors de l'importation. Donc, avant d'utiliser le code ci-dessus, nous devrons renommer le fichier ParamRectangle.FCMacro en ParamRectangle.py. Cela se fait simplement à partir de votre explorateur de fichiers, en naviguant vers le dossier Macros indiqué dans le menu Outils -> Macros.

Une fois cela fait, nous pouvons maintenant l'utiliser dans la console Python :

```
import ParamRectangle
```

En explorant le contenu de ParamRectangle, nous pouvons vérifier qu'il contient notre Classe ParametricRectangle.

Pour créer un nouvel objet paramétrique à l'aide de notre classe ParametricRectangle, nous utiliserons le code suivant. Observez que nous utilisons *Part::FeaturePython* au lieu de *Part::Feature* que nous avons utilisé dans les chapitres précédents (la version Python permet de définir notre propre comportement paramétrique):

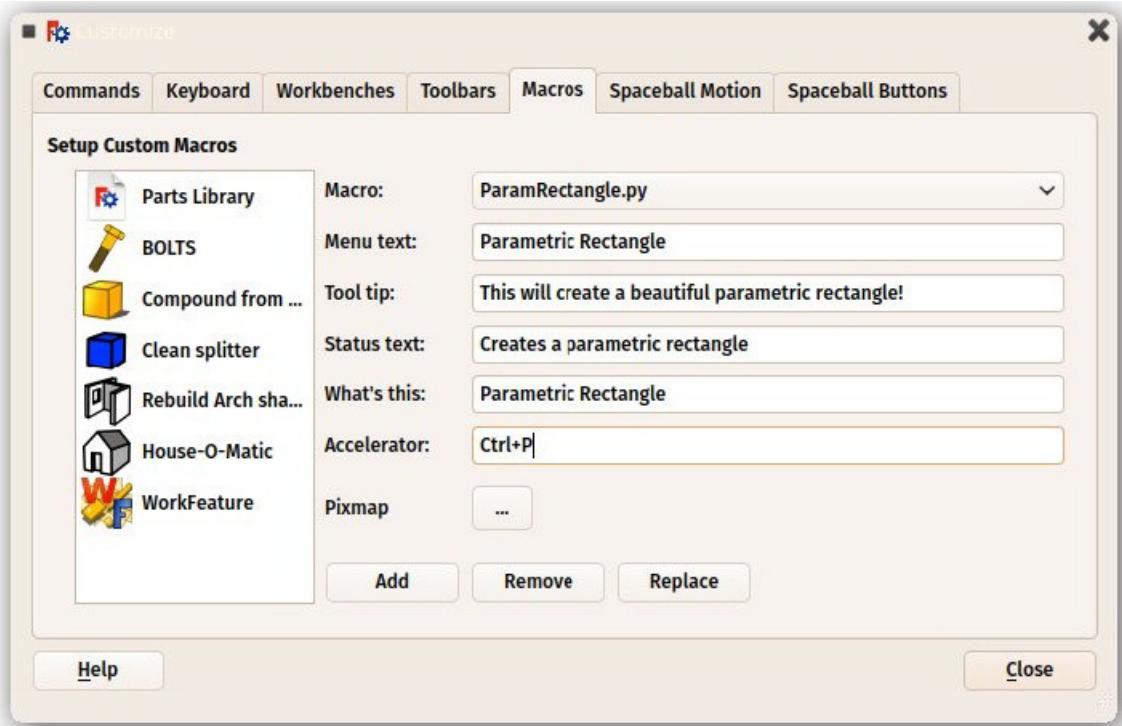
```
myObj = FreeCAD.ActiveDocument.addObject("Part::FeaturePython", "Rectangle")
ParamRectangle.ParametricRectangle(myObj)
myObj.ViewObject.Proxy = 0 # this is mandatory unless we code the ViewProvider too
FreeCAD.ActiveDocument.recompute()
```

Rien ne s'affiche encore à l'écran, car les propriétés Longueur et Largeur sont à 0, ce qui déclenchera notre condition de "ne rien faire" à l'intérieur de l'exécution. Nous devons juste changer les valeurs de Longueur et Largeur, et notre objet apparaîtra magiquement et sera recalculé à la volée.

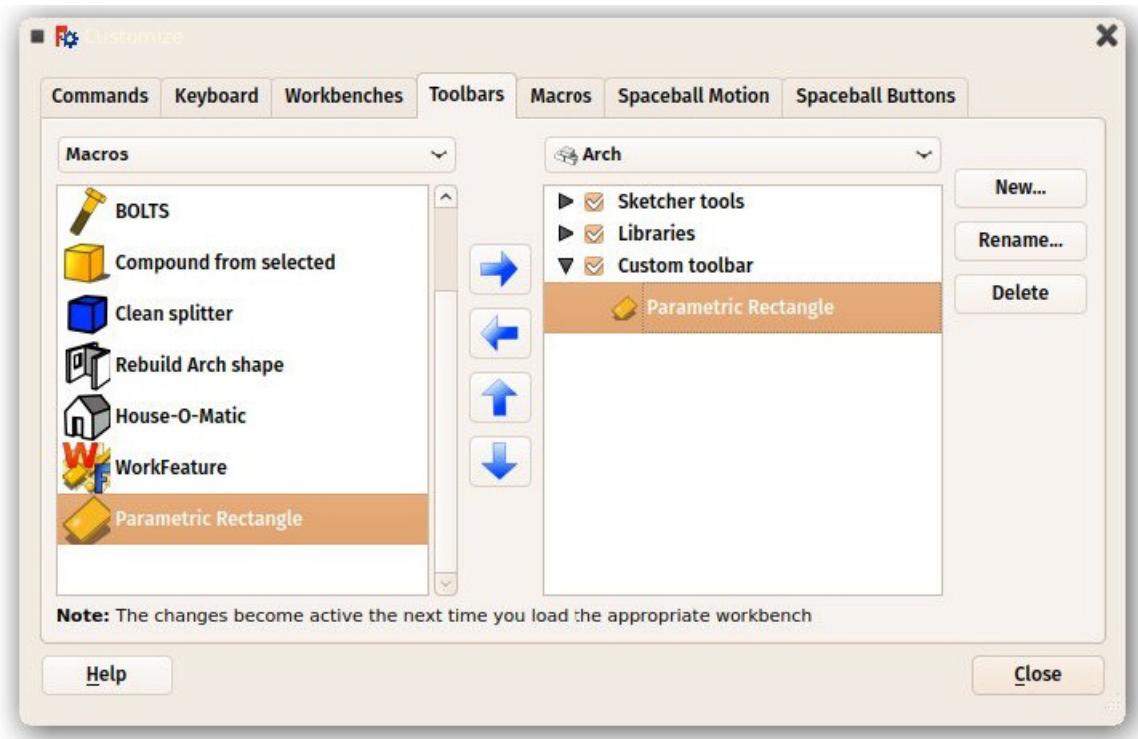
Bien sûr, il serait fastidieux de devoir taper ces 4 lignes de code Python chaque fois que nous voulons créer un nouveau rectangle paramétrique. Une façon très simple de résoudre ceci est de placer les 4 lignes ci-dessus dans notre fichier ParamRectangle.py, à la fin, après la fin de la classe ParametricRectange (nous pouvons le faire à partir de l'éditeur Macro).

Maintenant, lorsque nous tapons *import ParamRectangle*, un nouveau rectangle paramétrique sera automatiquement créé. Encore mieux, nous pouvons ajouter un bouton de barre d'outils qui fera exactement cela :

- Ouvrir le menu **Outils -> Personnaliser**
- Sous l'onglet "Macros", sélectionnez notre macro ParamRectangle.py, complétez les détails au fur et à mesure que vous le souhaitez, et appuyez sur "Ajouter":



- Sous l'onglet Barres d'outils, créez une nouvelle barre d'outils personnalisée dans l'atelier de votre choix (ou globalement), sélectionnez votre macro et ajoutez-la à la barre d'outils :



- Nous avons maintenant un nouveau bouton de barre d'outils qui, lorsqu'il sera cliqué, créera un rectangle paramétrique.

Rappelez-vous, si vous souhaitez distribuer des fichiers créés avec ce nouvel outil à d'autres personnes, ils doivent avoir également installé la macro ParamRectangle.py sur leur ordinateur.

Lire plus d'informations

- Le dépôt de macros FreeCAD: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?Title=Macros_recipes
- Exemple d'objet paramétrique: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?Title=Scripted_objects
- Plus d'exemples dans le code FreeCAD:
<Https://github.com/FreeCAD/FreeCAD/blob/master/src/Mod/TemplatePyMod/FeaturePython.py>

1-4-4 Création d'outils d'interface

Dans les deux derniers chapitres, nous avons vu comment créer la géométrie Part et créer des objets paramétriques. Une dernière pièce manque pour avoir un contrôle total sur FreeCAD : Créer des outils qui interagiront avec l'utilisateur.

Dans de nombreuses situations, il n'est pas très convivial de construire un objet avec des valeurs nulles, comme nous avons fait avec le rectangle dans le chapitre précédent, puis de demander à l'utilisateur de remplir la hauteur et la largeur dans le panneau Propriétés. Cela fonctionne pour un très petit nombre d'objets, mais devient très fastidieux si vous avez beaucoup de rectangles à réaliser. Une meilleure façon serait d'être capable de donner déjà la hauteur et la largeur lors de la création du rectangle.

Python offre un outil de base permettant à l'utilisateur de saisir du texte à l'écran:

```
text = raw_input("Height of the rectangle?")
print("The entered height is ",text)
```

Cependant, cela nécessite une console Python en cours d'exécution et, lors de l'exécution de notre code à partir d'une macro, nous ne sommes pas toujours sûrs que la console Python sera activée sur la machine de l'utilisateur.

L'interface utilisateur graphique ([Graphical User Interface](#)), ou GUI, c'est-à-dire toute la partie de FreeCAD qui s'affiche sur votre écran (le menu, les barres d'outils, la vue 3D, etc.) est tout à cette fin : interagir avec l'utilisateur. L'interface de FreeCAD est construite avec [Qt](#), une trousse d'outils GUI open source très commune qui offre une large gamme d'outils tels que les boîtes de dialogue, les boutons, les étiquettes, les boîtes de saisie de texte ou les menus déroulants (tout cela est généralement appelé "widgets").

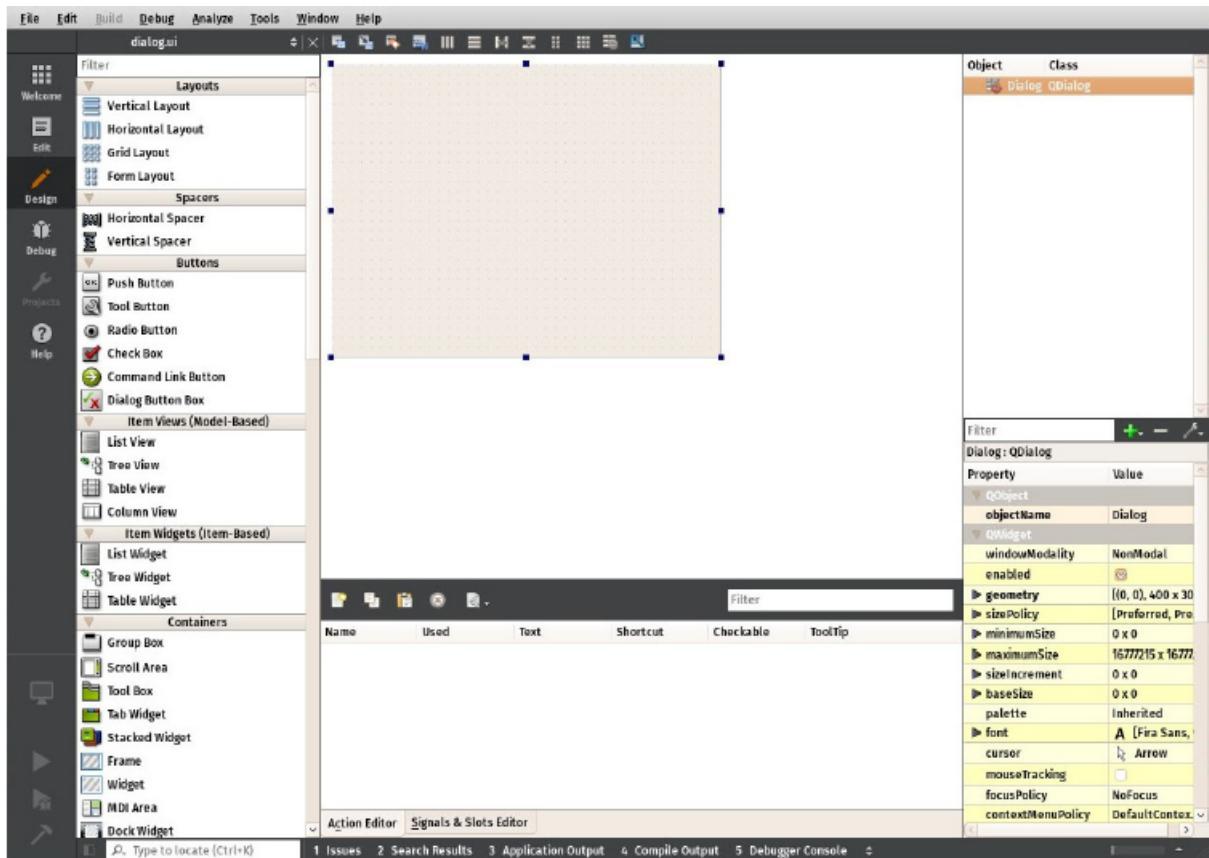
Les outils Qt sont très faciles à utiliser depuis Python, grâce à un module Python appelé [Pyside](#) (Il existe aussi plusieurs autres modules Python pour communiquer avec Qt depuis Python). Ce module vous permet de créer et d'interagir avec des widgets, lire ce que l'utilisateur a fait avec eux (ce qui a été rempli dans des zones de texte) ou faire des choses quand, par exemple, un bouton a été pressé.

Qt fournit également un autre outil intéressant appelé [Qt Designer](#), aujourd'hui incorporé à l'intérieur d'une plus grande application appelée [Qt Creator](#). Il permet de concevoir des boîtes de dialogue et des panneaux d'interface graphiquement, au lieu d'avoir à les coder manuellement. Dans ce chapitre, nous utiliserons Qt Creator pour dessiner un widget de panneau que nous utiliserons dans la barre de tâches de FreeCAD. Donc, vous devrez télécharger et installer Qt Creator à partir de sa [page officielle](#) si vous êtes sur Windows ou Mac (sur Linux, il sera généralement disponible auprès de votre application de gestionnaire de logiciels).

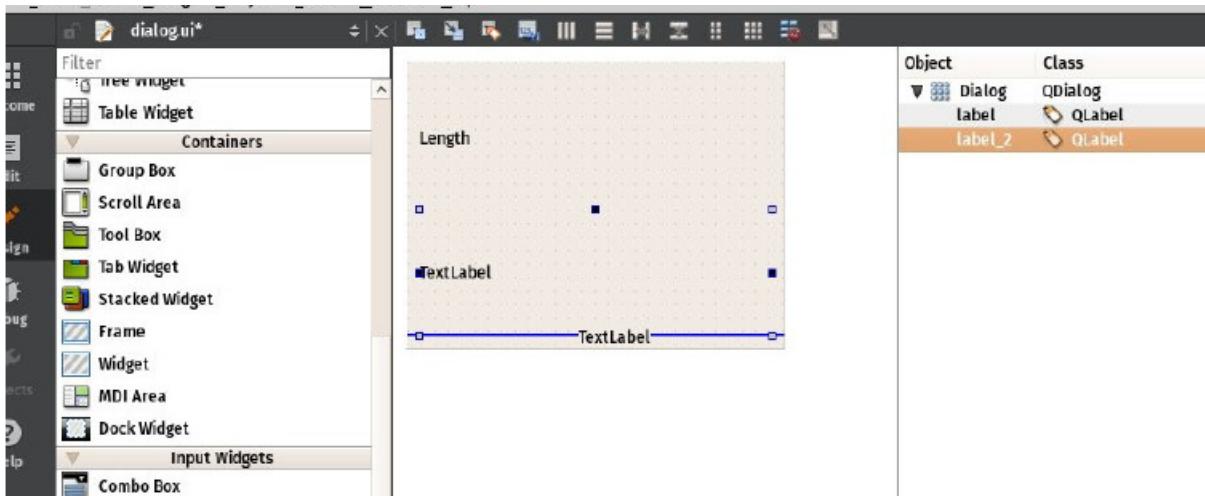
Dans l'exercice suivant, nous allons d'abord créer un panneau avec Qt Creator qui demande les valeurs de longueur, de largeur et de hauteur, alors nous allons créer une classe Python autour de lui, qui lira les valeurs entrées par l'utilisateur à partir du panneau, et créer une boîte avec les dimensions données. Cette classe Python sera ensuite utilisée par FreeCAD pour afficher et contrôler la barre de tâches :



Commençons par créer le widget. Démarrez Qt Creator, puis menu **Fichier -> Nouveau fichier ou projet ->Fichiers et classes -> Qt -> Formulaire Qt Designer -> Boîte de dialogue sans boutons**. Cliquez sur **Suivant**, donnez lui un nom de fichier pour l'enregistrer, cliquez sur **Suivant**, laissez tous les champs de projet à leur valeur par défaut ("") et **Créer**. Le système de tâches de FreeCAD ajoutera automatiquement les boutons OK / Annuler, c'est pourquoi nous avons choisi ici une boîte de dialogue sans boutons.



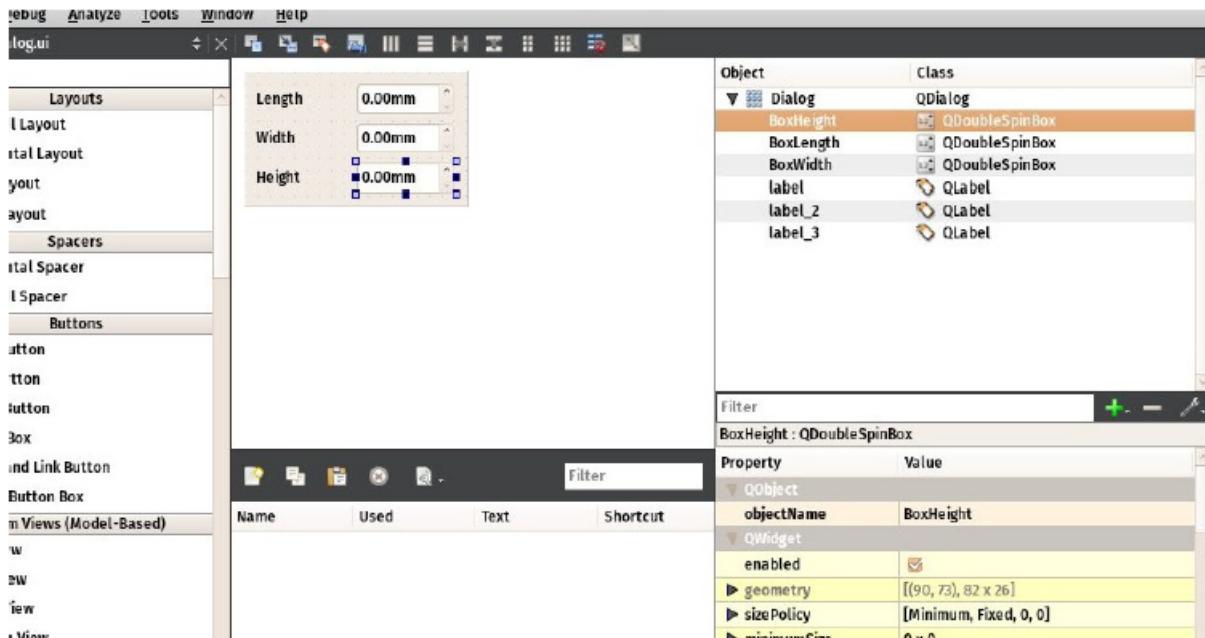
- Trouvez le **Label** (étiquette) dans la liste du panneau de gauche et faites-le glisser sur le canevas de notre widget. Double-cliquez sur l'étiquette récemment placée, et modifiez son texte en **Longueur**.
- Cliquez avec le bouton droit de la souris sur la toile de widget, puis choisissez **Lay out-> Lay out in a Grid**. Cela mettra notre widget dans une grille avec actuellement une seule cellule, occupée par notre première étiquette. Nous pouvons maintenant ajouter les éléments suivants à gauche, à droite, en haut ou en bas de notre première étiquette, et la grille s'étendra automatiquement.
- Ajoutez deux autres étiquettes en dessous de la première et modifiez leur texte sur Largeur et Hauteur :



- Maintenant, placez 3 widgets **Double Spin Box** à côté de nos étiquettes Longueur, Largeur et Hauteur. Pour chacun d'entre eux, dans le panneau inférieur gauche, qui affiche tous les paramètres disponibles pour le Widget sélectionné, localisez **Suffix** et définissez leur suffixe en **mm**. FreeCAD a un Widget plus avancé, qui peut gérer différentes unités, mais cela n'est pas disponible dans Qt Creator par défaut (mais peut être compilé ([compiled](#))), alors, pour l'instant, nous utiliserons une Double Spin Box standard, et nous ajouterons le suffixe "mm" pour nous assurer que l'utilisateur sait dans quelle unité ils fonctionnent :



- Maintenant, notre widget est terminé, il suffit de nous assurer d'une dernière chose. Étant donné que FreeCAD devra accéder à ce widget et lire les valeurs Longueur, Largeur et Hauteur, nous devons donner les noms appropriés à ces widgets, afin que nous puissions les récupérer facilement dans FreeCAD. Cliquez sur chacune des boîtes Double Spin, et dans la fenêtre supérieure droite, double-cliquez sur leur nom d'objet, et modifiez-les par quelque chose de facile à retenir, par exemple : BoxLength, BoxWidth et BoxHeight :



- Enregistrez le fichier, vous pouvez maintenant fermer Qt Creator, le reste se fera dans Python.
- Ouvrez FreeCAD et créez une nouvelle macro dans le menu **Macro -> Macros -> Créer**
- Collez le code suivant. Assurez-vous de modifier le chemin du fichier pour correspondre à l'endroit où vous avez enregistré le fichier .ui créé dans QtCreator :

```

import FreeCAD,FreeCADGui,Part

# CHANGE THE LINE BELOW
path_to_ui = "C:\Users\york\Documents\dialog.ui"

class BoxTaskPanel:
    def __init__(self):
        # this will create a Qt widget from our ui file
        self.form = FreeCADGui.PySideUic.loadUi(path_to_ui)

    def accept(self):
        length = self.form.BoxLength.value()
        width = self.form.BoxWidth.value()
        height = self.form.BoxHeight.value()
        if (length == 0) or (width == 0) or (height == 0):
            print("Error! None of the values can be 0!")
            # we bail out without doing anything
            return
        box = Part.makeBox(length,width,height)
        Part.show(box)
        FreeCADGui.Control.closeDialog()

panel = BoxTaskPanel()
FreeCADGui.Control.showDialog(panel)

```

Dans le code ci-dessus, nous avons utilisé une fonction commode (`PySideUic.loadUi`) à partir du module `FreeCADGui`. Cette fonction charge un fichier .ui, crée un widget Qt à partir de celui-ci et écrit les noms, afin que nous puissions accéder facilement au sous-espace par leurs noms (ex: `self.form.BoxLength`).

La fonction "accepter" est également une commodité offerte par Qt. Lorsqu'il existe un bouton "OK" dans une boîte de dialogue (ce qui est le cas par défaut lors de l'utilisation du panneau des Tâches FreeCAD), toute fonction appelée "accepter" sera automatiquement exécutée lorsque vous appuyez sur le bouton "OK". De même, vous pouvez également ajouter une fonction de "rejet" qui s'exécute lorsque vous appuyez sur le bouton "Annuler". Dans notre cas, nous avons supprimé cette fonction, alors appuyer sur "Annuler" provoquera le comportement par défaut (ne rien faire et fermer la boîte de dialogue).

Si nous implémentons une des fonctions d'acceptation ou de rejet, leur comportement par défaut (ne rien faire et fermer) ne se produira plus. Nous devons donc fermer le panneau de tâches nous-mêmes. Cela se fait avec :

```
FreeCADGui.Control.closeDialog()
```

Une fois que nous avons notre BoxTaskPanel qui a 1) un widget appelé "self.form" et 2) si nécessaire, les fonctions Accepter et Rejeter, nous pouvons ouvrir le panneau de tâches avec lui, ce qui est fait avec ces deux dernières lignes :

```
panel = BoxTaskPanel()
FreeCADGui.Control.showDialog(panel)
```

Notez que le widget créé par PySideUic.loadUi n'est pas spécifique à FreeCAD, c'est un widget Qt standard qui peut être utilisé avec d'autres outils Qt. Par exemple, nous aurions pu afficher une boîte de dialogue distincte. Essayez ceci dans la console Python de FreeCAD (en utilisant le chemin correct pour votre fichier .ui bien sûr) :

```
from PySide import QtGui
w = FreeCADGui.PySideUic.loadUi("C:\Users\yorik\Documents\dialog.ui")
w.show()
```

Bien sûr, nous n'avons ajouté aucun bouton "OK" ou "Annuler" à notre boîte de dialogue, car il a été fait pour être utilisé à partir du panneau de tâches FreeCAD, qui fournit déjà de tels boutons. Il n'y a donc aucun moyen de fermer la boîte de dialogue (autrement que de presser son bouton Fermer la fenêtre). Mais la fonction show () crée une boîte de dialogue non modale, ce qui signifie qu'elle ne bloque pas le reste de l'interface. Ainsi, alors que notre dialogue est toujours ouvert, nous pouvons lire les valeurs des champs :

```
w.BoxHeight.value()
```

Ceci est très utile pour les tests.

Enfin, n'oubliez pas qu'il existe beaucoup plus de documentation sur l'utilisation des widgets Qt dans le Wiki FreeCAD, dans la section [Python Scripting](#), qui contient un didacticiel de création de dialogue ([dialog creation tutorial](#)), un tutoriel spécial en 3 parties de PySide ([PySide tutorial](#)) qui couvre le sujet en profondeur.

Lire plus d'informations

- Qt Creator: https://en.wikipedia.org/wiki/Qt_Creator
- Installation de Qt Creator: <https://www.qt.io/ide/>
- Documentation de script Python: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?Title=Power_users_hub
- Didacticiel de création de boîte de dialogue: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Dialog_creation
- Didacticiels PySide: <http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=PySide>
- Documentation PySide: <http://srinikom.github.io/pyside-docs/index.html>

1-5 La communauté

Aucun manuel concernant les logiciels gratuits et open-source ne serait complet sans un chapitre sur la communauté. Comme la grande majorité des logiciels gratuits et open source, FreeCAD est créé par une communauté et maintenu par cette communauté. Au lieu de l'entreprise opaque, inconnue, impersonnelle et inaccessible qui est plus que souvent trouvée derrière les logiciels commerciaux, les communautés de logiciels libres et open-source sont des espaces ouverts, où vous en tant qu'utilisateur êtes le bienvenu et où vous pouvez obtenir des réponses très rapidement et même vous exprimer dans le développement du logiciel lui-même. Vous êtes également plus que bienvenu pour nous aider, il existe des tâches pour tous.

La communauté est un groupe croissant et éclectique de toutes sortes de personnes unies par leur passion pour FreeCAD. Tous travaillent sur FreeCAD volontairement, pendant leur temps libre (bien que parfois des entreprises ou des individus se rassemblent pour payer quelques heures de programmation à un développeur pour mettre en œuvre une fonction spécifique). Certains sont des programmeurs professionnels, certains sont des utilisateurs de FreeCAD de longue date (certains d'entre eux sont de vrais gourous FreeCAD, qui connaissent presque tout, et beaucoup d'entre eux finissent par connaître beaucoup de programmation FreeCAD) et beaucoup sont de nouveaux utilisateurs de FreeCAD.

Il n'y a rien à faire pour faire partie de la communauté. Utilisez simplement FreeCAD !

Le principal endroit où la communauté se rencontre et discute est le [forum FreeCAD](#). Tout ce que vous devez faire pour participer aux discussions est d'enregistrer un compte sur le forum (votre premier post devra être approuvé par un modérateur avant de poster plus, afin d'éviter tout spam). Le forum est un excellent endroit pour poser des questions lorsque vous êtes nouveau sur FreeCAD. Si vous avez posé une bonne question (assurez-vous de lire les [règles](#) du forum car elles contiennent des informations utiles pour transformer votre question en une bonne question), vous recevrez habituellement plusieurs réponses dans la même heure. Si vous pensez que quelqu'un a déjà posé votre question, n'oubliez pas de rechercher, votre réponse pourrait déjà être là.

Le forum est également un excellent endroit pour montrer ce que vous avez réalisé avec FreeCAD, pour aider les nouveaux arrivants lorsque vous avez plus d'expérience et pour suivre vos opinions dans des discussions plus techniques sur le développement. Tout le développement de FreeCAD ([FreeCAD development](#)) est discuté sur le forum, et n'importe qui est libre de lire ou de participer.

Il existe également des communautés FreeCAD qui se forment en dehors du [forum FreeCAD](#), par exemple sur [Facebook](#) ou [Google+](#).

Si vous devenez aussi enthousiaste à propos de FreeCAD que nous le sommes, vous voudrez peut-être aider le projet. Cela peut se faire de différentes façons, et il existe des tâches pour tous, les programmeurs et les non-programmeurs, par exemple :

- Aidez à diffuser le mot : Beaucoup de gens bénéficieraient énormément de l'utilisation d'un modeleur 3D open source gratuit, comme FreeCAD, mais ne connaissent tout simplement pas son existence. Publiez le travail que vous faites avec FreeCAD, parlez-en sur les réseaux sociaux, etc. ... aidez ces personnes à découvrir FreeCAD.
- Aidez les nouveaux arrivants : la grande majorité des discussions sur le forum sont des questions posées par les nouveaux utilisateurs. Vous pourriez connaître de bonnes réponses à leur donner.
- Aidez à signaler les bugs : la stabilité de FreeCAD provient en grande partie de la correction de bogues. Étant donné qu'il n'est pas possible pour les développeurs de FreeCAD de tester tous les cas d'utilisation possibles, il est important que les utilisateurs signalent des problèmes lorsqu'ils les

déTECTent. Assurez-vous de lire les directives ([guidelines](#)) si vous pensez avoir trouvé un bug, puis écrivez un rapport sur le suivi des bugs ([bug tracker](#)).

- Aidez-nous à écrire de la documentation : Le wiki de la documentation FreeCAD ([FreeCAD documentation wiki](#)) est également écrit par les membres de la communauté. Certaines sections sont encore incomplètes, ou leurs informations sont incorrectes ou obsolètes. Vous pourriez peut-être aider à résoudre ce problème. Pour pouvoir travailler sur le wiki, vous devrez vous familiariser avec l'édition wiki ([wiki editing](#)), et demander la permission ([ask permission](#)) de modifier le wiki FreeCAD sur le forum.
- Aidez-nous à traduire FreeCAD : la traduction de FreeCAD est effectuée en ligne par les membres de la communauté, sur [crowdin](#). Si vous ne voyez pas votre langue, demandez à l'un des administrateurs de l'ajouter.
- Aidez-nous à traduire la documentation wiki : chaque page du wiki est traductible et nécessite très peu de connaissances sur la syntaxe wiki. Aider à la traduction est également un excellent moyen d'apprendre FreeCAD.
- Écrire des scripts et des macros : FreeCAD a une liste croissante de [Macros](#). Si vous avez écrit des fonctionnalités intéressantes, envisagez de les partager.
- Programmation : pour cela, vous devez savoir comment programmer en Python ou C ++ et avoir une bonne connaissance de FreeCAD lui-même.

Le code source de FreeCAD est situé sur le compte [Github](#) du projet FreeCAD. Toute personne peut télécharger, utiliser et modifier le code. Vous pouvez publier vos modifications (sur Github ou tout autre service d'hébergement Git). Si vous avez apporté des modifications intéressantes, que vous souhaitez voir incluses dans le code source FreeCAD, vous devez demander à la communauté de les inclure. Cela peut être fait en utilisant le mécanisme de requêtes du Github, mais la meilleure façon est de discuter de ce que vous avez l'intention de faire d'abord sur le forum, puis de poster une demande officielle dans la section des requêtes ([Pull requests](#)) du forum lorsque votre code est prêt. Cela évite que vous travailliez sur quelque chose sur lequel quelqu'un d'autre travaille déjà, et assurez-vous que les autres sont d'accord avec votre façon de faire, de sorte qu'il n'y ait aucun risque que votre travail soit refusé pour une raison que vous ne prévoyez pas.

Nous espérons que nous avons réussi à vous donner un bon aperçu de FreeCAD dans ce manuel, et vous êtes déjà notre plus récent membre de la communauté. Bienvenue !

Lire plus d'informations

- Le forum FreeCAD: <http://forum.freecadweb.org>
- Le code source de FreeCAD: <https://github.com/FreeCAD/FreeCAD>
- La communauté Facebook FreeCAD: <https://www.facebook.com/FreeCAD>
- La communauté Google + FreeCAD:
<Https://plus.google.com/u/0/communities/103183769032333474646>
- Le wiki de documentation FreeCAD: <http://www.freecadweb.org/wiki>
- Traduction de FreeCAD sur le public: <https://crowdin.com/project/freecad>
- The FreeCAD bug tracker: <http://www.freecadweb.org/tracker>