

Tutoriel Sketcher

Christoph Blaue

avec mes remerciements aux membres du forum FreeCAD:

bejant, TheMarkster, openBrain, MSOlsen65

13 mai 2020

Table des matières

I	Les bases	6
1	Créer un sketch	6
1.1	Créer un sketch depuis l'atelier Sketcher	6
1.2	Créer un sketch depuis l'atelier PartDesign	6
2	La fenêtre Sketcher	8
3	Remarques générales sur les degrés de liberté	9
4	Auto-contraintes	13
4.1	Auto-contraintes On	13
4.2	Auto-contraintes Off	15
II	Eléments géométriques	17
5	Utilisation commune	17
6	Ligne	18
7	Cercle	21
8	Arc	26
9	Polyline	28
10	Rectangle	30
11	Polygone	31
12	Slot	32
13	B-splines	35
14	Sections coniques	40
14.1	Créer et utiliser les sections coniques	40
14.2	Tangente et perpendiculaire sur les sections coniques	41
15	Géométrie de construction	41

16 Point	43
III Contraintes	45
17 Choisir des Contraintes	45
18 Appliquer des contraintes	46
19 Le Solveur	46
19.1 Résoudre un sketch	46
19.2 Retournement de sketch	48
19.3 Messages du Solveur	49
19.3.1 Les messages attendus	49
19.3.2 Messages non souhaités	50
20 Coïncidence	54
21 Point on Object	55
22 Verticale	57
23 Horizontale	58
24 Parallèle	58
25 Perpendiculaire	59
26 Tangence	61
27 Égalité	65
28 Symétrie	66
29 Block	72
30 Distance Horizontale	73
31 Distance Verticale	74
32 Lock	74
33 Longueur	75

34 Rayon et Diamètre	76
35 Angle	76
36 D'autres choses à faire et ne pas faire avec les contraintes.	79
37 Dimensions référence	80
38 Géométrie externe	82
 IV Créer des objets basé sur des sketches	 86
39 Sketch pour extrusions et creusements	86
40 Utiliser la symétrie !	86
41 Placement et décalage d'attachement	86
42 Valider les sketches	86

Introduction

Ce tutoriel a été écrit pour FreeCAD 0.19. L'ensemble du tutoriel a été testé avec la version 0.19.21007 ou supérieure. Les manipulations décrites ici pourraient ne pas être disponibles dans des versions antérieures de FreeCAD, ou apparaître différemment dans d'autres versions de FreeCAD.

Les sketches servent de base dans la plupart des objets PartDesign et sont également souvent utilisés dans l'atelier Part. Dans ce tutoriel je vais vous montrer comment créer un sketch et comment se servir des différents éléments géométriques et les différentes contraintes.

Avant de parcourir ce tutoriel, vous devriez vous familiariser avec la façon de créer un document ainsi qu'avec la notion d'Atelier et la façon d'en changer. Vous devriez savoir ce qu'est la vue 3D et avoir une connaissance basique de l'organisation d'un Body de PartDesign

Première partie


Les bases

1 Créer un sketch

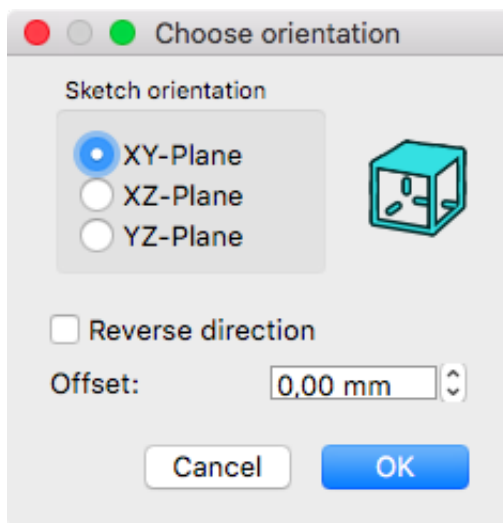
Il y a 2 possibilités pour créer un sketch. Les 2 sont similaires mais pas identiques.

1.1 Créer un sketch depuis l'atelier Sketcher

Dans l'atelier Sketcher vous pouvez créer un Sketch depuis le menu :

Sketcher→Créer un sketch, mais vous utiliserez plus probablement l'icone . En fonction de la sélection active, différentes choses peuvent arriver.


- Si rien n'était sélectionner, vous devrez choisir l'orientation du sketch :



Avec le bouton radio, vous pouvez contrôler le plan dans lequel le sketch doit être créé. Activer "Reverse direction" attachera le sketch au dos du plan sélectionné, comme s'il était placé sur le verso d'une feuille de papier. L'"Offset" déplace le sketch dans une direction perpendiculaire au plan sélectionné.

- Si vous avez sélectionner une face plane, alors le sketch est attaché à cette face, comme si vous esquissez sur la face.
- Si vous avez besoin d'options de placement plus sophistiquées, voir section 41. Après avoir cliqué sur OK, nous basculons dans le mode d'édition de Sketcher, en bref nous pénétrons dans Sketcher.

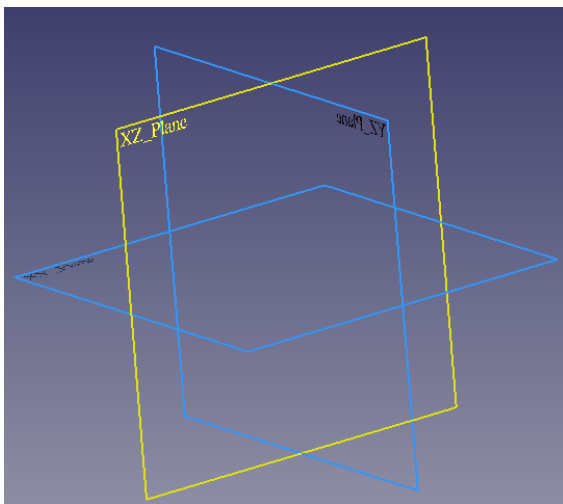
1.2 Créer un sketch depuis l'atelier PartDesign

Dans l'atelier PartDesign vous avez le même icone  ; mais comme dans PartDesign tout se passe à l'intérieur d'un body, quand vous cliquez ici, les choses suivantes peuvent arriver :

- Si vous n'avez aucun body dans votre document, un nouveau body est créé, activé, et un nouveau sketch est créé à l'intérieur de ce body.
- Si vous avez précisément un body dans votre document, ce body est activé et un nouveau sketch est créé à l'intérieur.
- Si un body actif est présent, un sketch est créé à l'intérieur de ce body. Ceci indépendamment du nombre de body dans le document.
- Si vous avez plus d'un body dans votre document et qu'aucun d'entre eux n'est activé, il vous sera demandé d'activer un des body.

En plus de ce comportement, les choses suivantes peuvent arriver en fonction de la sélection faite précédemment :

- Si rien n'est sélectionné, un nouveau panneau est ouvert et vous devez sélectionner l'orientation du nouveau sketch, soit dans le panneau, soit dans la vue 3D à droite, en sélectionnant un des plans principaux. Dans l'image, le plan XZ est présélectionné :



A ce stade, laissez toutes les cases non cochées et cliquez sur OK.

- Si vous avez sélectionné une face plane ou un plan à l'intérieur du body actif (ou du seul body), alors le sketch est attaché à cette face, comme si vous esquissez sur la face.
- Si une face extérieure au body actif (ou du seul body) est sélectionnée, on vous demande comment lier la face.

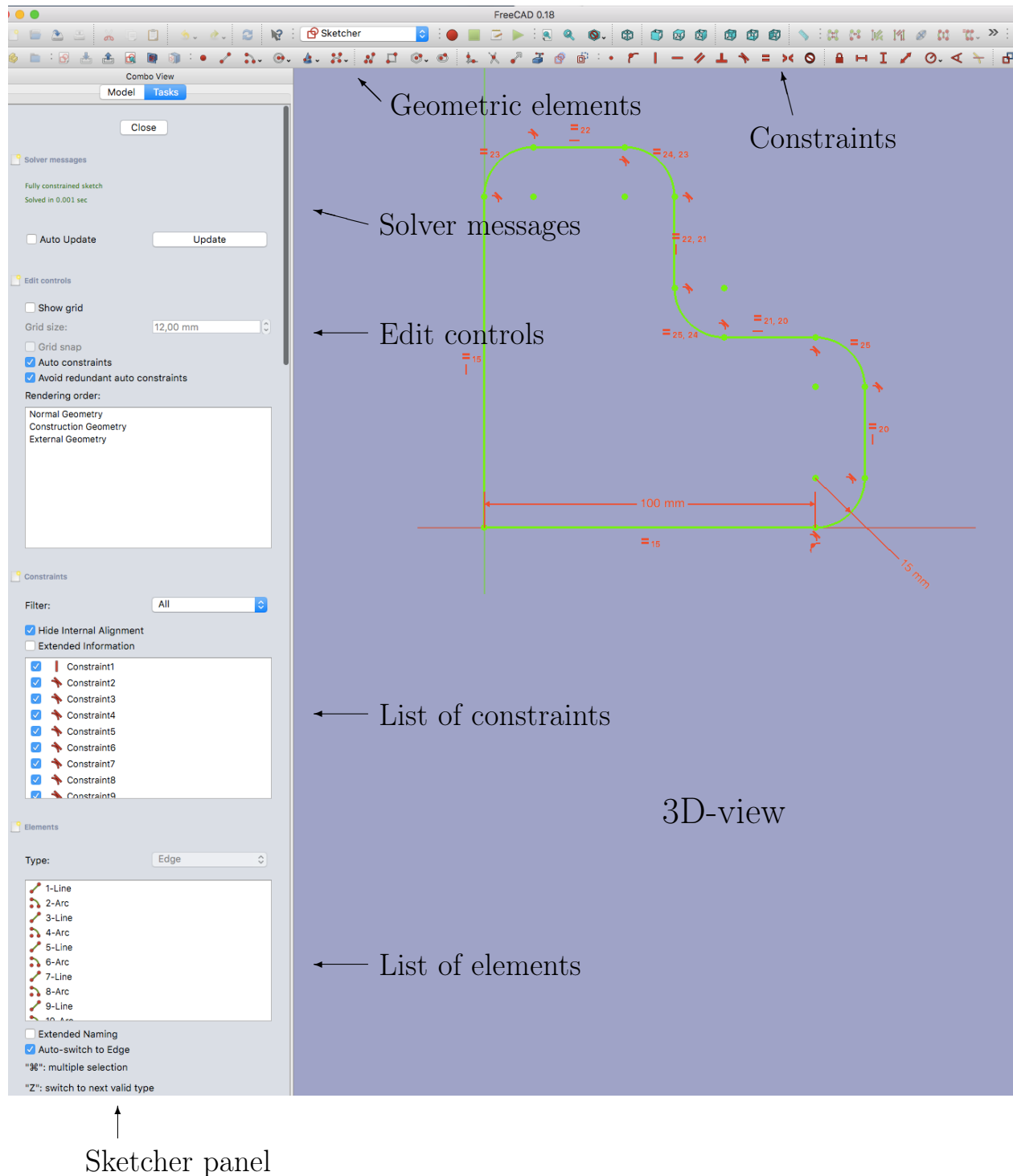
Je ne recommande pas cette procédure, je préfère créer le ShapeBinder moi-même pour un meilleur contrôle des faces incluses.

- L'option "Make independent copy" crée un ShapeBinder non lié auquel le sketch est attaché.
- L'option "Make dependent copy" crée un ShapeBinder lié auquel le sketch est attaché. Si vous changez l'objet original, le ShapeBinder suivra.
- L'option "Create crossreference" crée un lien interdit (message : *Links go out of the allowed scope*). Je déconseille absolument d'utiliser cette option.

Vous entrez maintenant dans Sketcher.

2 La fenêtre Sketcher

Nous n'utiliserons pas tous les widgets de la fenêtre Sketcher, mais un petit tour rapide de ceux utilisés vont espérons-le aider à clarifier ce dont je parlerai plus tard.



Vue 3D. Les sketches sont édités dans la vue 3D. Néanmoins, les sketches sont en 2D uniquement.

Le panneau du Sketcher. Sur le côté gauche, vous pouvez voir le panneau du Sketcher dans la vue Combo. Si nécessaire, vous pouvez naviguer dans la vue de l'arbre de

construction et revenir.

Il y a différentes régions (ou "widgets") dans le panel qui contrôlent et affichent des informations additionnelles à propos du sketch. Vous pouvez déplier ou replier les messages du solveur, les contrôles d'édition, les contraintes et les éléments.

Le bouton Close. Situé en haut, il termine la session d'édition du sketch.

Les messages du solveur. En dessous du bouton Close vous voyez les messages du solveur, qui indique "Empty sketch" jusqu'à ce que des éléments soient ajoutés au sketch.

Les messages du solveur sont extrêmement importants et je vous conseille de *ne pas* les masquer. A la place, prêtez-leur une attention quasi-permanente.

La grille. Pour le moment, ouvrez les contrôles d'édition et décochez la case "Show grid". Bien que la grille puisse être pratique quand on place des éléments géométriques, il est important de savoir ceci :

- les éléments placés sur les intersections de la grille ne sont en aucun cas verrouillés sur la grille ; ils peuvent tout à fait bouger en dehors de la grille quand des contraintes sont appliquées.
- Des éléments géométriques qui partagent un point sur le même lieu d'accrochage de la grille ne sont pas verrouillés l'un à l'autre, et ils peuvent diverger de manière imprévue tant qu'une contrainte n'est pas appliquée entre ces éléments.

Si "Grid snap" est activé, cela suggère que les points snappés ont leur position *définie*, alors qu'en fait elle ne l'est pas. Donc je préfère qu'elle soit désactivée pour éviter tout confusion.

La liste des contraintes. Ceci sera discuté plus tard dans cette section. Laissez les cases à cocher comme elles sont, c'est-à-dire le filtre sur "All", "Hide Internal Alignment" coché, "Extended Information" décoché.

La liste des éléments. Ce sera également discuté plus tard dans cette section.

Les outils géométriques de Sketcher. Ils sont utilisés pour créer des points, des lignes, des arcs, et d'autres éléments géométriques :



Les outils de contrainte de Sketcher. Ils sont – grosso modo – utilisés pour définir les positions des éléments géométriques et leurs relations mutuelles.




3 Remarques générales sur les degrés de liberté

Un sketch possède un certain nombre d'éléments géométriques comme des lignes et des arcs, qui ont une certaine position dans le plan 2D du sketch. Ces positions sont contrôlées par des mesures ou par d'autres relations par rapport aux autres points, lignes ou arcs. Le nombre de possibilités avec lequel les éléments peuvent être bougés est le nombre de degrés de liberté, abrégé "DOF" (Degrees Of Freedom).

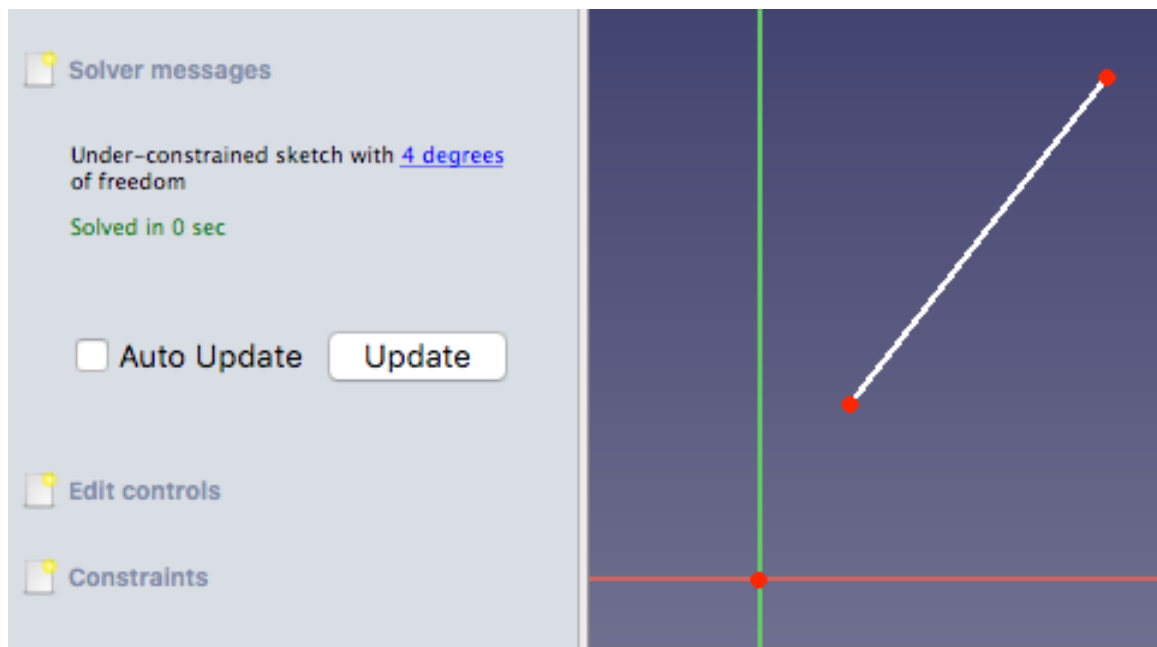
Vous pouvez vous le représenter comme le nombre de mesures X et Y nécessaires pour verrouiller chaque point, que ce soit un point seul ou un point au bout d'une ligne ou d'un arc.

Exercice 1 Créer une ligne diagonale dont aucun point n'est sur les axes X ou Y .

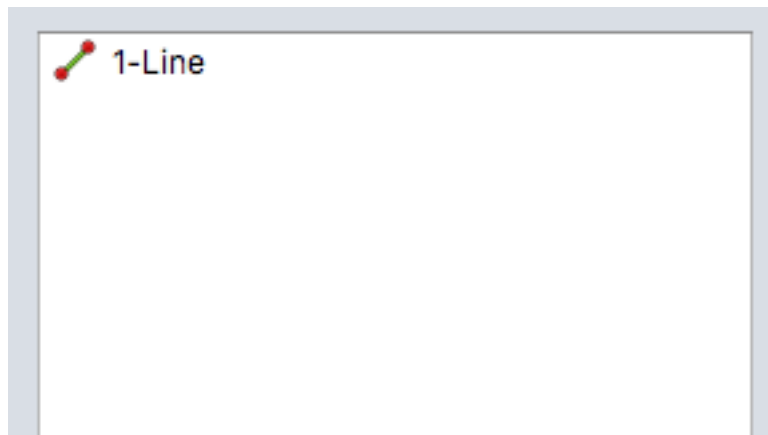
Pour ce faire

- Cliquez sur l'icone "Ligne" . Vous voyez maintenant apparaître près du curseur le symbole d'une petite ligne rouge.
- Cliquez là où vous souhaitez placer le 1^{er} point
- Déplacez la souris
- Cliquez là où vous souhaitez placer le 2^e point
- Faites un clic droit avec la souris pour quitter le mode de création de ligne. Ce comportement peut être configuré dans Préférences→Sketcher→General→Geometry Creation "Continue Mode".

A présent, les messages solveur et la vue 3D devraient ressembler à ça :




Sur le côté droit, vous voyez la ligne dans la vue 3D ; sur la gauche, vous voyez les messages solveur vous disant que vous avez *4 degrés de liberté*.

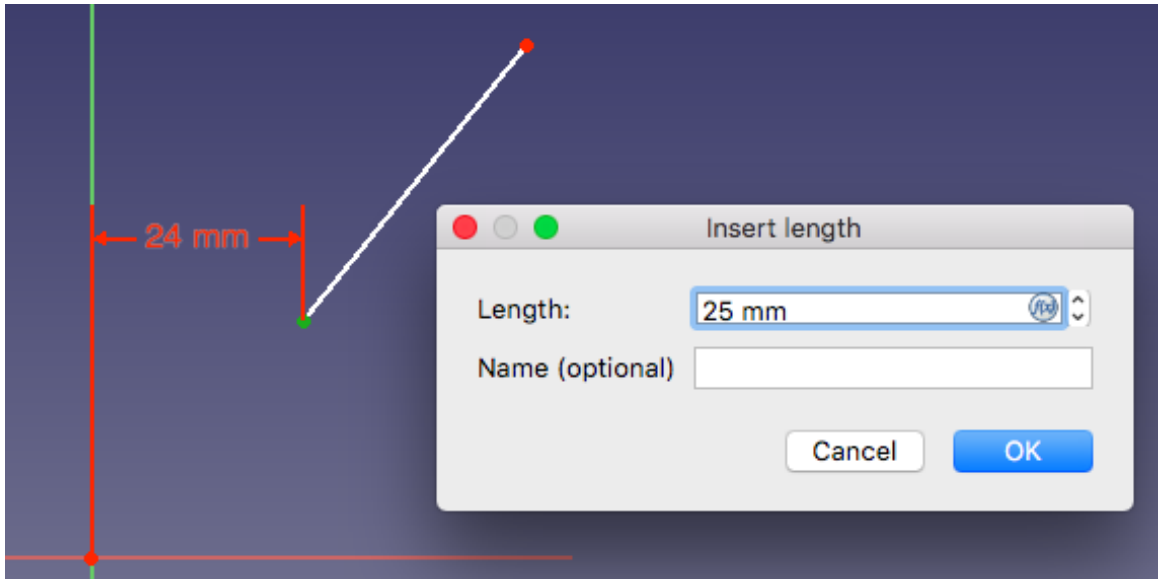


Alors que la liste des contraintes est encore vide, la liste des éléments montre la ligne que vous venez de créer. Si vous survolez un élément avec la souris, celui-ci sera mis en évidence (affichage en jaune) dans la vue 3D.

Exercice 2 Ajouter une distance de contrainte horizontale au point en bas à gauche.

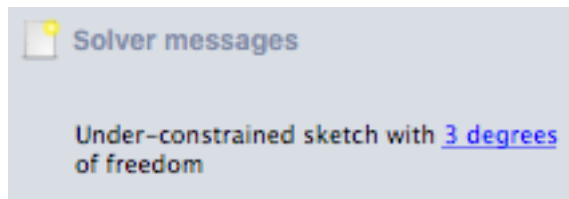
Pour ce faire

- Déplacez la souris au-dessus du point en bas à gauche jusqu'à ce qu'il devienne jaune. Nous disons qu'il est à présent préselectionné, c'est-à-dire que vous *pouvez* le sélectionner.
- Faites un clic gauche pour sélectionner le point qui devient alors vert foncé.
- Cliquez sur l'icône de contrainte de distance horizontale . Cela crée une contrainte entre l'origine et le point sélectionné. La valeur proposée est la distance actuelle.
- Entrez la valeur souhaitée et confirmez. Dans mon cas, la distance actuelle est 24 que je m'apprête à changer en 25mm.

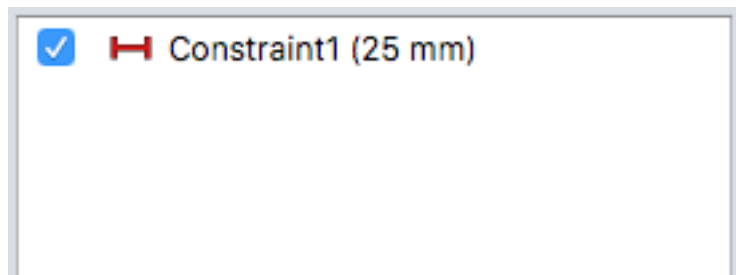


- Confirmez avec OK.


En regardant les messages solveur, vous constatez que les DOF sont passés de 4 à 3 :



la liste des éléments contient toujours la ligne et est inchangée. La liste des contraintes contient maintenant 1 élément, la nouvelle contrainte :



Exercice 3 *Ajouter une contrainte de distance verticale au point en bas à gauche.*


Pour ce faire, vous utilisez les mêmes étapes que pour la contrainte horizontale, mais vous utilisez maintenant l'icone de contrainte verticale .

Vous constatez qu'en appliquant une autre contrainte, vous réduisez les DOF à 2.

Les contraintes simples réduisent le nombre de DOF par 1, mais il y a des contraintes plus sophistiquées qui réduisent les DOF par 2 voire 3. Pour voir un exemple, faisons un autre exercice

Exercice 4 *Ajouter une contrainte de coïncidence entre l'extrémité en haut à droite de la ligne et l'origine.*

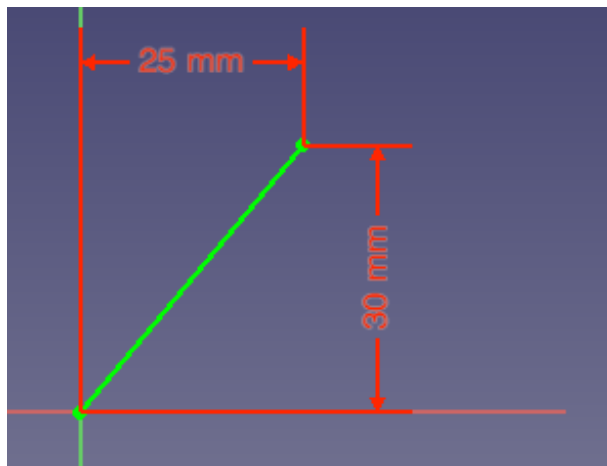
Pour ce faire

- Sélectionnez l'extrémité en haut à droite comme vous l'avez fait pour l'autre point avant cela ; il devient vert foncé.
- Sélectionnez l'origine. Vous pouvez le faire simplement en cliquant comme avant, sans avoir à maintenir de touche additionnelle. Nous appelons cela la "sélection gourmande" (greedy selection).
- Cliquez sur l'icone de contrainte coïncidente .

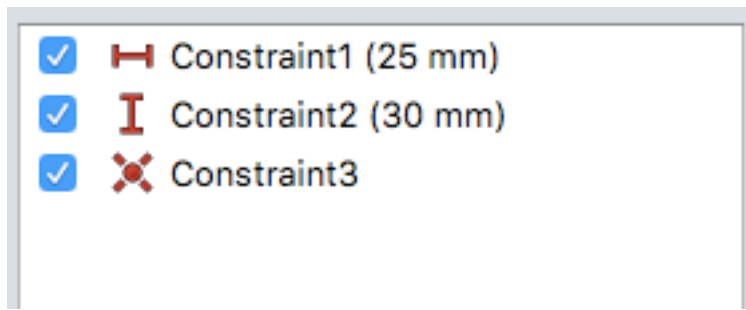
3 choses sont maintenant arrivées :

- Le point supérieur droit s'est déplacé à l'origine
- Le solveur rapporte le message "Fully constrained sketch". C'est correct ; vous devriez toujours complètement contraindre vos sketches. Il y a quelques rares exceptions à cette règle.
- Le sketch passe de blanc à vert clair.

Voilà à quoi il ressemble maintenant :



La liste des éléments contient toujours la ligne comme avant ; la liste des contraintes contient maintenant 3 entrées :



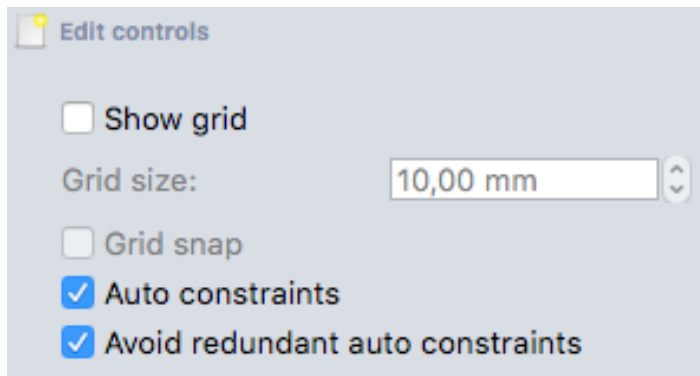
4 Auto-contraintes

Si les contraintes automatiques sont activées, certaines contraintes sont créées automatiquement. Pour voir la différence entre activé et désactivé, nous allons maintenant les activer.


4.1 Auto-contraintes On

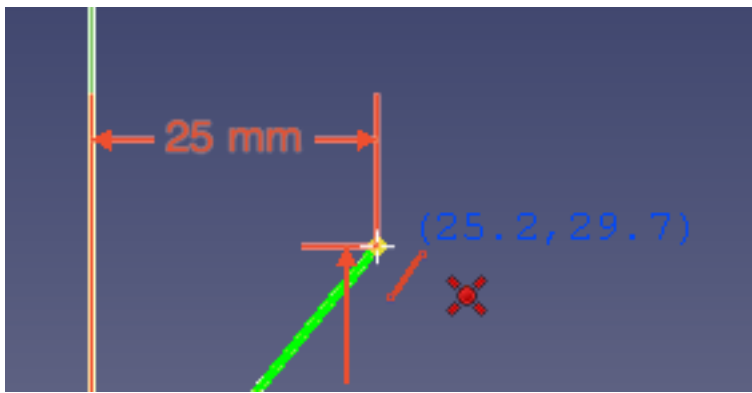
Exercice 5

Dépliez les controles d'édition dans le panel et assurez vous que « Contraintes auto » est coché – c'est le cas par défaut. Laissez « Éviter les contraintes auto redondantes » coché également.

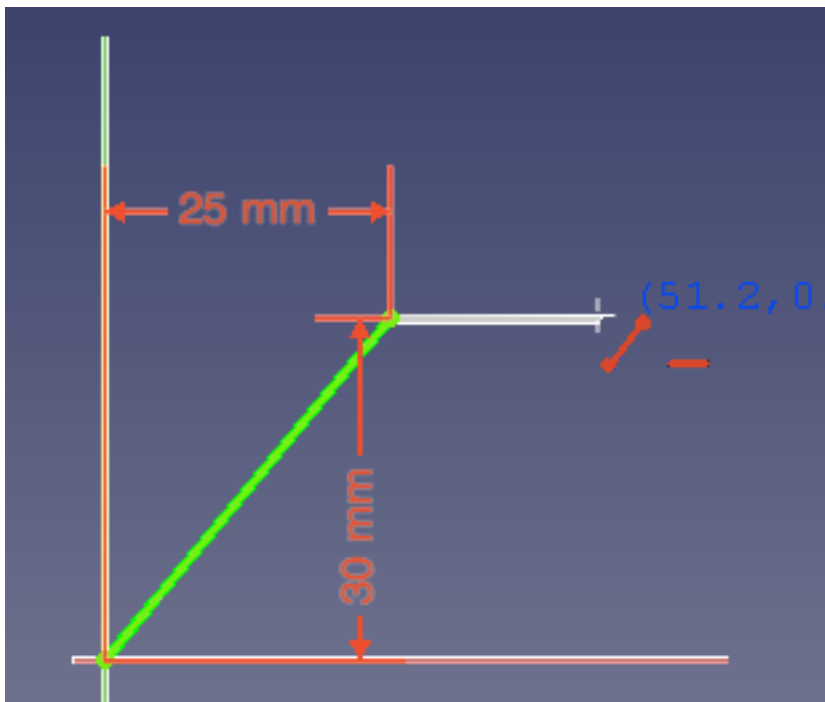


Créez maintenant une nouvelle ligne de la façon suivante :

- Cliquez sur l'icone "Ligne" 
- Bougez la souris au-dessus du point supérieur droit de la ligne existante. Le point passe en jaune (difficilement visible à cause des lignes rouges de contrainte) et un nouveau point apparaît près du curseur à côté du symbole de ligne.

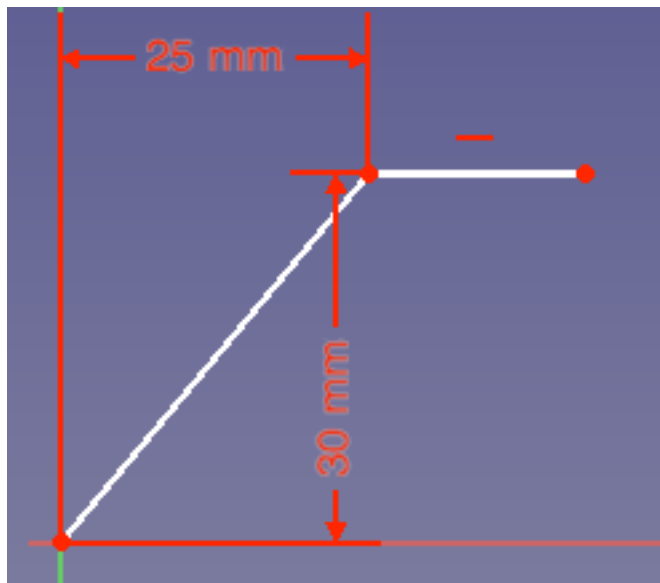


- Faites un clic gauche
- Déplacez le curseur horizontalement vers la droite
- Un symbole rouge apparait sous la ligne indiquant qu'une contrainte horizontale peut être appliquée.

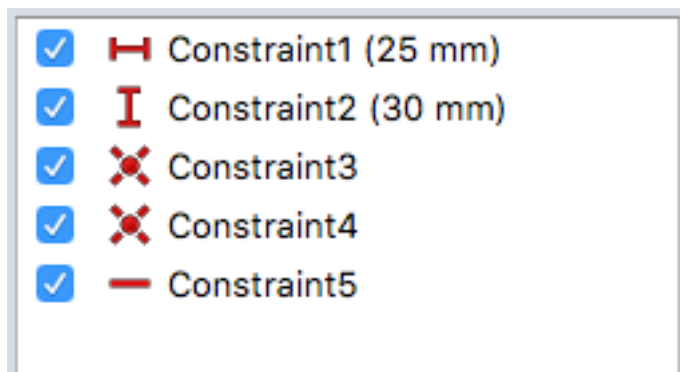


- Cliquez pour créer la ligne.

Le sketch est redevenu blanc car il n'est plus complètement contraint, et au-dessus de la ligne horizontale vous voyez une petite ligne rouge horizontale indiquant que la ligne possède une contrainte horizontale.



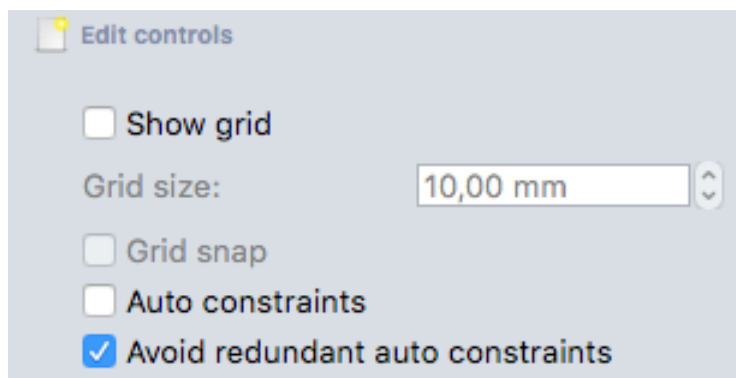
- Le solveur indique qu'il reste 1 DOF.
- La liste des éléments montre à présent 2 lignes. Survolez les entrées de la liste et regardez les éléments correspondants devenir jaune dans la vue 3D.
- La liste des contraintes montre 5 contraintes, les 2 dernières ayant été automatiquement créées.



4.2 Auto-contraintes Off

Supprimez la ligne horizontale, le sketch redevient vert.

Ouvrez les controles d'édition et désactivez les contraintes automatiques.



Exercice 6 *Créez la ligne horizontale de la même façon que précédemment quand les contraintes automatiques étaient activées.*

Le résultat paraît presque le même, la seule différence dans la vue 2D étant que la contrainte horizontale est absente. La différence se voit dans les DOF et la liste des contraintes et, bien sûr, dans le comportement :

- Le solveur indique 4 DOF.
- La liste des contraintes est identique à son état avec 1 seule ligne.
- Attraper une des extrémités et faites la bouger de haut en bas. L'autre point conservera sa position, horizontale et verticale.

Vous pouvez appliquer les contraintes manuellement pour arriver au même sketch qu'avec les contraintes automatiques activées.

Attention : Ré-activez les contraintes automatiques avant de continuer.

Remarque générale : Vous connaissez à présent la manipulation basique de Sketcher et vous devriez avoir appris les choses suivantes

- *Ajouter un élément géométrique augmente le nombre de DOF*
- *Ajouter une contrainte réduit le nombre de DOF.*

Deuxième partie

Eléments géométriques

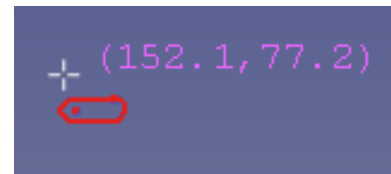
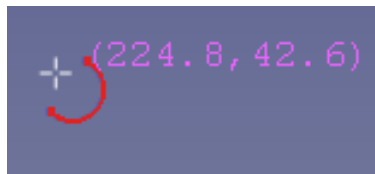
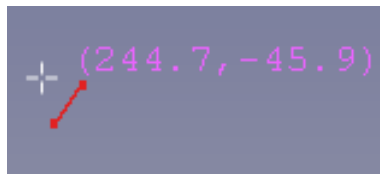
Dans cette partie, vous allez apprendre à propos des éléments géométriques. Certains exercices se basent sur les contraintes automatiques, donc encore une fois, vérifiez qu'elles sont activées.

Dans la partie sur l'utilisation des éléments géométriques, j'utiliserai quelques contraintes qui n'ont pas encore été expliquées, donc vous aurez besoin de parcourir 2 fois cette section pour la comprendre parfaitement. Il n'y avait pas de meilleure solution au problème de où commencer. Pour expliquer l'utilisation des éléments géométriques, j'ai besoin de quelques contraintes ; et pour expliquer les contraintes j'ai besoin, évidemment, d'éléments géométriques. Quand j'utilise des contraintes dans la partie sur les éléments géométriques, je réduis les explications au minimum. Leur utilisation sera expliquée plus loin dans la partie III page 45.

Pour plus d'informations, reportez vous à la documentation disponible en ligne.

5 Utilisation commune

Quand vous sélectionnez un élément géométrique comme une ligne, un cercle, un arc, ... vous entrez dans le mode de création pour un nombre indéfini de ces objets. Quand vous entrez dans le mode de création, le curseur se change en croix dans la vue 3D et est enrichi avec des informations sur ses coordonnées x/y actuelles et avec un symbole indiquant quel type d'objet géométrique vous allez créer. Exemples pour une ligne, un arc, et un slot :



Quand vous avez créé un élément géométrique, vous êtes toujours en mode de création de telle sorte que vous pouvez continuer à créer l'objet suivant. Ce comportement peut être configuré dans Preferences→Sketcher→General→Geometry Creation "Continue Mode". Si vous le désactivez dans les préférences, le mode de création se termine dès que l'élément est créé.

Pour terminer le mode de création, vous pouvez cliquer sur le bouton droit de la souris ou bien taper la touche Echap. Ce dernier est parfois un problème, car si vous n'êtes pas en mode de création, la touche Echap termine l'édition du sketch et ferme Sketcher ; donc presser 2 fois Echap quitte le mode de création et termine l'édition. Polyline est un petit peu différent comme il vous faut un clic droit ou Echap additionnel pour quitter le mode continu.

La touche Echap peut être conseillée aux utilisateurs MacOS car au moment où ceci est écrit pour FreeCAD 0.19.21007 il existe un problème avec le zoom : si vous quittez le mode de création avec le clic droit, la vue 3D change de niveau de zoom.

Je recommande d'utiliser le clic droit avec les autres systèmes que MacOS car vous avez la

main sur la souris de toute façon, et qu'il n'y a aucun danger de quitter inopinément Sketcher en tapant Echap une fois de trop.

Vous pouvez configurer le comportement de la touche Echap dans les préférences du Sketcher.

6 Ligne

Icone :	
Nombre de DOF ajoutés:	4


La ligne est définie par ses extrémités, chaque extrémité ajoutant 2 DOF qui s'additionnent en 4 DOF.

Contraintes typiques

Coincidence sur les extrémités Dans l'exercice 4 page 12 nous avons déjà utilisé ceci.

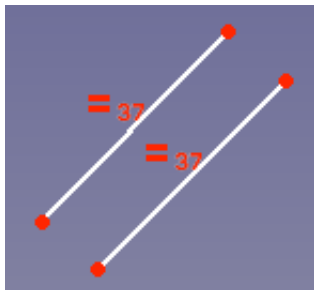
Contrainte horizontale pour une ligne horizontale. Sélectionnez la ligne et cliquez sur l'icone de contrainte horizontale 

La ligne devient et restera strictement horizontale.


Contrainte verticale pour les lignes verticales. Sélectionnez la ligne et cliquez sur l'icone de contrainte verticale 

La ligne devient et restera strictement verticale.

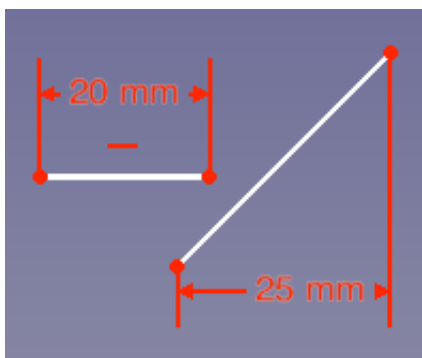
Egalité Sélectionnez 2 lignes et cliquez sur l'icone 




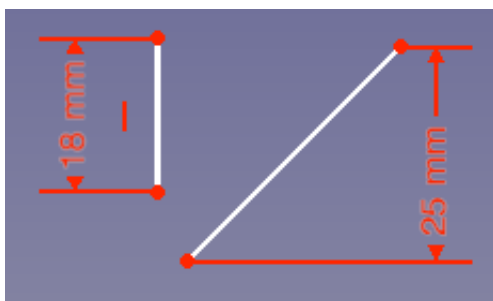
Les lignes vont devenir et rester égales en longueur.


Distance horizontal Sélectionnez la ligne et cliquez sur l'icone . Entrez la distance dans le champ comme vous l'avez fait dans l'exercice 2 page 10

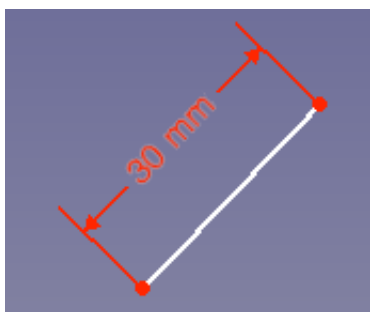
Ceci est habituellement utilisé sur les lignes horizontales, mais ça ne leur est pas réservé. Si vous l'appliquez sur une ligne inclinée, cette contrainte définit la distance horizontale entre les extrémités.



Distance verticale Sélectionnez la ligne et cliquez sur l'icône . Entrez la distance dans le champ comme vous l'avez fait dans l'exercice 2 page 10. Ceci est habituellement utilisé sur les lignes verticales, mais ça ne leur est pas réservé. Si vous l'appliquez sur une ligne inclinée, cette contrainte définit la distance verticale entre les extrémités.



Length Sélectionnez la ligne et cliquez sur l'icône . Entrez une valeur comme vous l'avez fait par exemple pour la distance horizontale ou verticale.

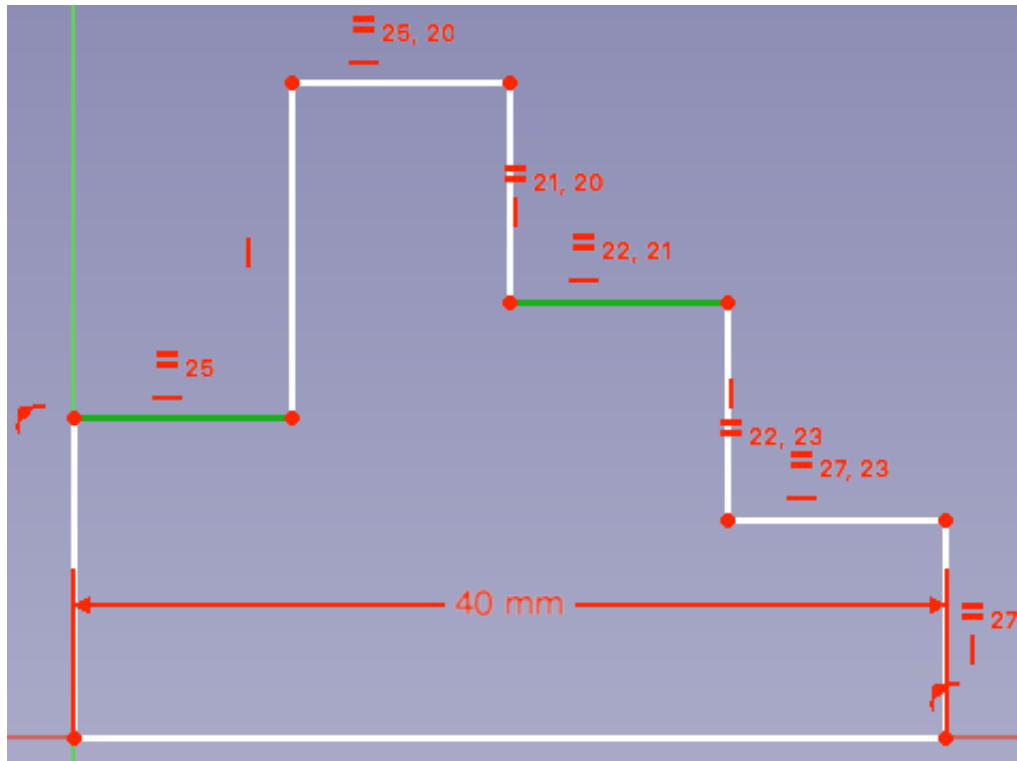


Attention : N'utilisez pas cette contrainte pour les lignes horizontales ou verticales – sauf si vous avez l'intention de changer l'angle de l'élément plus tard (par exemple si vous voulez tourner un slot comme dans la section 12 page 35). Utilisez les contraintes horizontale et verticale dédiées à la place. Ceci simplifiera la recherche d'une solution pour le solveur ; voir section 36 page 79 pour plus de détails.

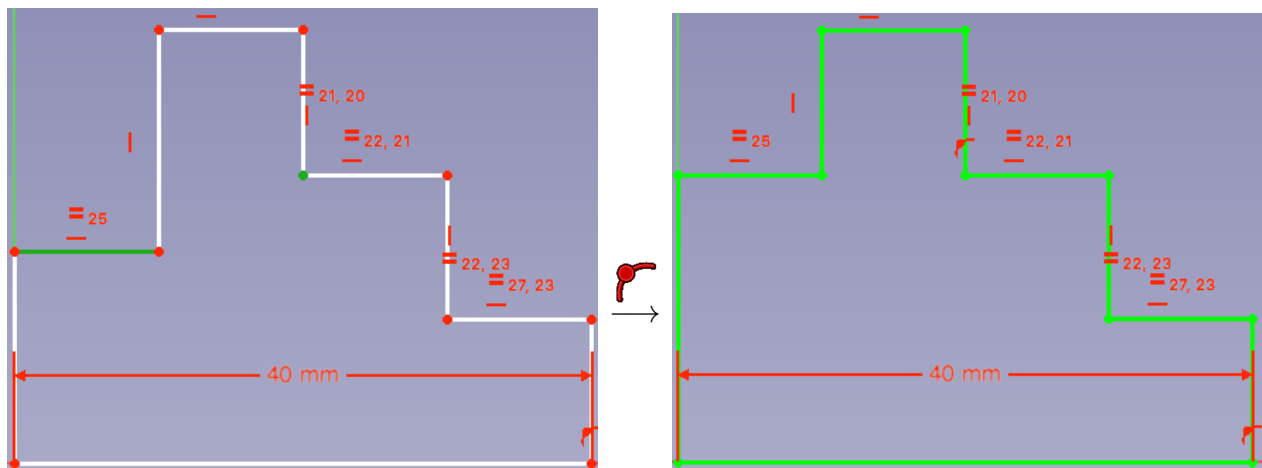
Il faut signaler que ce que nous appelons une ligne est en fait un segment de droite. Ce segment se prolonge par une droite infinie. Ceci est important quand des contraintes telles point-on-object ou tangence sont impliquées (voir les sections 21 à la page 55 et 26 à la page 61).

Exercice 7 Créez le sketch suivant. Il a exactement une dimension et toutes les lignes courtes sont égales. De plus, il a seulement des contraintes coincidentes, verticales, horizontales et égalités.

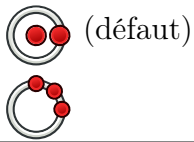
Dans l'état montré ici il a 1 DOF :



Objectif : les 2 lignes sélectionnées doivent être au même niveau. Ca peut être réalisé par exemple en sélectionnant la ligne de gauche et le point de droite, et en appliquant une contrainte point-on-object.





7 Cercle

Icones :	 (défaut)
Nombre de DOF ajoutés:	3


Un cercle peut être défini par la position de son centre avec 2 DOF et son rayon avec 1 DOF, qui s'additionnent en 3 DOF.


La création de cercle est possible avec 2 variantes. Dès que le cercle est créé, il n'y a aucune différence entre les 2 méthodes.

1. La méthode par défaut commence par le centre et ajoute ensuite le rayon. Après avoir cliqué sur  cliquez dans la vue 3D à la position où vous souhaitez placer le centre. Déplacez la souris et observez le rayon évoluer avec la position de la souris. Cliquez pour positionner un point qui ensuite appartiendra au cercle. Si vous avez auto-contrainte activé, vous pouvez sélectionner un point existant lors du clic ce qui créera une contrainte point-on-object.
2. Pour choisir le mode de création alternatif, cliquez sur le petit triangle à droite de l'icône de création de cercle et choisissez . Maintenant vous pouvez cliquer 3 points dans la vue 3D qui appartiendront tous au cercle. Ce mode de création sera à présent celui par défaut durant votre session FreeCAD jusqu'à ce qu'il soit de nouveau changé.

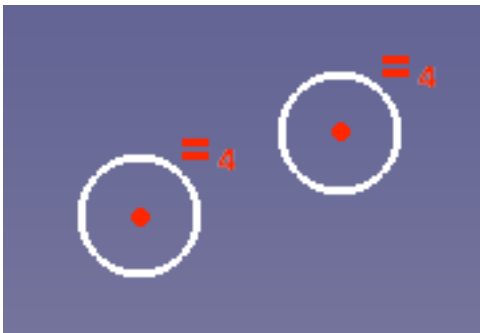
Contraintes typiques

Positionner le centre peut être réalisé par n'importe quelle méthode pour positionner un point, incluant bien sûr la coïncidence, la distance horizontale et verticale.

Rayon/Diamètre Sélectionnez le cercle et appliquez une contrainte de rayon .

Si vous voulez utiliser le diamètre à la place, sélectionnez l'icône de diamètre depuis le menu déroulant de l'icône de rayon . Le diamètre est souvent utilisé pour les cercles, tandis que le rayon est souvent utilisé pour les arcs.


Egalité Sélectionnez 2 cercles, ou un cercle et un arc, et cliquez sur l'icône .

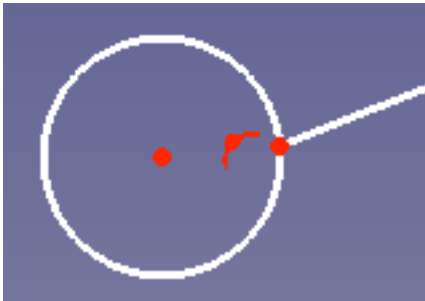


Les rayons de chaque cercle vont devenir et rester égaux.

Notez qu'une égalité entre un cercle et une ligne n'est pas possible, à moins que vous n'utilisiez ce que nous appelons les *Expressions*, ce qui est hors sujet ici ; voir aussi la remarque sur la longueur d'un arc en page 78.

Remarque mathématique : calculer le périmètre d'un cercle était l'un des défis mathématiques prédominant depuis les temps anciens. Aujourd'hui, il est prouvé que ce n'est pas soluble avec une précision finie.


Point-on-Object Si vous voulez fixer un point sur un cercle, par exemple l'extrémité d'une ligne, vous pouvez sélectionner le cercle et le point d'extrémité, et appliquer une contrainte point-on-object en cliquant .

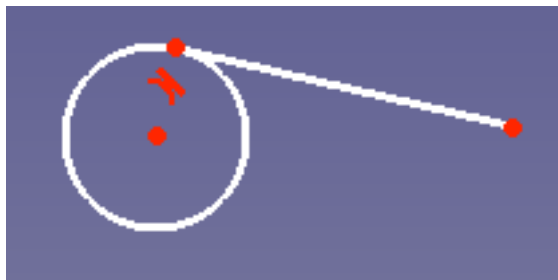


Notez bien que le sketch tel que montré ici ne peut pas être extrudé ou creusé pour 2 raisons : le sketch n'est pas une courbe fermée, et il possède une jonction de 3 lignes. Nous appelons cette situation une *auto-intersection*.


Tangente Il y a généralement 2 solutions géométriques pour créer une tangence sur un cercle. En conséquence vous devriez bouger tous les cercles, lignes ou arcs impliqués aussi proche que possible de leurs positions finales *avant* d'appliquer la contrainte tangente.

Une tangente peut s'appliquer de 2 façons différentes à un cercle.

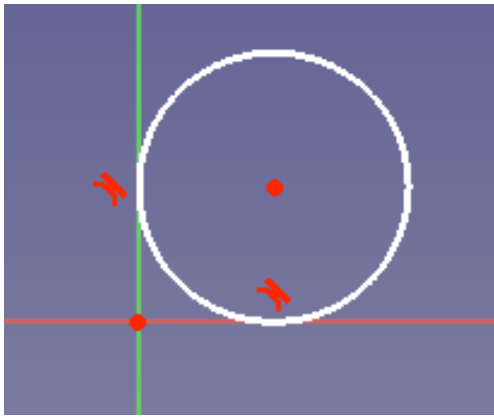
- L'extrémité d'une ligne ou d'un arc peut appartenir au cercle. Ensuite sélectionnez le cercle et l'extrémité, et appliquez la contrainte de tangence .



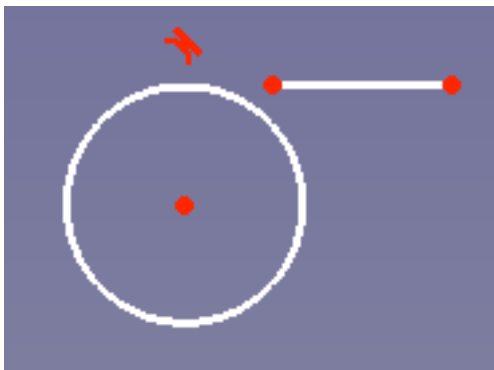
Je dois encore mentionner que cet exemple ne peut ni être extrudé ni creusé dû à son auto-intersection et sa forme de courbe ouverte.

- Le cercle touche un autre cercle, arc ou ligne. Sélectionnez le cercle et la ligne ou l'arc – notez la différence avec ci-dessus ; ne sélectionnez pas le point ! – et appliquez la tangence avec .

Dans cet exemple je l'ai réalisé 2 fois, une fois sur l'axe X et une fois sur l'axe Y :

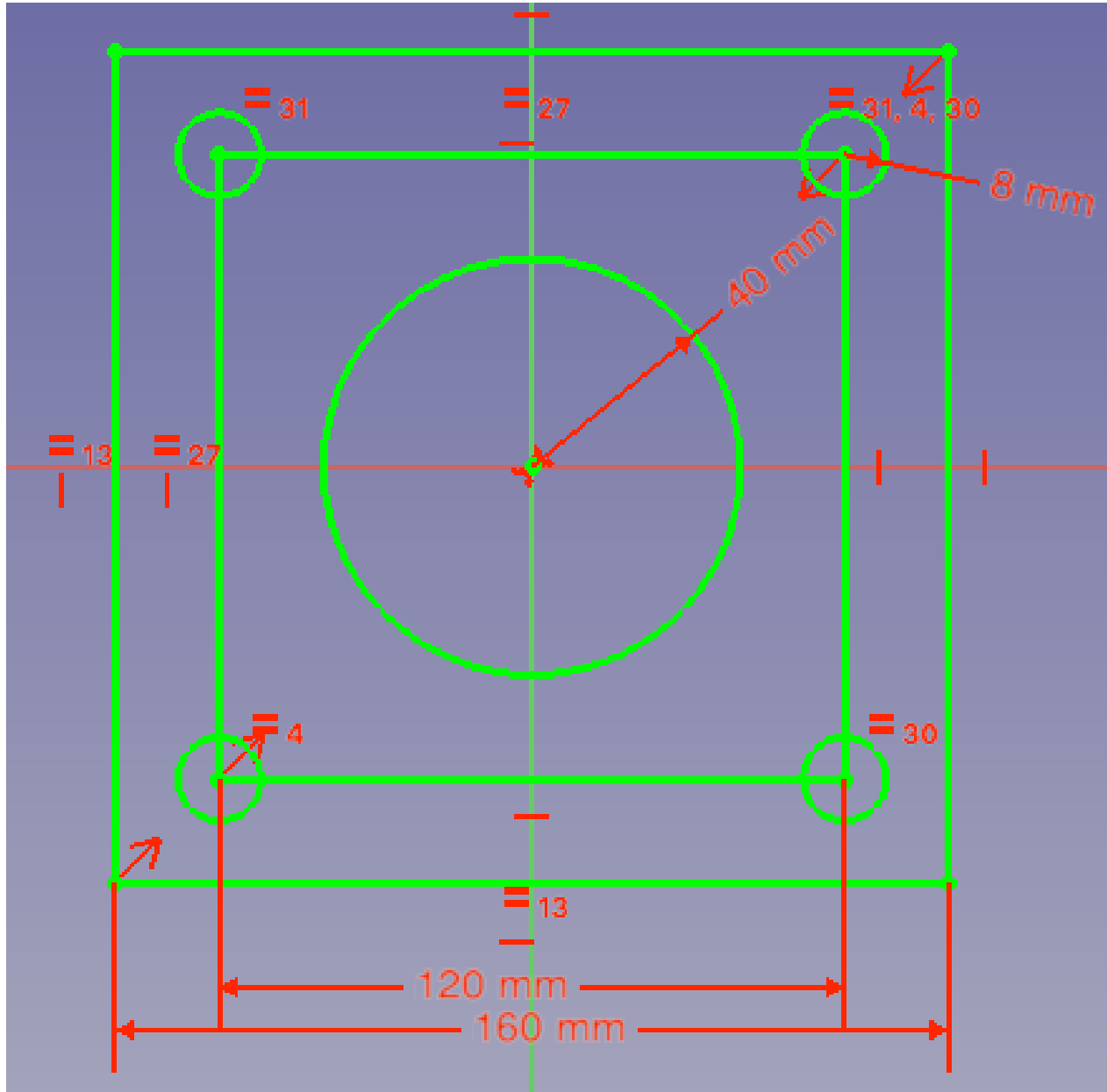


Ce type de tangente peut aussi être appliqué entre une ligne et un cercle sans que ceux-ci se touchent mutuellement :



Les cercles sont souvent utilisés pour créer des trous, soit en les creusant soit en utilisant la fonction dédiée. Bien que cette dernière n'utilise pas la valeur du rayon, vous devriez quand même contraindre complètement vos sketches.

Exercice 8 Sélectionnez l'atelier PartDesign et créez un sketch pour un flasque :




Pour centrer les carrés nous utilisons la contrainte de symétrie : sélectionnez le coin inférieur gauche et le coin supérieur droit, puis le centre. Appliquer enfin la contrainte de symétrie

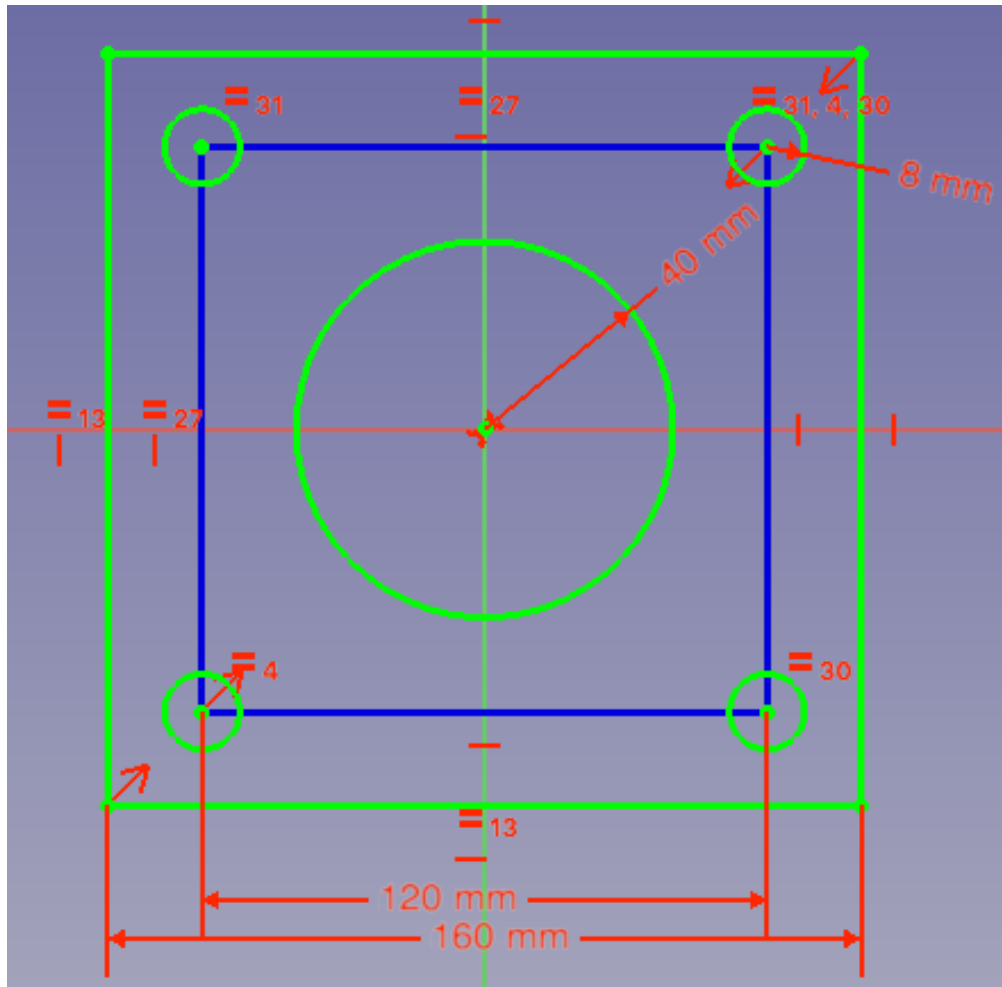


Ce flasque ne peut pas être extrudé dans son état actuel, car il y a des intersections entre les carrés intérieurs et les petits trous. Cependant nous n'avons pas besoin du carré intérieur pour l'extrusion, il est nécessaire uniquement pour la construction du sketch. Donc nous

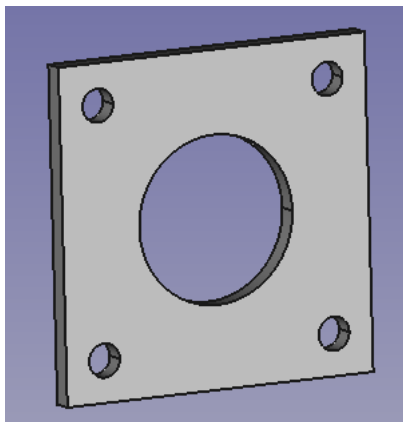
transformons le carré en lignes de constructions :

- Sélectionnez les 4 côtés du carré intérieur.
- Cliquez si l'icone "Basculer en construction" .

A présent la couleur du carré intérieur est bleue, indiquant que ce sont des lignes de construction qui ne contribuent à aucune fonction du sketch, comme une extrusion ou un creusement.




Fermez Sketcher et cliquez sur l'icone d'extrusion . Cela va créer le flasque :





8 Arc

Un arc est une portion de cercle et par conséquent, les arcs partagent beaucoup avec les cercles.

Icones :	 (défaut)
Nombre de DOF ajoutés:	5

Un arc peut être défini par la position de son centre avec 2 DOF, son rayon avec un DOF, et un angle pour chaque extrémité de l'angle, qui s'additionnent en 5 DOF.

Comme pour les cercles, la création d'arcs existe en 2 variantes. Dès que l'arc est créé, il n'y a aucune différence entre les 2 méthodes.

1. La méthode par défaut commence par le centre et ajoute ensuite le rayon. Après avoir cliqué sur  cliquez dans la vue 3D à la position où vous souhaitez placer le centre. Déplacez la souris et observez le rayon évoluer avec la position de la souris. Cliquez sur le 1er point de l'arc. Déplacez à nouveau la souris et cliquez sur le 2^e point de l'arc. Si vous avez auto-contrainte activé, vous pouvez sélectionner un point existant ce qui créera une contrainte de coïncidence.
2. Pour choisir le mode de création alternatif, cliquez sur le petit triangle à droite de l'icône de création d'arc et choisissez . A présent le 1er et le 2^e point définissent le début et la fin de l'arc, tandis que le 3^e clic est un point arbitraire de l'arc définissant le rayon. Ce mode de création sera à présent celui par défaut durant votre session FreeCAD jusqu'à ce qu'il soit de nouveau changé.

Contraintes typiques

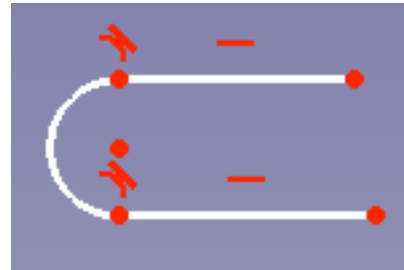
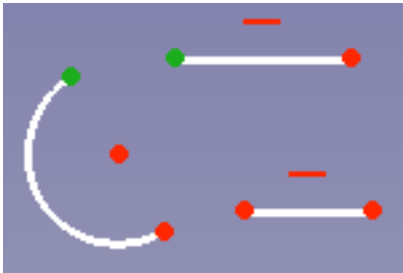
Positionner le centre, Rayon, Egalité, Point-on-Object se comportent comme ils le font pour les cercles

Tangence Les 2 modes décrits pour les cercles existent de la même façon pour les arcs. Mais il y a un mode additionnel et plus important pour la création de tangente aux extrémités, qui est appelé un *smooth joint* :

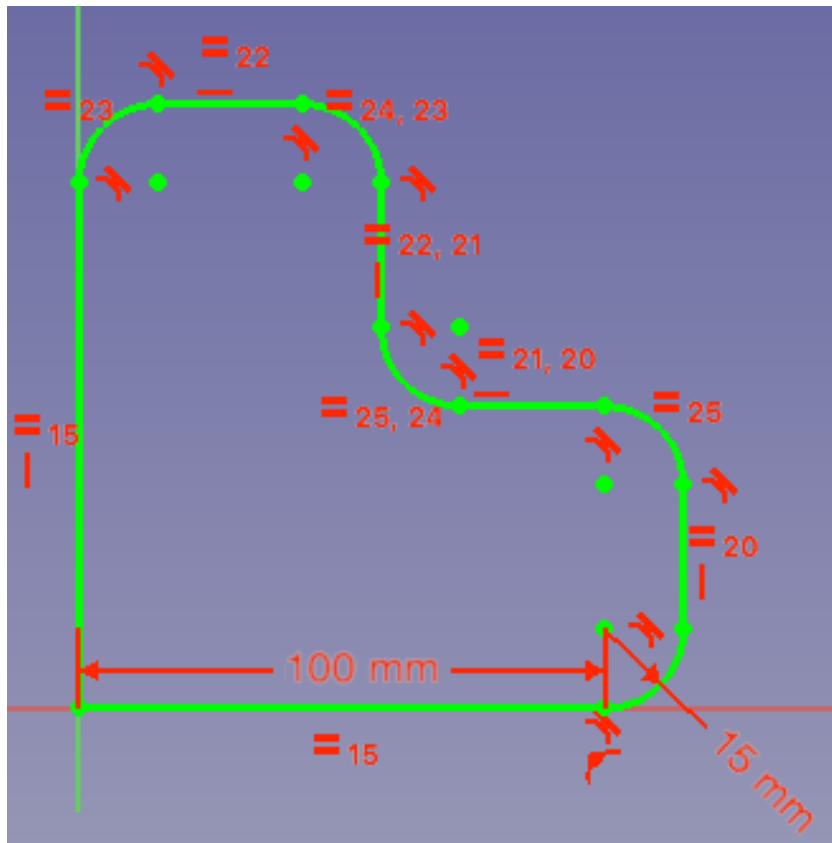
Sélectionnez une des extrémités de l'arc et l'extrémité d'une ligne ou d'un autre arc. Si vous ajoutez maintenant une contrainte de tangences, 2 choses arrivent :

- les éléments deviennent tangents
- les points deviennent coïncidents.


Exercice 9 Créez un arc et 2 lignes horizontales. Appliquez une contrainte de tangence point-à-point aux paires de points supérieure et inférieure. L'image de gauche montre la sélection juste avant d'appliquer la première contrainte, celle de droite montre le résultat après avoir appliqué les deux.



Exercice 10 Créez le sketch suivant. Tous les arcs ont le même rayon de 15mm. Les lignes longues sont égales. Toutes les petites lignes sont égales. Toutes les tangences sont des tangences point-à-point avec des 'smooth joints'.



9 Polyline

Icone :	
Nombre de DOF ajoutés:	dépendant des éléments ajoutés (voir ci-dessous)

La polyline est un outil très utile pour la création rapide de sketch. Bien plus que de simplement connecter des lignes droites, il y a différents modes de connexion et même des arcs peuvent être créés avec cet outil.

La polyline dans sa forme standard ajoute une série de lignes qui sont connectées par des contraintes de coïncidence. Ces coïncidences sont indépendantes du fait que les auto-contraintes sont activées ou non. Le mode continu de l'outil se termine quand la figure est fermée, c'est-à-dire quand vous connectez le dernier point de la polyline à son premier point.

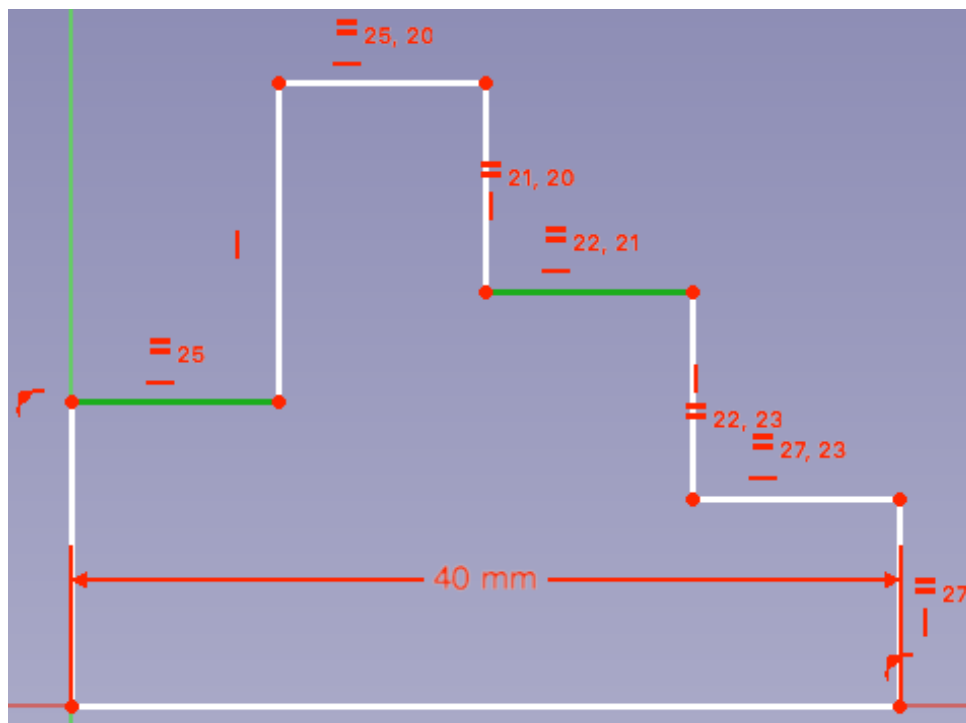
Vous pouvez également utiliser le clic droit ou la touche Echap pour interrompre la séquence à tout instant. Comme précisé plus haut, je recommande la dernière solution pour les utilisateurs MacOS car avec le bouton droit de la souris, le niveau de zoom peut changer inopinément.

Je recommande d'utiliser le clic droit avec les autres systèmes car vous avez la main sur la souris de toute façon, et qu'il n'y a aucun danger de quitter inopinément Sketcher en tapant Echap une fois de trop.

Comme avec les autres outils géométriques, vous restez en mode de création donc vous pouvez immédiatement enchaîner avec une autre polyline.

Un clic droit supplémentaire (ou Echap) termine complètement la création de polyline.

Exercice 11 Créez le sketch de l'exercice 7 page 20, en utilisant maintenant l'outil Polyline.



Il faut mentionner que le résultat est le même que les lignes soient créées avec l'outil polyline ou avec de multiples lignes simples.

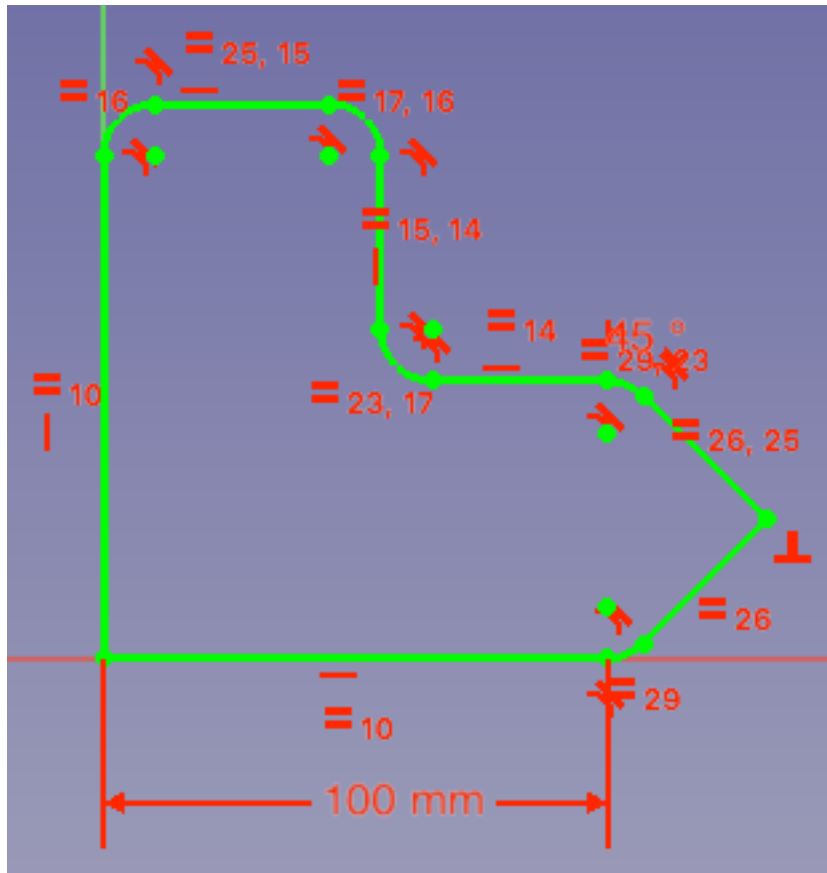
La polyline peut faire plus que de connecter les lignes avec des coïncidences. Ce qui suit est tiré de la documentation en ajoutant les informations sur les DOF :

La polyline commence toujours par un segment de ligne droite : clic - déplacer la souris - clic. Ceci ajoute – comme n'importe quelle autre ligne – 4 DOF au modèle.

Déplacer encore la souris. Après avoir placé le 1er segment de ligne, l'outil polyline de Sketcher possède de multiples modes qui peuvent être parcourus avec la touche M. Par exemple, vous pouvez dessiner des arcs tangents ou perpendiculaires à la suite d'une ligne ou d'un arc. En appuyant de manière répétée sur la touche M, les différents modes suivants sont parcourus. Les nombres de DOF sont données sans prendre en compte l'auto-contrainte qui peut réduire les DOF par exemple en appliquant une contrainte horizontale.

- Sans action sur la touche M, une ligne avec seulement une contrainte de coïncidence est ajoutée. Cela ajoute 2 DOF pour la nouvelle extrémité.
- Appuyez sur M : le nouveau segment est une ligne perpendiculaire au segment précédent. Cela ajoute 1 DOF.
- Appuyez sur M : le nouveau segment est une ligne tangente au segment précédent. Cela ajoute 1 DOF.
- Appuyez sur M : le nouveau segment est un arc tangent au segment précédent. Cela ajoute 2 DOF.
- Appuyez sur M : le nouveau segment est un arc perpendiculaire (gauche) au segment précédent. Cela ajoute 2 DOF.
- Appuyez sur M : le nouveau segment est un arc perpendiculaire (droite) au segment précédent. Cela ajoute 2 DOF.
- Appuyez encore sur M : vous êtes revenus à l'état de départ ; la ligne est seulement connectée par une coïncidence au segment précédent.
- Dans n'importe quel mode pour les arcs, maintenir enfoncée la touche CTRL (MacOS : touche CMD) et bouger le curseur crée un accrochage par pas de 45° de manière relative au segment précédemment créé. Dans ce cas, seulement 1 DOF au lieu de 2 est ajouté car une contrainte angulaire est ajoutée automatiquement.

Exercice 12 Créez le sketch suivant en utilisant Polyline et la touche M. Tous les arcs y compris ceux à 45° ont le même rayon. Les lignes longues sont égales. Toutes les lignes courtes y compris celles à 45° ont la même longueur.



10 Rectangle


Icone :	
Nombre de DOF ajoutés:	4

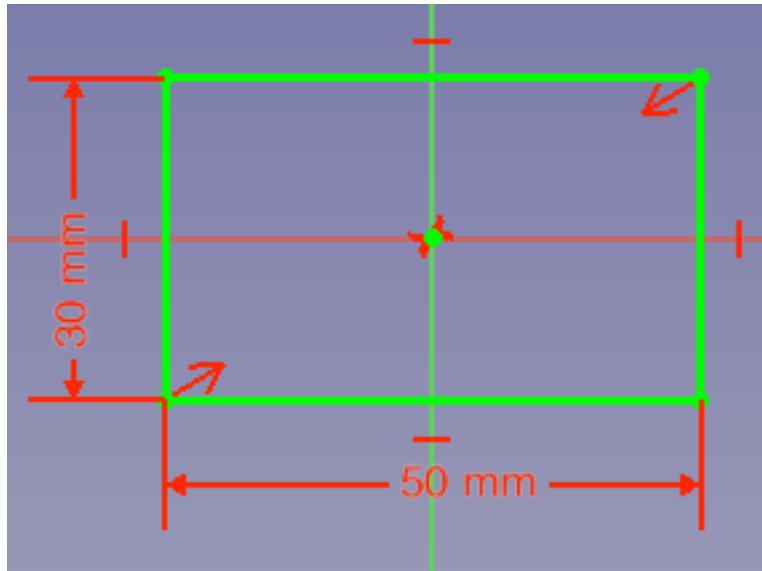
Les rectangles prédéfinis dans le Sketcher ont toujours des côtés horizontaux et verticaux. Un tel rectangle peut être défini par 2 de ses extrémités diagonalement, chaque extrémité ajoutant 2 DOF qui s'additionnent en 4 DOF.

Pour créer un rectangle, vous cliquez le 1er coin, puis le coin diagonalement opposé. Le résultat est le même que si le rectangle était construit avec 4 lignes connectées par des coïncidences et contraintes horizontalement ou verticalement.


Centrage de Rectangles

Souvent un rectangle doit être placé au centre du système de coordonnées. Ou d'autres points doivent être positionnés au centre du rectangle (cf. exercice 8 page 24).

Pour faire cela, vous sélectionnez 2 points diagonaux et le point à placer au centre, puis appliquez une contrainte de symétrie. . C'est mieux que d'appliquer une contrainte de symétrie entre un côté horizontal et un axe vertical et une autre contrainte de symétrie entre un côté vertical et un axe horizontal. Il est important de sélectionner le centre en dernier, comme vous le verrez dans la section 28 page 66.



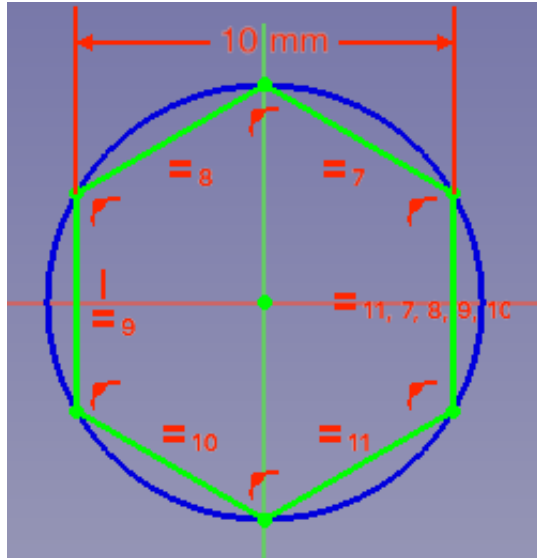
11 Polygone

Icones :	
Nombre de DOF ajoutés:	4

Le centre fait 2 DOF, le diamètre ajoute 1 DOF, et l'orientation est le dernier des 4 DOF. Ceci indépendamment du nombre de côtés du polygone.

Quand vous créez un polygone, vous démarrez avec le centre et déplacez la souris pour définir le diamètre extérieur et la position d'un coin. Le cercle bleu extérieur est une géométrie de construction et donc ne contribue pas dans une utilisation future d'extrusion ou de creusement.

Le polygone le plus fréquemment utilisé est probablement l'hexagone, en connexion avec les écrous et les boulons :



Comme un polygone est un ensemble de lignes et un cercle (de construction), tous les conseils donnés avant s'appliquent également.

Si la 1^{re} contrainte que vous appliquez est de fixer le centre du polygone, assurez-vous que la cible est proche du centre actuel, c'est-à-dire : vous devriez déplacer le polygone proche de sa position finale. Si le centre cible est en dehors du cercle, le polygone peut s'effondrer en quelque chose d'inutilisable. Cela n'arrive pas si vous avez fixé la taille du polygone avant.

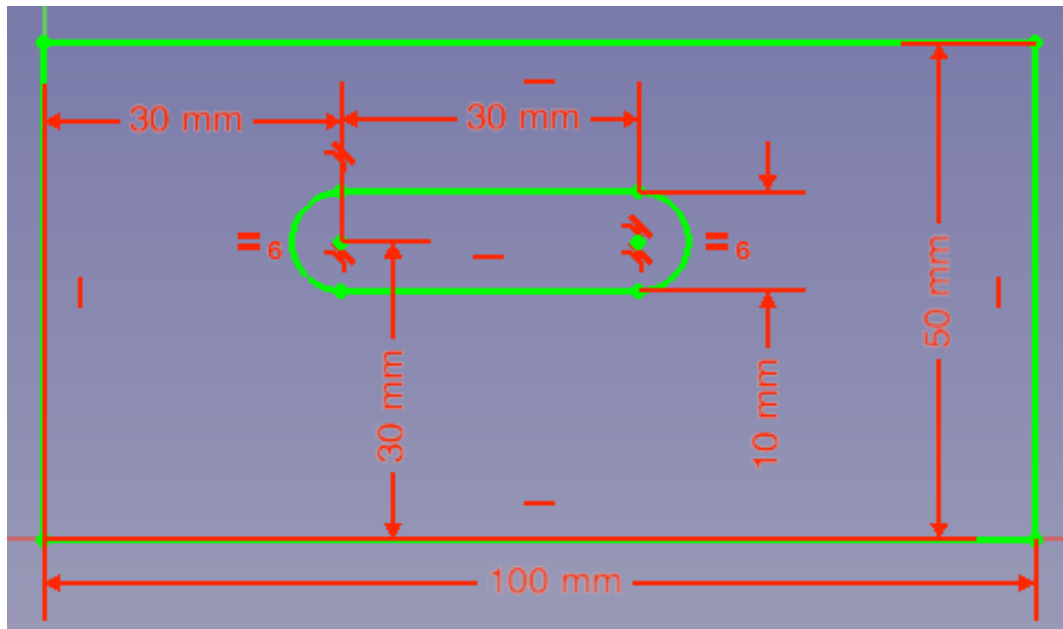
12 Slot

Icone :	
Nombre de DOF ajoutés:	4

Le centre de l'un des cercles a 2 DOF. Le slot prédéfini est toujours horizontal ou vertical, donc la distance avec l'autre centre ajoute 1 DOF, et le rayon ajoute 1 DOF également, ce qui fait un total de 4 DOF.

Créer un slot débute par un clic au centre de l'un des demi-cercles. Le clic suivant définit le rayon et la longueur du slot. En fonction de la position relative du 2^e clic, le slot est soit vertical, soit horizontal.

Exercice 13 Créer un sketch pour un bloc contenant un slot pour un mécanisme coulissant :

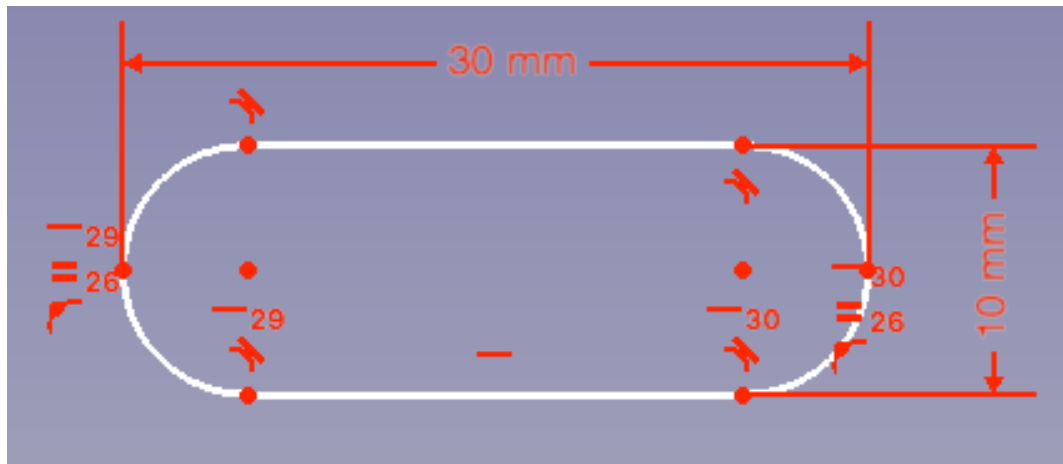


Remarque : A cet instant, nous positionnons le slot avec des mesures. Nous apprendrons dans la section 28 page 66 à propos de la symétrie comment centrer un slot.

Contraintes typiques

Au-delà des contraintes que vous connaissez déjà pour les lignes et les arcs, je veux vous montrer comment contraindre un slot si la *longueur hors tout* du slot est connue et doit donc être utilisée directement dans le sketch.

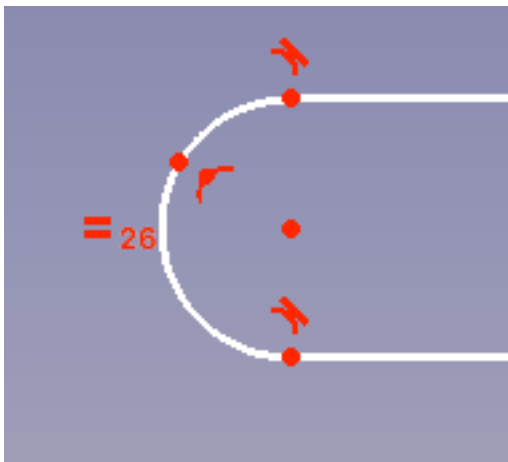
Exercice 14 Créer le même sketch pour un mécanisme coulissant que précédemment, mais en mettant la longueur hors tout.



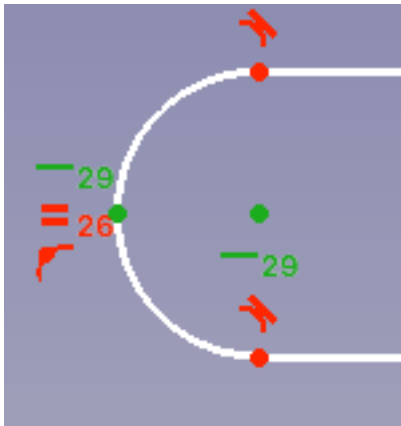
Ce sketch n'est pas encore totalement contraint, il manque le positionnement absolu en x et en y.

Pour créer le sketch :

- Créez le rectangle et le slot comme avant.
- Créez un point et placez le sur un des arcs avec une contrainte point-on-object. Il est préférable de le placer déjà proche de sa position finale. Si vous avez activé l'auto-contrainte, vous pouvez le faire en une seule étape.



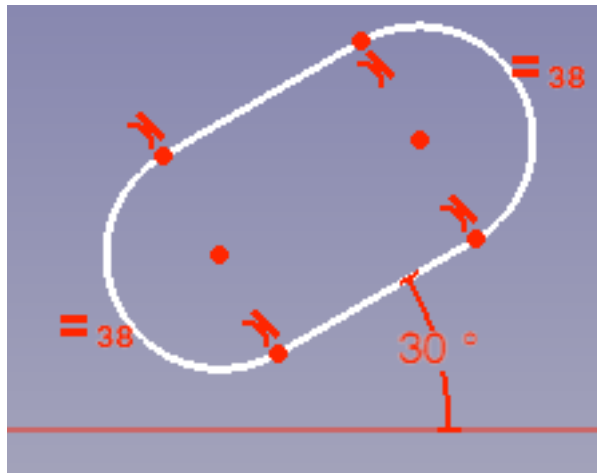
- Faites de même pour l'autre arc.
- Sélectionnez le nouveau point et le centre de l'arc, et appliquez une contrainte horizontale. L'image montre la situation après avoir appliqué la contrainte. J'ai sélectionné les éléments impliqués, ils sont en vert.





- Faites de même pour l'autre arc.
- Appliquez une distance horizontale sur les points extérieurs.
- Appliquez les autres contraintes comme précédemment.

Slots inclinés

Les slots prédéfinis sont soit horizontaux soit verticaux. Cela semble raisonnable car la plupart des slots sont orientés ainsi et ils peuvent être créés en seulement 2 clics. Cependant, si vous avez besoin d'un slot incliné, cela peut être réalisé simplement en supprimant la contrainte horizontale/verticale. Cela ajoutera évidemment un autre DOF. Dans l'image, j'ai déjà ajouté une contrainte angulaire :




13 B-splines


Icones :	 B-spline ouverte  B-spline fermée
Nombre de DOF ajoutés:	3 pour chaque point de controle

Chaque point de controle est défini par un cercle avec 3 DOF.

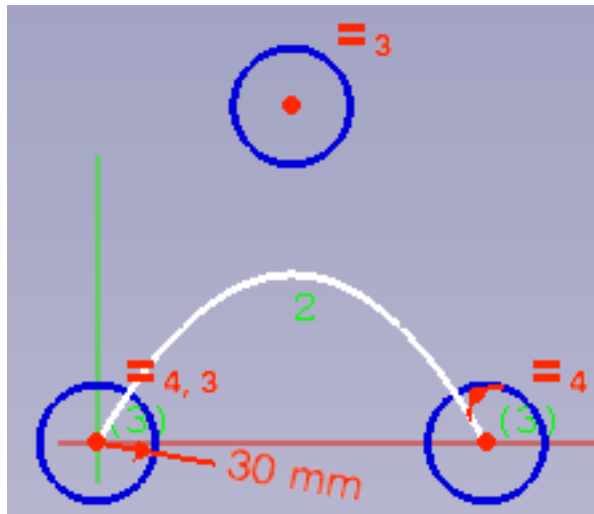
Les B-splines sont des courbes utilisées pour les surfaces douces. Elles sont définies par un ensemble de points de controle, qui eux-même – sauf le début et la fin – n'ont pas à appartenir à la B-spline. Chaque point de controle a un poids, qui détermine à quel point le point de controle "attire" la courbe. Les B-splines apparaissent souvent quand vous importez des fichiers Scalable Vector Graphics (SVG) et appliquez une conversion Draft-to-Sketch.

Il y a 2 variantes de B-spline :

La B-spline ouverte  a un début, qui est le 1er point de controle, et une fin, qui est le dernier point de controle.

La B-spline fermée  est créée de la même façon mais en fin de creation, la fin de la B-spline est doucement connectée avec son début.

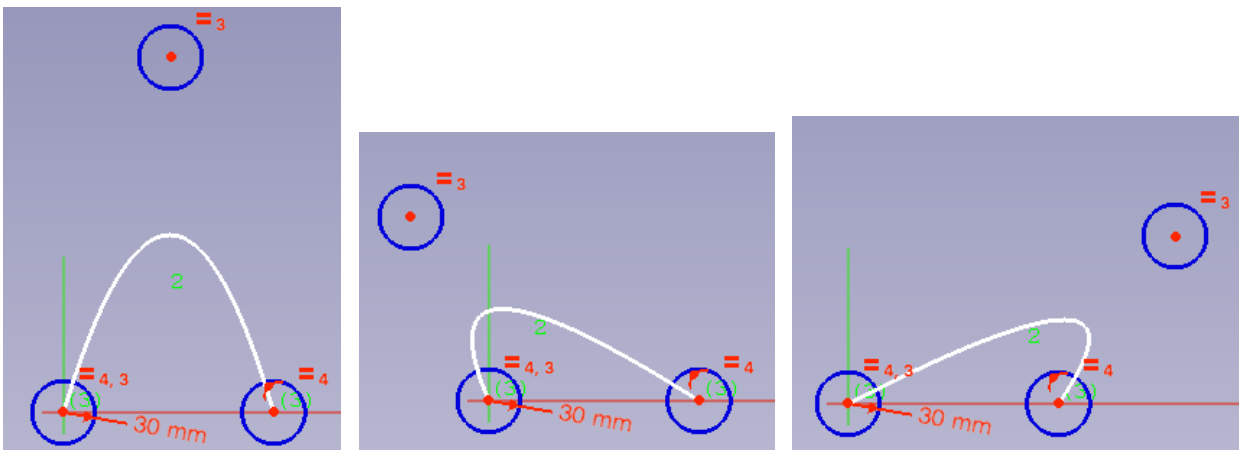
Exercice 15 *Créez une B-spline avec les points de controle suivants. La distance absolue entre les points n'a pas d'importance pour le moment.*



Débutez à gauche, ajoutez le point de controle supérieur, puis enfin celui de droite. Terminez la création de la B-spline avec un clic droit ou en utilisant la touche Echap. La B-spline est créée avec une taille identique pour tous les cercles autour des points de controle. Notez que la B-spline n'est pas affichée tant que sa création n'est pas complétée.

Vous disposez de 2 possibilités pour influencer sur la forme de la B-spline grâce au point de controle supérieur (bien sûr, les mêmes possibilités existent pour les autres points).

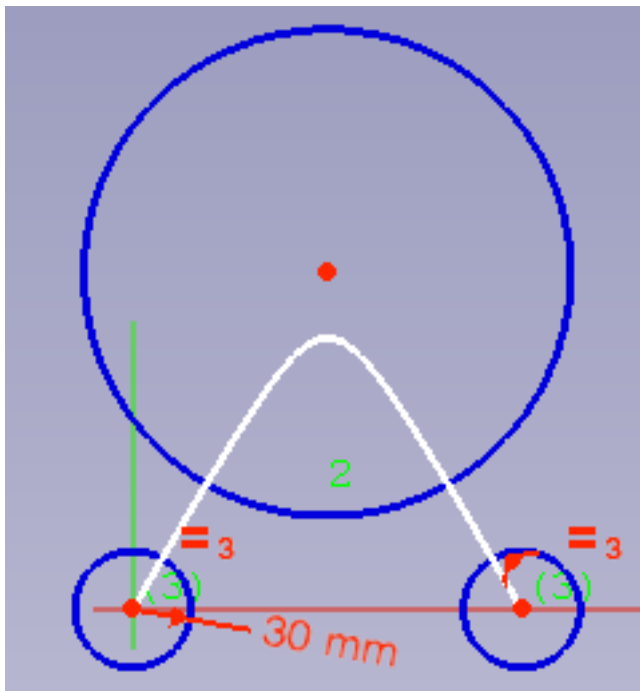
- La position du point de controle détermine la direction et de combien la B-spline est déviée :



Vous voyez comment la courbe est attirée par le point de contrôle. Le ratio entre le point de contrôle, la courbe, et les autres points reste approximativement constant.

- La taille des cercles autour des points de contrôle détermine de combien la courbe est attirée. Plus gros est le cercle, plus la B-spline est attirée. Un cercle infini l'attirerait jusqu'au point de contrôle lui-même.

Avant de changer la taille d'un point de contrôle, vous devez supprimer la contrainte d'égalité.



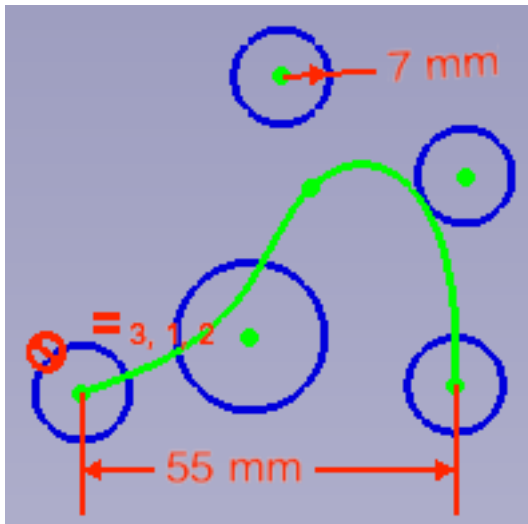
Contraintes typiques

Les B-splines supportent toutes les contraintes vues jusqu'à présent sur ses cercles de contrôle. Ce n'est pas (encore) possible d'utiliser les contraintes comme la tangence ou la point-on-object sur la partie courbe d'une B-spline mais seulement sur ces extrémités ; cependant, ci-dessous vous trouverez quelques techniques pour émuler cela.

Contrainte Block Bien qu'il soit sensé d'utiliser des contraintes autres que Block aux extrémités, cela pourrait mettre du désordre dans le sketch si vous voulez contraindre tous les points de contrôle intermédiaires.

Dans ce cas il est raisonnable d'utiliser la contrainte block sur la B-spline. Assurez-vous d'avoir appliqué toutes les autres contraintes avant, car une fois la contrainte block appliquée, plus rien de peut être changé sur aucun point de la B-spline.¹

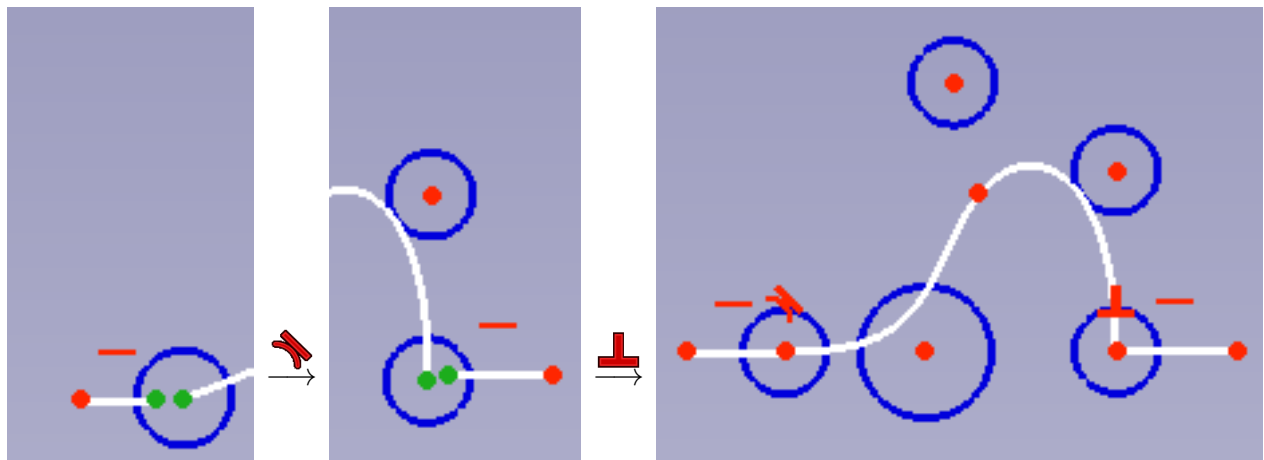
Exercice 16 Créez une B-spline selon l'image suivante. La contrainte block est alignée relativement loin à gauche, mais elle appartient bien à la courbe B-spline.



Avant d'appliquer la contrainte block, spécifiez la longueur totale (55mm) et ajustez la taille du plus grand cercle (sans la contraindre)

Contrainte tangente et perpendiculaire aux extrémités. Les arcs et les lignes – et même les B-spline avec l'aide d'une ligne de construction – peuvent être connectés à leurs extrémités en utilisant des contraintes de tangence ou de perpendicularité.

Exercice 17 Retirez la contrainte block de l'exercice 16. Attachez les lignes horizontales, tangentielllement à gauche, perpendiculairement à droite.



La dernière action là encore devrait être d'ajouter la contrainte block.

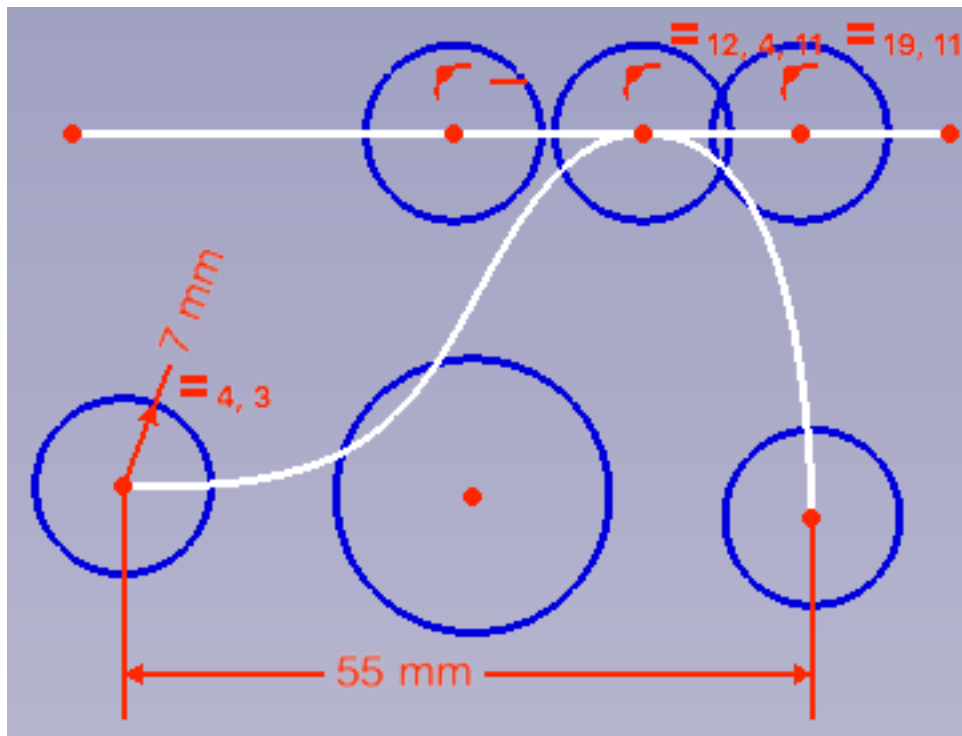
1. Jusqu'à la v. 0.19.21007 Sketcher n'indique pas de telles surcontraintes.

Contrainte tangente sur la courbe. Il n'est actuellement pas possible de créer une tangente sur la portion interne d'une B-spline. La même chose est vraie pour les points superposés à la courbe.

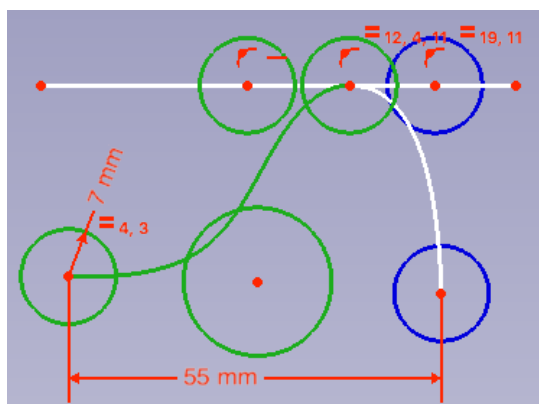
Pour contourner cela, vous devez créer 2 B-splines et les connecter tangentiellement. Ça ne fonctionne pas non plus directement donc vous devez ajouter une ligne de construction.

Attention : Vous n'obtiendrez pas forcément exactement la même courbe qu'avec une seule B-spline, mais vous pouvez très fortement vous en approcher.

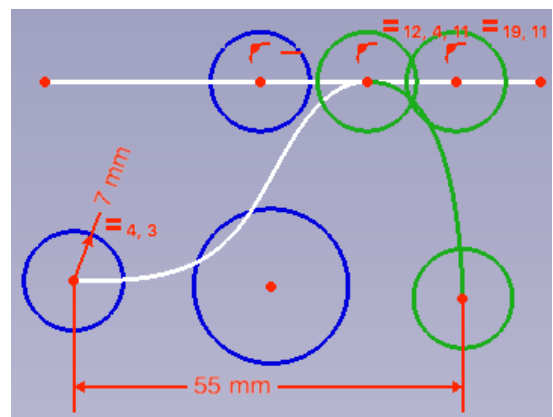
Exercice 18 Basé sur cet exercice 16 page précédente ajoutez une tangente en haut de la B-spline.



2 B-splines sont impliquées :



et




Il y a différentes possibilités pour ajouter la tangente :






- Vous pouvez placer l'extrémité et le point de contrôle à côté sur la tangente. C'est ce que j'ai fait dans l'exemple.
- Vous pouvez utiliser une contrainte de tangente point-à-point sur les extrémités.

Point-on-Object sur la courbe. Créez ceci d'une manière analogue à la tangente.

Perpendiculaire sur la courbe. Créez ceci d'une manière analogue à la tangente.

14 Sections coniques

Vous trouvez les sections coniques dans le menu déroulant de l'icône . Une fois que vous avez fait un choix, cet icône est remplacé par la dernière sélection faite.

Icones :		Ellipse par le centre, le petit et le grand rayon, 5 DOF
		Ellipse par le petit et le grand axe, 5 DOF
		Arc d'ellipse, 7 DOF
		Arc d'hyperbole, 7 DOF
		Arc de parabole, 6 DOF

Les DOF de l'ellipse sont donnés par les 2 lignes qui la définissent, ce qui devrait faire 8 DOF. Ce nombre est réduit par le fait que les lignes ont un centre commun (moins 2 DOF) et sont perpendiculaires (moins 1 DOF). Le tout s'additionne à 5 DOF.

L'arc d'ellipse a 2 DOF additionnels : les points de début et de fin peuvent chacun être défini par un angle. Le tout s'additionne à 7 DOF.

Une hyperbole est là encore définie par 2 lignes perpendiculaires – cette fois connectées en T – et 2 angles, qui s'additionnent à 7 DOF.

Une parabole est définie par une ligne entre le foyer et le périhélie avec 4 DOF, et 2 angles pour les extrémités. Le tout s'additionne à 6 DOF.

14.1 Créer et utiliser les sections coniques

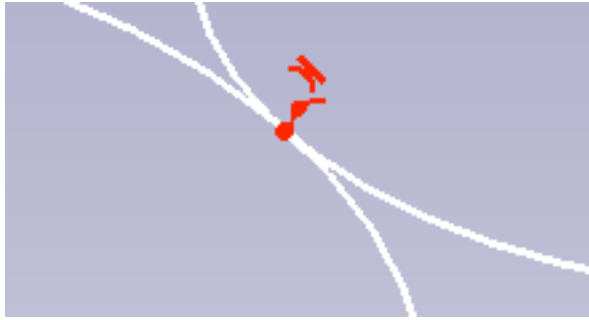
L'utilisation des sections coniques est simple et directe. Il y a une exception avec un comportement spécial quand une tangente est utilisée, qui sera décrit plus bas (voir section 14.2 page suivante).

- Vous pouvez utiliser les lignes de construction (voir section 15 page suivante) pour contraindre plus fortement votre modèle.
- Vous pouvez utiliser la courbe de la même façon que celle décrite pour les cercles et les arcs :
 - ajouter des contraintes tangentes entre courbe et lignes
 - ajouter une tangence point-à-point entre les extrémités d'arcs coniques et d'autres éléments géométriques
 - ajouter des contraintes perpendiculaires entre les extrémités d'arcs coniques et d'autres éléments géométriques

14.2 Tangente et perpendiculaire sur les sections coniques

Si vous souhaitez créer une contrainte tangente entre une section conique et une autre courbe de type section conique, cercle ou arc, faites la même chose qu'habituellement : sélectionnez les 2 courbes et appliquez la contrainte. Cependant, l'effet est légèrement différent :

- Un point additionnel est créé ;
- Ce point est placé sur les 2 courbes avec 2 contraintes point-on-object ;
- Une contrainte de tangence est ajoutée.




La même technique est utilisée pour créer une contrainte de perpendicularité entre une section conique et une ligne :




15 Géométrie de construction

La géométrie de construction peut être utilisée si la géométrie n'a pas à être utilisée pour des fonctions ultérieures mais seulement pour construire le sketch lui-même. Nous l'avons déjà nous-mêmes utilisée dans l'exercice 8 page 24, et elle est générée automatiquement par exemple quand un polygone est créé, voir section 11 page 31.

La géométrie de construction est affichée en couleur bleue pour la distinguer de ce que j'appellerai ici la géométrie "réelle" ou "normale", qui est en blanc. Vous avez 2 possibilités pour créer une géométrie de construction :

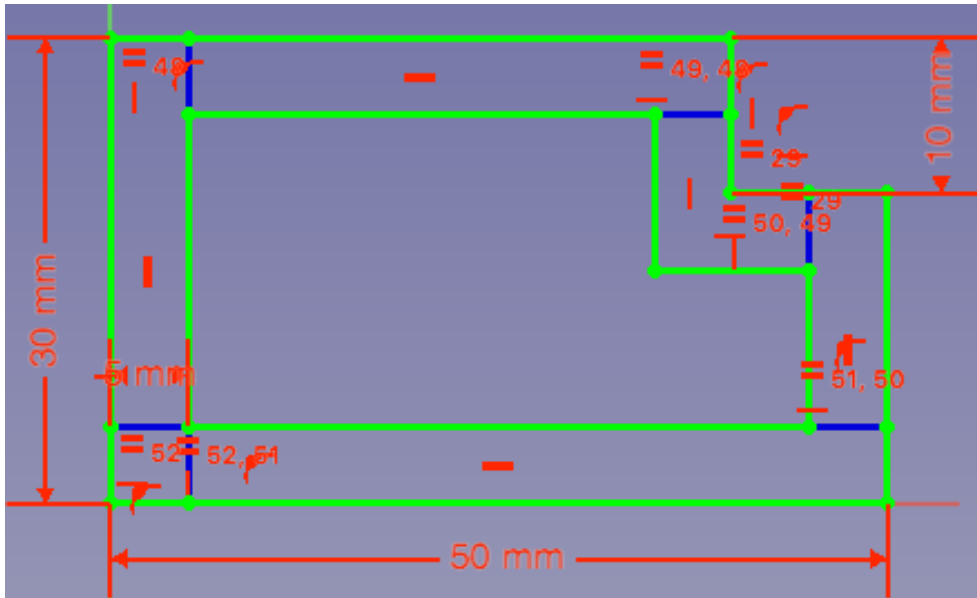
- En sélectionnant un élément géométrique et en cliquant sur l'icône de basculement de mode  vous pouvez changer entre géométrie réelle et de construction. Cela signifie que vous pouvez aussi aller dans l'autre sens et transformer une géométrie de construction en géométrie réelle.

- Si rien n'est sélectionné et que vous cliquez sur l'icône de basculement de mode , tous les icones de création de géométrie deviennent bleus et vous entrez en mode construction. Dans ce mode, tous les éléments géométriques sont des éléments de construction.

Pour quitter ce mode, cliquez à nouveau sur l'icône "Basculer mode de construction". J'utilise fréquemment la géométrie de construction quand je veux avoir des distances égales avec certains bords extérieurs du sketch

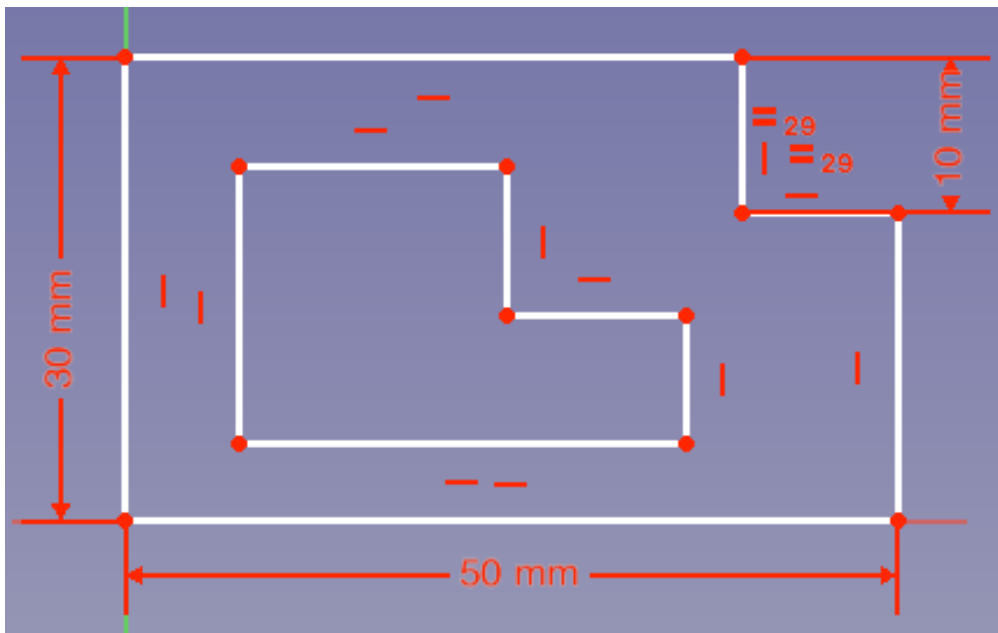
Exercice 19

Créez un sketch complexe avec des bordures intérieure et extérieure équi-distantes.



Pour ce faire :

- Débuter avec un sketch totalement contraint de la bordure extérieure
- Ajouter la bordure intérieure avec la même structure. Votre sketch ressemblera grosso-modo à cela



- Basculez en mode de construction
- Ajoutez les lignes de construction. Avec l'auto-contrainte activée, vous pouvez ajouter des contraintes horizontales, verticales et point-on-object durant la construction. Si certaines sont manquantes, ajoutez les après la création.
- Appliquez une contrainte d'égalité entre toutes les lignes de construction.
- Ajoutez une contrainte de distance horizontale ou verticale sur une des lignes de construction.

Les éléments géométriques de construction sont ajoutés à la liste des éléments comme les autres. Les icônes correspondants ont des extrémités bleues au lieu de rouges.



16 Point

Le point est un élément géométrique que nous n'avons pas encore vu. Il ne peut pas être basculé entre géométrie de construction et réelle, il est toujours de construction.

Icone :	
Nombre de DOF ajoutés:	2

Le point peut être contraint en fixant ses coordonnées x et y, il a donc 2 DOF.

Le point sert uniquement de géométrie de construction. Il n'est pas possible de construire un sketch contenant uniquement un point en tant que géométrie réelle. (Cela serait utile pour les lissages qui se terminent en un point unique.) Ceci est vrai pour la version 0.19 courante mais pourrait changer dans le futur. Si vous avez besoin d'un tel point en tant que géométrie, vous devez utiliser les ateliers Draft ou Part.

Utilisez le point pour définir le reste du sketch dans le cas où un point est nécessaire mais n'est pas directement créé par la géométrie. Ce peut être par exemple le centre de 2 rectangles, un certain point d'un cercle, etc. Pour un exemple, voir l'exercice sur le slot 14 page 34.

Troisième partie

Contraintes

Les Contraintes font que Sketcher est unique parmi les ateliers et probablement aussi parmi les autres programmes de dessin 2D. En particulier, les contraintes géométriques comme la coïncidence, l'égalité, le point-on-object, la tangence, etc. rendent un modèle indépendant d'un trop grand nombre de dimensions, améliorant par là-même la lisibilité et la paramétrabilité. Imaginez un sketch avec un simple slot et où vous devez contraindre chaque point avec des mesures x- et y-. Vous devriez empiler 18 mesures. Et maintenant imaginez que vous ayez 2 ou 3 de ces slots et que vous ayez à déplacer ce sketch d'une certaine distance vers le haut et la droite. Vous auriez à changer et à calculer chacune de ces mesures – quelle horreur.

Dans cette section, je voudrais discuter des différentes contraintes et de comment elles sont utilisées.

Tandis que les éléments géométriques ajoutent des DOF à un modèle, les contraintes font l'opposé : elles réduisent le nombre de DOF. Ci-dessous, je dirai qu'une contrainte *consomme* un certain nombre de DOF. C'est quelque chose que vous devez garder à l'esprit en permanence. Je regarde en permanence les messages du solveur et comment ils évoluent à l'application d'une nouvelle contrainte. Cela me donne une certaine satisfaction de voir les DOF tendre vers zéro, mais c'est évidemment plus important de pouvoir intervenir immédiatement si quelque chose se déroule mal.

17 Choisir des Contraintes

Cela ressemble à une tâche simple, mais il y a d'autres possibilités au-delà de la plus évidente. Que vous sélectionniez une contrainte par n'importe quel moyen ci-dessous, elle sera sélectionnée à la fois dans la vue 3D et dans la liste des contraintes dans le panel de gauche.

Cliquer sur la contrainte dans la vue 3D C'est probablement la possibilité la plus souvent utilisée.

Double-cliquer sur une valeur numérique dans la vue 3D telle une distance ou un rayon. Si vous voulez changer la valeur d'une mesure, double-cliquez sur la contrainte et entrez la nouvelle valeur.

Sélection dans la liste Parfois il est difficile de sélectionner une contrainte existante depuis la vue 3D. Dans la version 0.19 actuelle, il semble impossible de sélectionner une unique contrainte parmi plusieurs si plus d'une est attachée à un élément géométrique (sous Mac cela semble un peu moins bon que sous Ubuntu).

Dans ce cas, vous pouvez la sélectionner depuis la liste de contraintes dans le panel sur le côté gauche. C'est la façon la plus sûre de trouver la dernière contrainte ajoutée, comme il s'agit de la dernière dans la liste.


Sélectionner une contrainte associée à un élément géométrique

Si vous avez sélectionné un élément géométrique, vous pouvez utiliser l'icône



pour sélectionner toutes les contraintes associées, y compris les coïncidences sur les extrémités. En même temps la sélection de l'élément géométrique est annulée.

Sélectionner les éléments géométriques associés avec une contrainte

Si vous avez sélectionné une contrainte, vous pouvez utiliser l'icône  pour sélectionner tous les éléments géométriques associés. En même temps la sélection de la contrainte est annulée.

Sélection par boîte Ce type de sélection est – tant qu'on parle des contraintes – utile pour sélectionner les contraintes coincidentes. D'un autre côté, il peut être utilisé pour sélectionner les extrémités d'éléments géométriques qui se situent l'un au-dessus de l'autre, par exemple dans le but d'appliquer une contrainte tangente ou perpendiculaire :

Vous pouvez dessiner un rectangle tout en maintenant le clic gauche enfoncé. En fonction de la direction de la sélection, différentes choses arrivent :

- De gauche à droite, tous les éléments qui sont *entièrement à l'intérieur* du rectangle de sélection sont sélectionnés.
- De droite à gauche, tous les éléments qui sont au moins partiellement à l'intérieur du rectangle sont sélectionnés.

Voir exercice 22 page 54 pour un exemple de sélection par boîte.

18 Appliquer des contraintes

Il y a différents modes pour appliquer des contraintes à des éléments géométriques. Le comportement peut être configuré dans

Préférences→Sketcher→Général→Création de contrainte en mode continu.

- Vous pouvez appliquer une contrainte comme précédemment dans ce document : sélectionnez un ou – en fonction du type de contrainte – plusieurs éléments, et ensuite cliquez sur l'icône de la contrainte.
- L'autre mode est similaire au mode de création continu de géométrie : sans avoir sélectionné aucun élément géométrique dans le sketch, cliquez sur l'icône de contrainte. Par exemple, imaginons que vous cliquez sur l'icône de contrainte verticale. Vous pouvez maintenant sélectionner séquentiellement toutes les lignes supposées avoir une contrainte verticale.

Pour les contraintes qui requièrent la sélection de plus d'un élément géométrique comme point-on-object, la contrainte est appliquée dès que vous avez sélectionné suffisamment d'éléments. Avec quelques contraintes comme la symétrie, la séquence de sélection a une signification.

Pour terminer le mode de contrainte continu, faites un clic droit avec la souris ou tapez sur la touche Echap ou sélectionnez autre chose depuis la liste d'éléments géométriques.

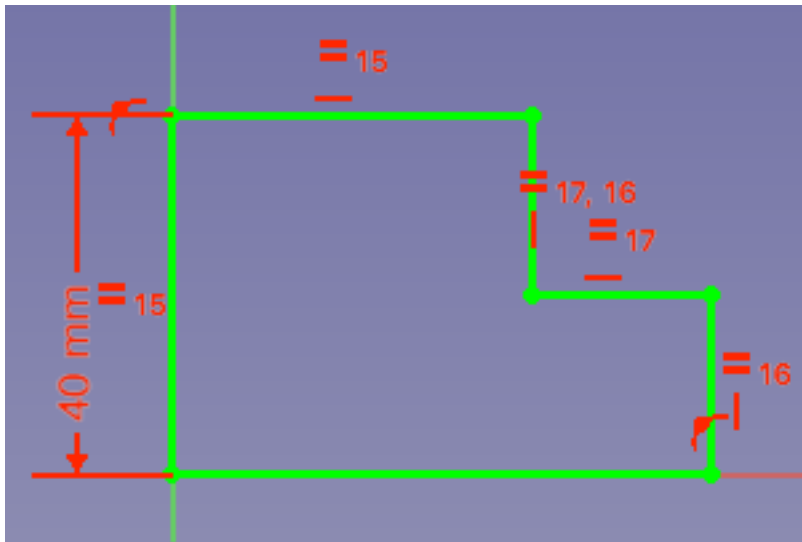
19 Le Solveur

19.1 Résoudre un sketch

Pour le solveur, un sketch est un – potentiellement énorme – système d'équations. Le solveur essaye de trouver une solution qui, dans le meilleur cas, est unique.

Un sketch est dit résolu si toutes les contraintes sont satisfaites et qu'il n'y a pas d'autre "solution avoisinante", c'est-à-dire que vous ne pouvez pas déplacer une partie du sketch de manière continue en même temps que la solution reste valide. Cette condition est un peu compliquée car un sketch peut être marqué comme résolu alors que la solution n'est pas unique. L'exercice suivant montre 2 sketches qui sont tous les 2 totalement contraints et qui ont le même jeu de contraintes. Et ils sont différents !

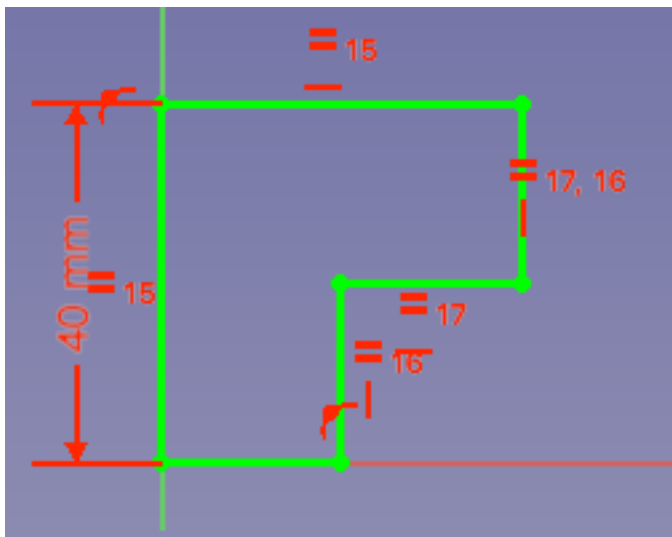
Exercice 20 Créez un sketch selon l'image suivante.



Les côtés gauche et haut sont égaux. Les 3 petites lignes sont égales.

Maintenant nous allons créer une solution différente basée sur le même jeu de contraintes :

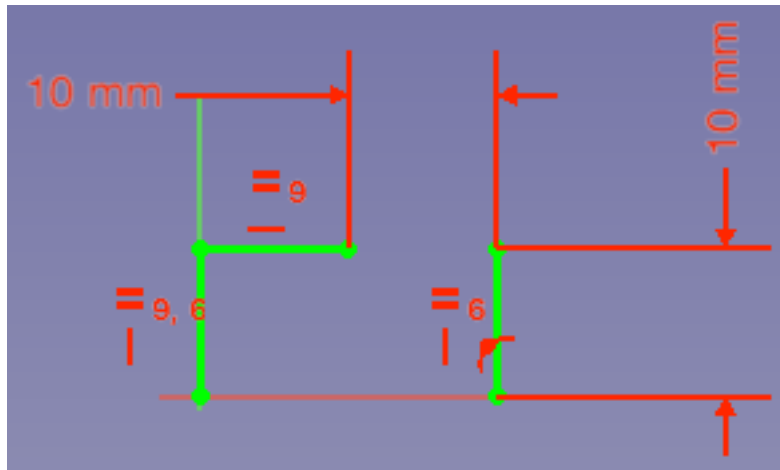
- Retirez la contrainte d'égalité de la petite ligne horizontale. Dans l'image, c'est la contrainte numéro 17.
- Déplacez l'extrémité droite du sketch à gauche. Déplacez la jusqu'à ce que la petite ligne du bas soit à gauche de la petite ligne du haut.
- Appliquez de nouveau la contrainte d'égalité, et vous retrouvez le même jeu de contrainte que précédemment.



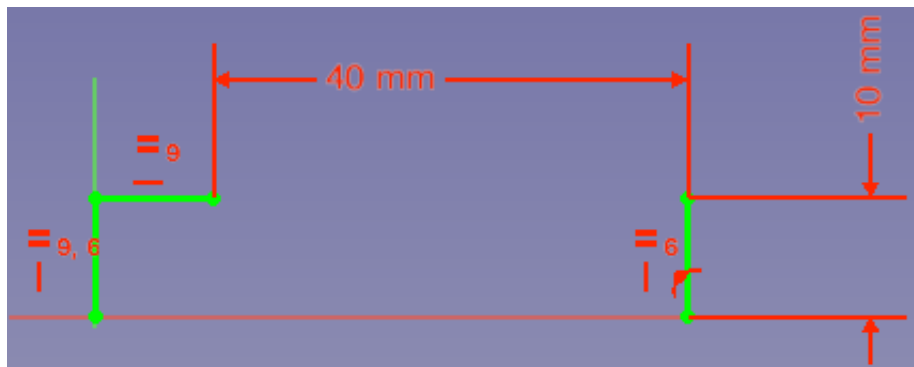
19.2 Retournement de sketch

Ce comportement amène parfois à des résultats inattendus, car de multiples petits changements mènent à des résultats différents qu'un seul grand changement.

Exercice 21 *Créez un sketch selon l'image suivante.*



Maintenant augmentez la longueur de la ligne supérieure en 2 étapes jusqu'à 60mm



Le sketch se comporte comme attendu.

Maintenant revenez à la version 10mm et changez la en une seule étape pour celle de 60mm :



La ligne horizontale de gauche a changé de sens. Si cela arrive à un sketch, j'annule généralement la dernière action et je bouge *manuellement les éléments aussi près que possible de leur position finale*..²

Augmenter la robustesse Vous pouvez augmenter la robustesse si vous utilisez des contraintes angulaires de 90° au lieu des contraintes horizontales ou verticales (voir section 35 page 76). Cependant, il n'est pas conseillé de le faire en permanence, car cela augmente le stress sur le solveur et dégrade le sketch..

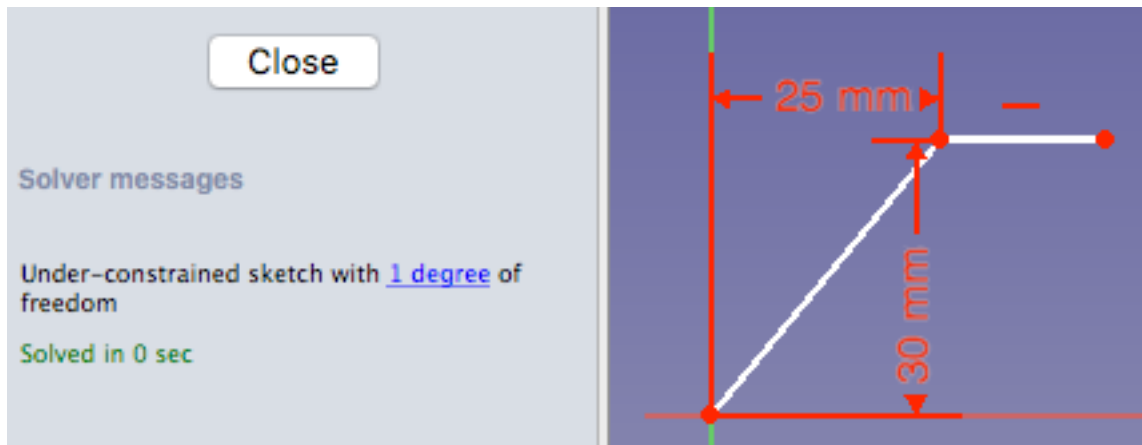
19.3 Messages du Solveur

A chaque fois que vous faites quelque chose qui change les DOF, comme ajouter ou supprimer un élément géométrique ou une contrainte, le solveur recalcule the sketch complet pour déterminer une solution, puis répond avec un certain message. Certains sont attendus dans le process de développement d'un sketch, et d'autres dénotent des erreurs.

19.3.1 Les messages attendus

Sketch sous-contraint Rappelons-nous de l'exemple sur les auto-contraintes avec 2 lignes de la section 4.1 page 14 :

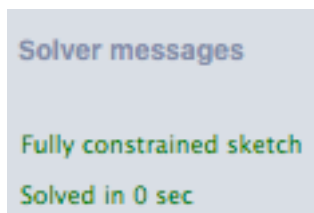
2. Dans Preferences→Sketcher→General , vous pouvez sélectionner l'option "Show Advanced Solver Control". Après avoir réouvert Sketcher, vous disposez d'une section additionnelle *Advanced solver control* dans le panel. Si vous choisissez Levenberg-Marquardt comme défaut, vous éviterez généralement les retournements de sketch.



Vous pouvez cliquer sur la partie bleue du message du solveur, qui dit ici **1 degree**. Cela sélectionnera les éléments du sketch où des contraintes additionnelles doivent encore être appliquées. Dans cet exemple, la ligne horizontale supérieure sera sélectionnée.

Il ne peut y avoir de recommandation plus précise sur la façon de contraindre le sketch, car c'est votre rôle. Pensez-y et appliquez la contrainte appropriée. Dans ce cas, il peut s'agir d'une dimension horizontale ou d'une contrainte d'égalité. Même une contrainte point-on-object serait possible entre l'extrémité et l'axe Y, ce qui retournerait la ligne de 180°.

Sketch totalement contraint dans une amicale couleur verte. C'est ce que vous devriez toujours essayer d'atteindre !



Les sketches peuvent être utilisés pour les extrusions et les creusements sans être totalement contraints, mais l'expérience montre que dans certains rares cas cela peut causer des problèmes.

19.3.2 Messages non souhaités

Il y a différents problèmes de différentes gravités, la plupart étant détectés et restitués par le solveur.

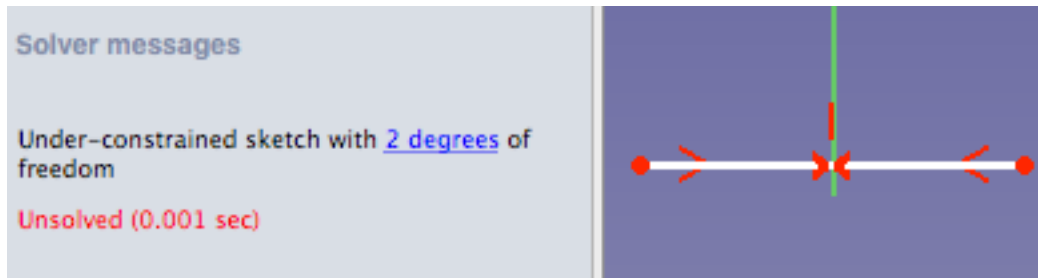
Notez bien : *Quand le sketch est dans un tel état erroné, il n'est plus mis à jour dans la vue 3D. Vous ne pouvez plus déplacer le sketch ou une de ses parties, des contraintes suivantes qui pourraient être correctes ne génèrent plus aucune conséquence dans la vue jusqu'à ce que l'erreur soit corrigée.*

La suite est ordonnée par gravité, les pires venant en premier :

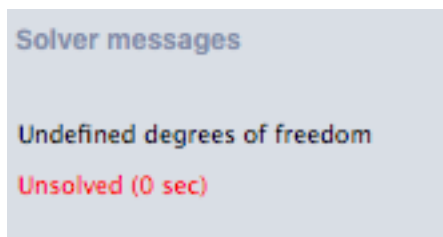
Sketch non résolu Dans le sketch ci-dessous, j'ai appliqué une contrainte de symétrie entre les extrémités de la ligne et l'axe X. Ceci rend la ligne horizontale et il reste 2 DOF. Ensuite j'ai ajouté une contrainte verticale (contradictoire) sur la ligne. Ceci conserve

le message précédent, mais ajoute "Unsolved" en rouge. Vous devriez gérer ça en supprimant la dernière contrainte ajoutée, car le solveur ne peut vous donner aucun indice sur la contrainte impliquée.

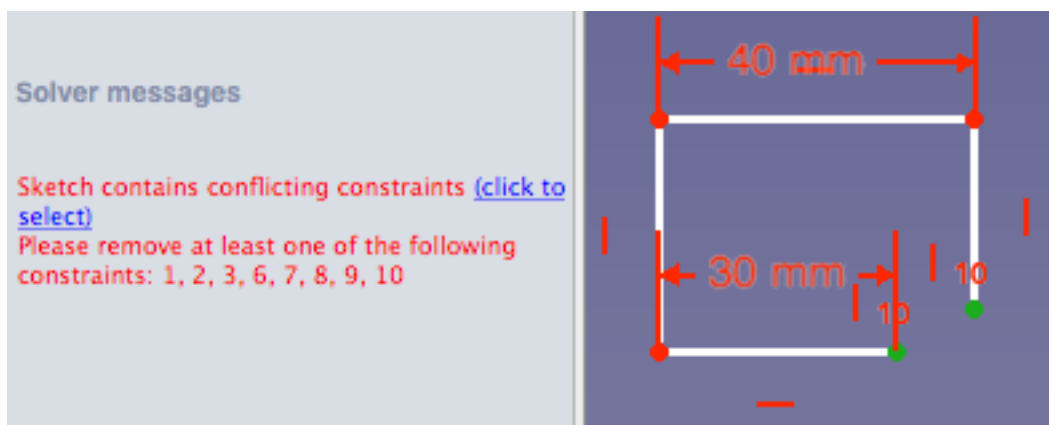
Cela montre encore une fois l'importance de toujours regarder les messages du solveur.



Cette situation existe en plusieurs variantes, en fonction du message que vous aviez avant l'ajout de la contrainte contradictoire dans le solveur. Si vous fermez et réouvrez le sketch, vous obtenez un message "Undefined degrees of freedom".



Le sketch contient des contraintes contradictoires Dans cet exemple



J'ai appliqué une contrainte de coïncidence entre les 2 points sélectionnés. Bien sûr, ce n'est pas possible car ils ne peuvent pas être distants de 10mm et coïncidents en même temps. Le solveur le détecte et l'indique.

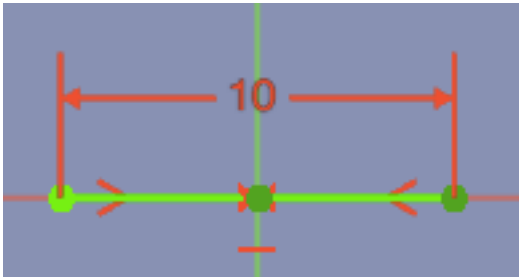
Le solveur dresse une liste des contraintes dont au moins une doit être supprimée. Vous pouvez cliquer sur la partie bleue du message du solveur, ce qui sélectionnera *toutes* ces contraintes. Si vous les supprimez, vous en aurez retiré beaucoup trop.

Si vous regardez en permanence les messages du solveur, vous réaliserez immédiatement que quelque chose s'est mal passé. Là vous devriez analyser pourquoi la dernière contrainte génère ce message d'erreur. La plupart du temps, vous supprimerez la dernière contrainte et la remplacerez par la bonne. Dans l'exemple donné ici, une contrainte

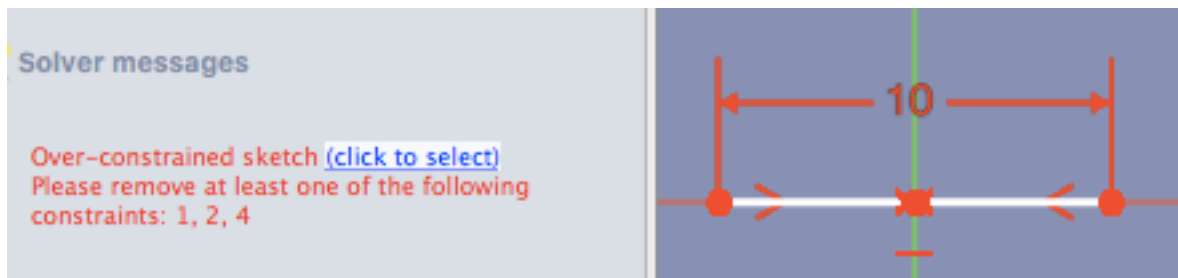
horizontale  ou une distance verticale  pourrait être appropriée.

Dans certains cas, il peut être sensé de supprimer ou remplacer une autre contrainte que la dernière. Dans l'exemple, la contrainte de 30mm pourrait être supprimée, après quoi la coïncidence pourrait être appliquée sans erreur.

Sketch surcontraint C'est un cas particulier du précédent, avec la condition supplémentaire qu'il y a plus de DOF consommés par les contraintes qu'il en a été ajouté par les éléments géométriques. Dans l'exemple suivant j'ai un sketch complètement et correctement contraint avec une ligne horizontale. Sa longueur est définie et elle est symétrique par rapport à l'origine.

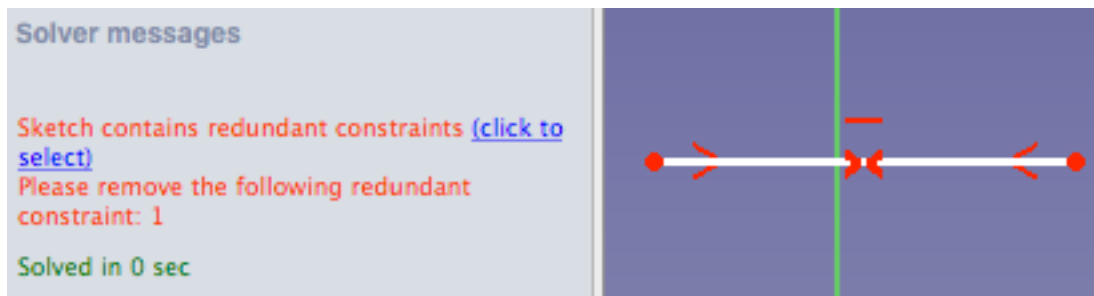


Si maintenant une contrainte coïncidente additionnelle est appliquée entre l'extrémité droite et l'origine, alors il y a trop de contraintes et elles sont contradictoires.



Le sketch contient des contraintes redondantes Vous obtenez ce message quand une contrainte est induite par une ou plusieurs autres contraintes. Dans l'exemple suivant je présente la ligne avec une contrainte horizontale. Ensuite j'ai sélectionné les 2 extrémités et l'axe Y, et ajouté une contrainte de symétrie. La symétrie implique la contrainte horizontale. Le solveur le détecte, et fait dans ce cas une proposition adaptée que je peux suivre en cliquant sur le "clic pour sélectionner" bleu et supprimer.

Notez bien que dans ce cas, il n'est pas approprié de supprimer la dernière contrainte ajoutée.



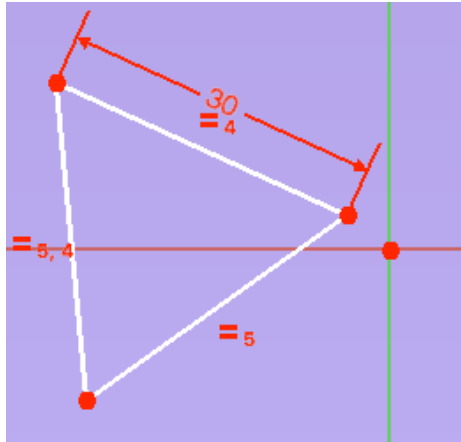
(Affichage normal) montrant les DOF ou même le message "totalement contraint". Et

pourtant le sketch est surcontraint. Ce n'est pas très grave et tout marche comme prévu, mais je recommande néanmoins de l'éviter, parce qu'en général vous pouvez simplifier le jeu de contraintes. Plus simple est toujours meilleur si le résultat est le même.

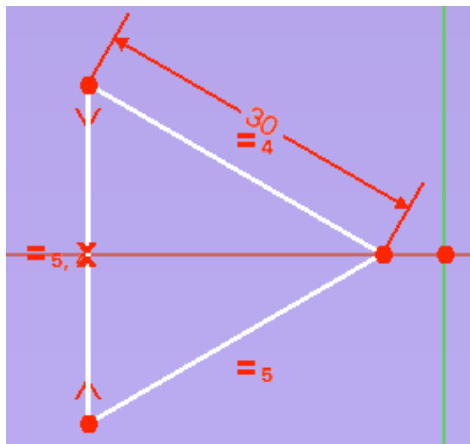
Ces surcontraintes apparaissent quand on ajoute une contrainte qui consomme plus d'un DOF et qu'il n'y a pas d'autre contrainte qui peut être complètement supprimée. Le solveur met silencieusement de côté la partie redondante d'une contrainte.

En exemple, créez un sketch de la façon décrite ci-dessous :

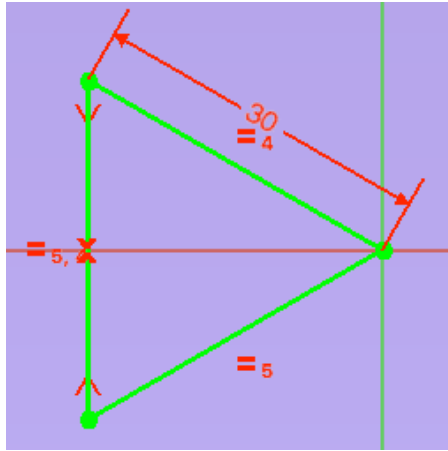
- Créer un triangle équilatéral et fixer la longueur d'un côté. Vous avez 3 DOF.



- Ajoutez une contrainte de symétrie entre 2 points et l'axe X. Cela consomme 2 DOF et il en reste 1.



- Créer une contrainte coïncidente entre le point positionné sur l'axe X et l'origine.



Une coïncidence consomme 2 DOF, donc une redondance devrait apparaître ; cependant, le solveur le détecte et annonce une géométrie complètement contrainte.

Comme dit précédemment, vous devriez toujours regarder les messages du solveur afin de détecter ces problèmes. On note que dans ces cas, appliquer les contraintes dans un ordre différent peut mener à des résultats différents. Si dans l'exemple ci-dessus vous créez d'abord la coïncidence puis la symétrie, vous aurez un sketch non résolu.

Une façon correcte de contraindre ceci serait de remplacer une des contraintes consommant 2 DOF par une contrainte qui n'en consomme qu'un. Vous pourriez par exemple remplacer la symétrie par une contrainte verticale, ou la coïncidence au centre par une contrainte point-on-object sur l'axe Y.

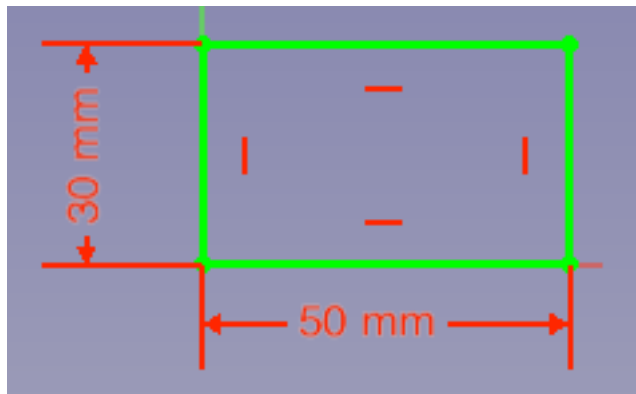
20 Coïncidence

Icone :	
Nombre de DOF consommés:	2

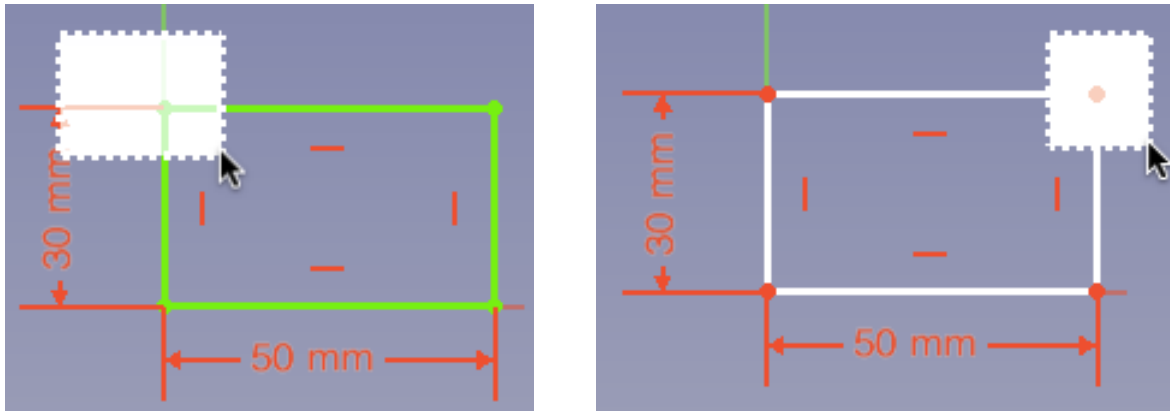
La coïncidence bloque un point dans 2 directions, et consomme donc 2 DOF.

Il y a une différence importante entre 2 points ayant les mêmes coordonnées, et 2 points étant coïncidents. En particulier quand l'aimantation sur la grille est active, cela peut entraîner une certaine confusion. L'exercice suivant va vous montrer la différence et vous montrer la technique de sélection par boîte, qui se montre très pratique quand on travaille avec les coïncidences.

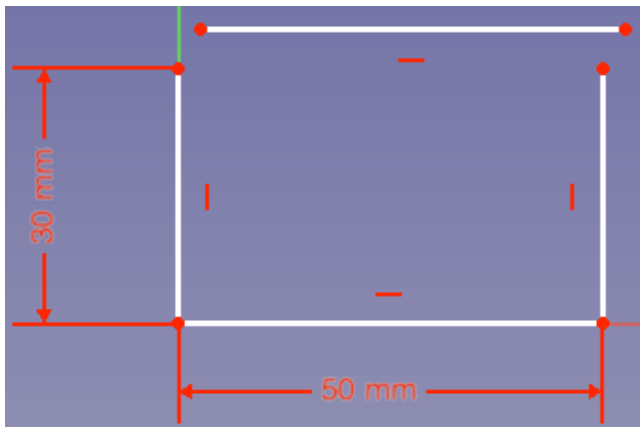
Exercice 22 Créez un rectangle totalement contraint, ce qui signifie que vous avez 0 DOF.



Maintenant sélectionnez un des coins supérieurs avec une sélection par boîte de gauche à droite, et supprimer ce qui est sélectionné.



Ceci laisse un sketch avec 4 DOF, malgré que la position de tous les éléments géométriques soit exactement la même qu'avant. Si vous voulez, vous pouvez maintenant bouger la ligne supérieure, ce qui n'était pas possible avant.



Avec un peu d'expérience – dès que vous serez sûrs si 2 points *sont* coincidents ou s'ils *ont l'air* – vous utiliserez probablement la sélection par boîte dans l'autre sens : sélectionner les extrémités avec la sélection par boîte et appliquer la coïncidence.

Pour les débutants je recommanderais quelque chose d'autre : déplacer un des points que vous souhaitez coïncident, en étant pleinement conscient qu'il est à côté de sa destination finale. Quand vous appliquez la contrainte, vous pouvez voir qu'il bougera à sa position.

Voir section 42 page 86 pour un autre outil permettant de vérifier si vous avez des coïncidences manquantes.

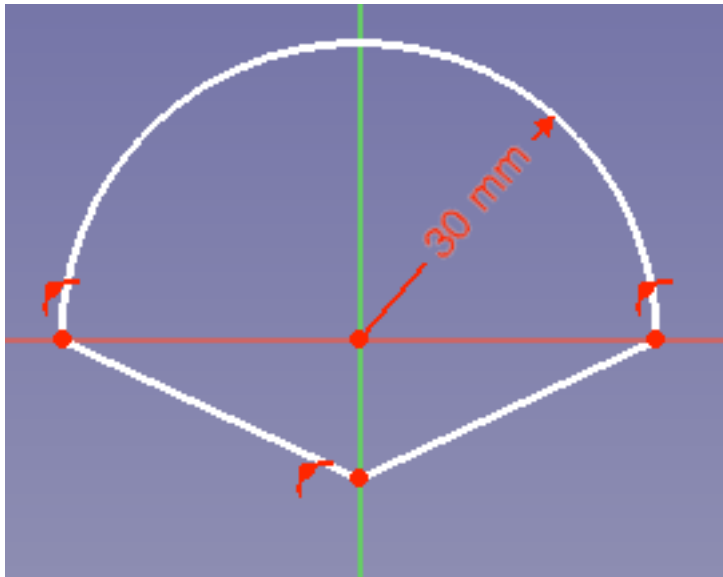
21 Point on Object

Icone :	
Nombre de DOF consommés:	1

Une contrainte point-on-object fixe un point sur une ligne horizontale selon la direction verticale, alors qu'il peut encore bouger le long de la ligne. Cela consomme 1 DOF.

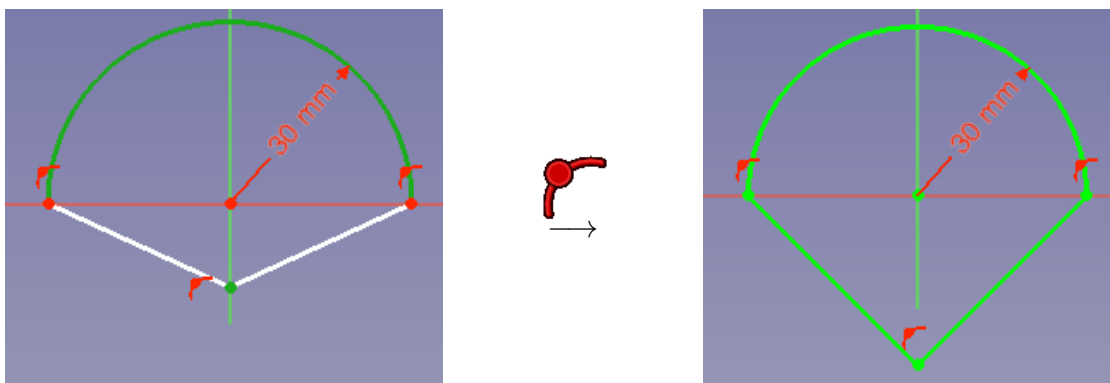
Souvent, le point-on-object est utilisé pour fixer un point sur l'axe X ou Y. Mais il peut être utilisé pour fixer un point sur une ligne ou une courbe. Cette contrainte ne peut pas encore être appliquée sur une B-spline. Si rien d'autre n'est fixé, le point peut bouger sur la ligne ou l'arc. Dans l'exercice 7 page 20 nous avons déjà vu qu'il n'est pas nécessaire que le point se situe sur le segment de droite formant la géométrie. La même chose existe pour les arcs et les autres courbes.

Exercice 23 Créez un sketch selon l'image suivante en utilisant une contrainte point-on-object sur l'axe X (2 fois) et sur l'axe Y.




Le centre du cercle est coïncident avec l'origine. Il reste 1 DOF, car le point inférieur peut librement bouger de haut en bas sur l'axe Y.

Nous fixons le dernier DOF avec une autre contrainte point-on-object. Sélectionnez le point inférieur et l'arc, et appliquez point-on-object :



Le point inférieur se situe maintenant sur l'extension virtuelle de l'arc.

22 Verticale

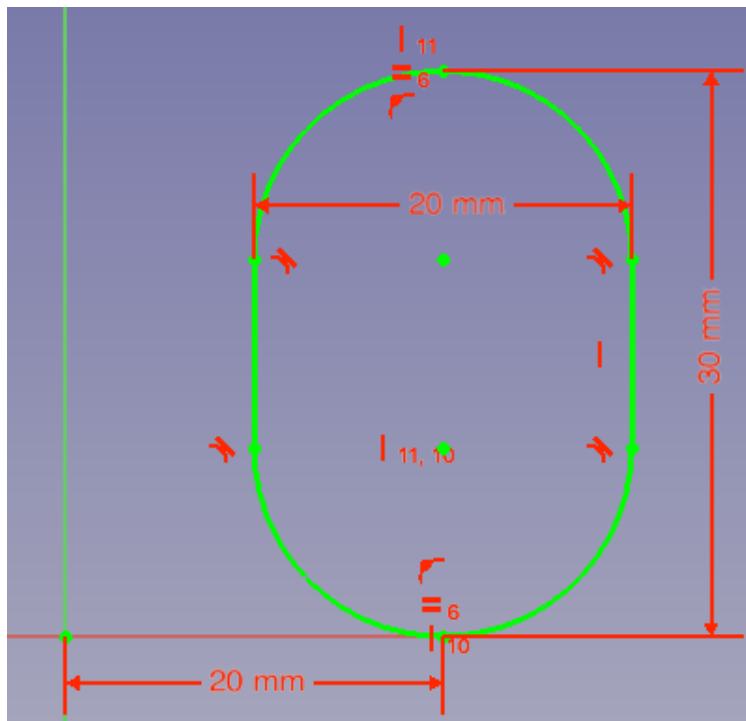
Icone :	
Nombre de DOF consommés:	1

La contrainte verticale est habituellement appliquée aux lignes, et – comme ses nom et icône le suggèrent – définit l’orientation de la ligne comme étant verticale.

Ci-dessous quelques remarques concernant l’application de contraintes verticales :


- Après avoir créé un contour approximatif d’un sketch, il peut être approprié d’entrer en mode continu pour appliquer des contraintes verticales. Voir section 18 page 46 pour plus de détails.
- Vous pouvez sélectionner plus d’une ligne et appliquer la verticale sur l’ensemble. Bien que cela semble représenter le même effort qu’en mode continu, il y a une importante différence : si vous ratez une ligne et cliquez dans une zone libre, toutes les lignes préalablement sélectionnées sont désélectionnées. Soyez donc prudents si vous avez beaucoup de verticales, ou bien appliquez la contrainte après avoir sélectionné seulement quelques lignes.
- La contrainte verticale peut être appliquée à des points à la place de lignes. Sélectionnez 2 ou plus points et appliquez la contrainte verticale. Ceci aligne verticalement les points, sans avoir besoin d’autres éléments de construction. Ceci est fréquemment utilisé pour avoir accès au point le plus haut ou le plus bas d’un arc ou d’un cercle.
Une distance horizontale de 0mm, qui a le même effet, devrait être évitée.

Exercice 24 Créez un slot selon l’image suivante :




Les points haut et bas du slot sont des points additionnels, voir section 16 page 43 pour plus de détails. Ils ont une contrainte verticale avec le centre de l’arc inférieur.

23 Horizontale


Icone :	
Nombre de DOF consommés:	1

Tout ce qui a été dit à propos de la contrainte verticale s'applique pour la contrainte horizontale de la même façon à la seule différence, évidemment, que les lignes et points sont alignés horizontalement au lieu de verticalement.

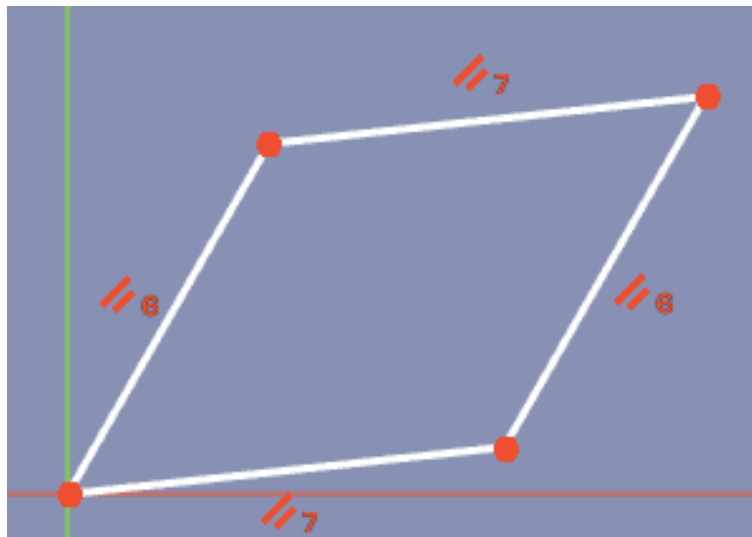
24 Parallèle

Icone :	
Nombre de DOF consommés:	1

Cette contrainte limite l'orientation de la ligne – comme les contraintes verticale et horizontale – dans une certaine direction et consomme 1 DOF.

Sélectionnez 2 ou plus lignes et cliquez sur l'icone . Cela rend toutes les lignes sélectionnées parallèles. En mode continu, vous pouvez sélectionner successivement des paires de lignes qui sont rendues parallèles.


Exercice 25 *Créez un sketch selon l'image suivante. Utilisez le mode continu.*



Il y a 2 cas où vous ne pouvez ou devriez pas utiliser la contrainte parallèle.

- Vous ne devriez pas l'utiliser sur les lignes verticales ou horizontales. Utilisez les contraintes verticale et horizontale dédiées à la place.
- Vous ne pouvez pas utiliser la contrainte parallèle sur les arcs ou les cercles. Si vous souhaitez avoir des cercles concentriques, vous devez faire coïncider leurs centres.

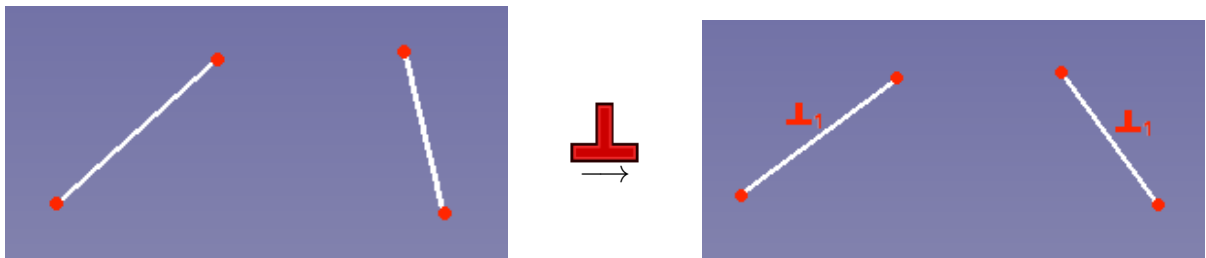
25 Perpendiculaire

Icone :	
Nombre de DOF consommés:	1 Variante ligne/ligne ; voir paragraphe (a) ci-dessous 2 Variante point/ligne ; voir paragraphe (b) ci-dessous 3 Variante point/point ; voir paragraphe (c) ci-dessous

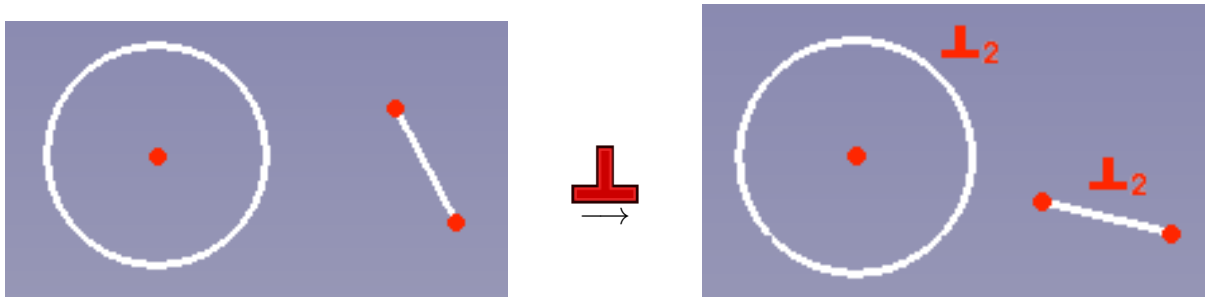
La contrainte perpendiculaire existe – tout comme la tangente en section 26 page 61 – en 3 variantes différentes, qui contrôlent différents comportements sur les extrémités.

- (a) Pour la variante basique, sélectionnez 2 lignes et appliquez la contrainte perpendiculaire. L'exemple suivant montre que les lignes n'ont pas à se croiser pour être perpendiculaires :

Exercice 26 Créez 2 lignes avec une distance significative entre elles et appliquez une contrainte perpendiculaire :

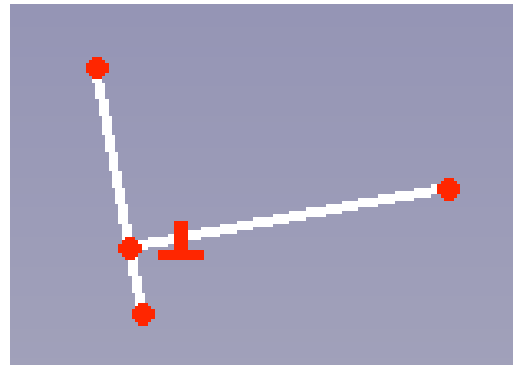
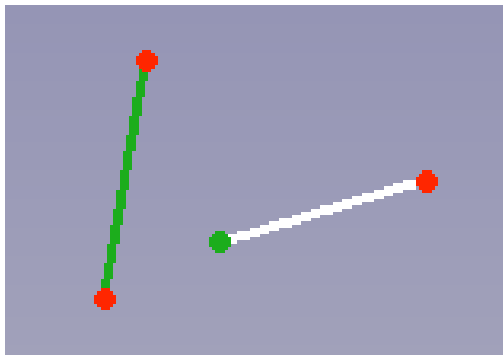


La contrainte perpendiculaire peut également être appliquée entre une ligne et un cercle ou un arc :

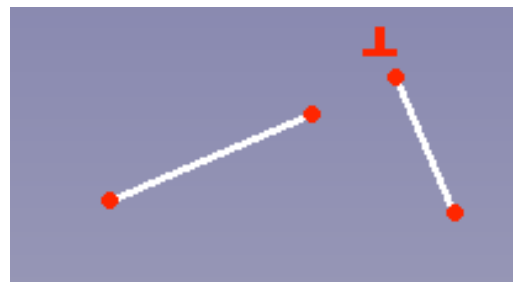
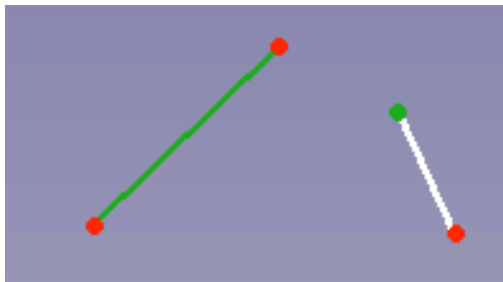


Remarque : Une contrainte point-on-object entre le centre de l'arc et la ligne aura le même effet.

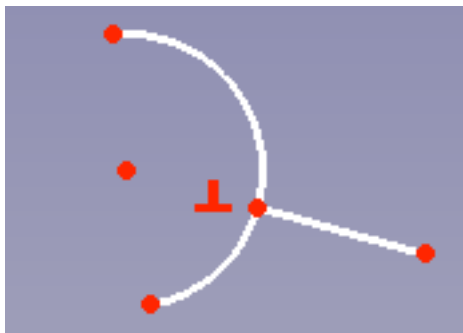
- (b) Si nous sélectionnons une ligne et une extrémité d'une autre ligne avant d'appliquer la contrainte perpendiculaire, nous obtenons le même arrangement perpendiculaire que précédemment, mais à présent l'extrémité est aussi contrainte sur la ligne :



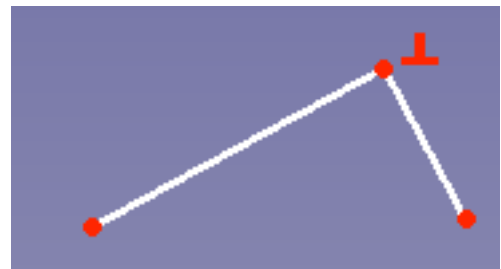
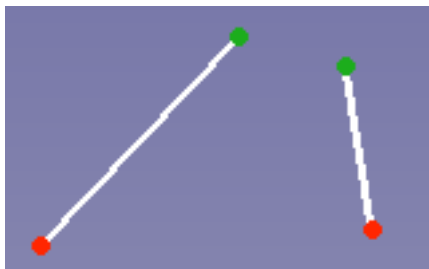
Pour être précis, le point n'est pas maintenu sur le segment de droite réel, mais sur la ligne infinie :

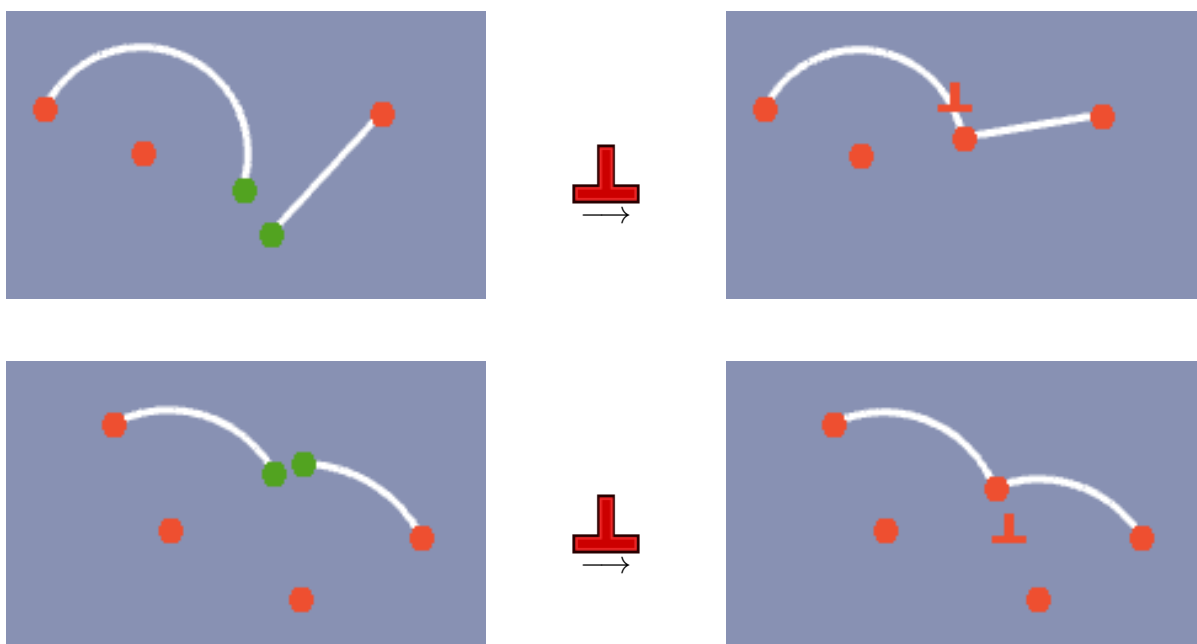


Encore un fois, nous pouvons appliquer cette contrainte sur une ligne et un arc :



- (c) Si vous sélectionnez les extrémités de 2 lignes, ou d'un arc et d'une ligne, ou de 2 arcs, puis appliquez la contrainte perpendiculaire, les 2 lignes/arcs sont rendus perpendiculaires *et* les points sélectionnés sont rendus coïncidents. C'est le type de contrainte perpendiculaire qui a été automatiquement créé avec la polyline utilisée avec la touche M, voir section 9 page 29.





Les choses que vous ne devriez ou pouvez pas faire

- Vous ne devriez *pas* utiliser la contrainte perpendiculaire pour créer des contraintes horizontales ou verticales. Utilisez toujours la contrainte la plus simple possible, qui dans ce cas est la contrainte horizontale (voir section 23 page 58) et la contrainte verticale pour les lignes verticales (voir section 22 page 57).
- Vous ne pouvez pas utiliser la contrainte perpendiculaire sur deux cercles ou arcs. Cependant, en utilisant une ligne de construction et une tangence, vous pouvez y arriver. Nous reviendrons sur ce point à la fin de la section sur la tangence (voir section 28 page 65).

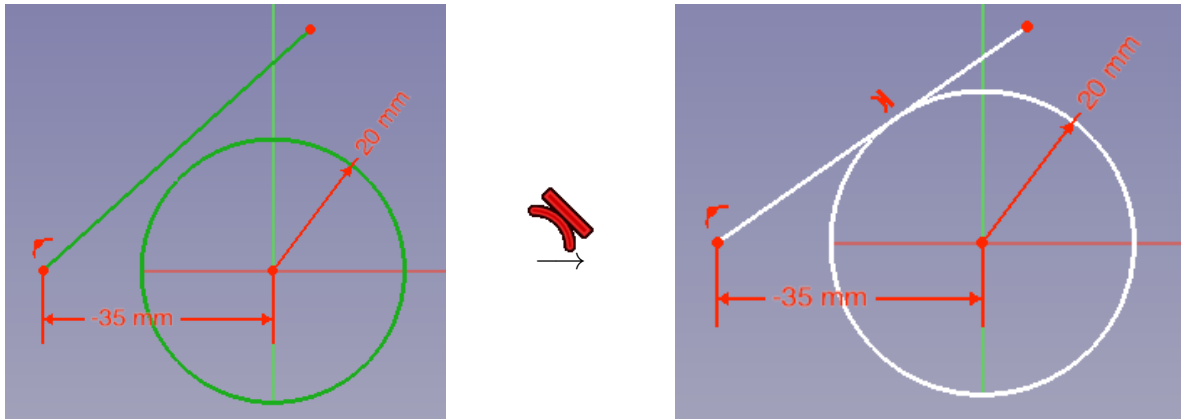
26 Tangence

La tangence existe en différentes variantes controlant différents comportements sur les extrémités.

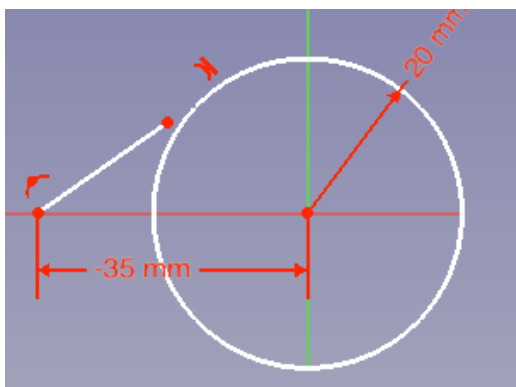
Icone :	
Nombre de DOF consommés:	1 (curve/curve) 2 (point/curve) 3 (point/point) 2 (line/line)

Courbe à courbe, inclus ligne à courbe Prenez une ligne dont 1 extrémité est fixe. Il y a 2 DOF restants pour l'autre extrémité. Si la ligne touche un cercle donné, il ne reste plus qu'1 DOF, car le point ne peut bouger que dans la direction fixée par la ligne. Cela résulte en 1 DOF pour ce type de tangence courbe/courbe.

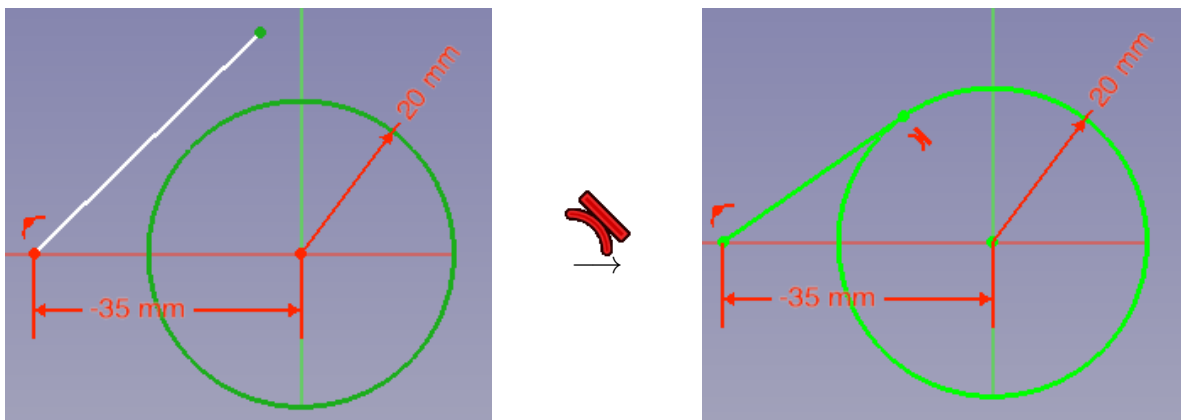
Notez bien que la couleur verte dans l'image de gauche ne signale *pas* que l'élément est totalement contraint, mais il s'agit de la sélection avant d'appliquer la contrainte tangente.



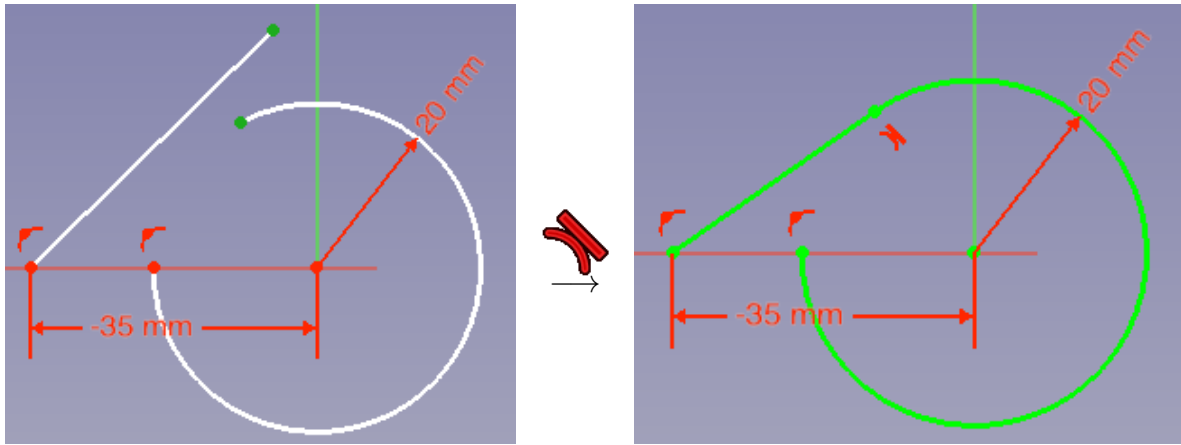
Similairement à la contrainte point-on-object, quand on applique une tangence courbe/courbe, les éléments tangents n'ont pas à se toucher.



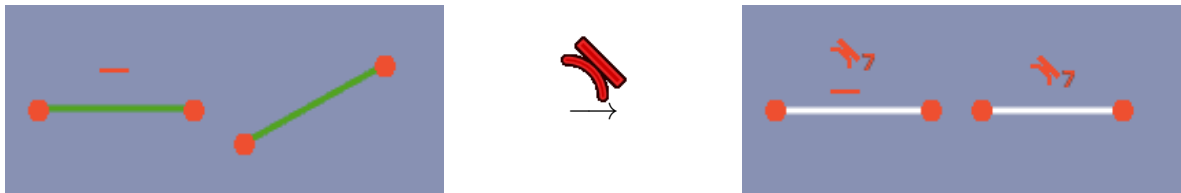
Point à courbe. Si dans la même situation l'extrémité de la ligne doit appartenir au cercle, alors plus rien ne peut bouger. Cela signifie que la variante point/courbe consomme 2 DOF.



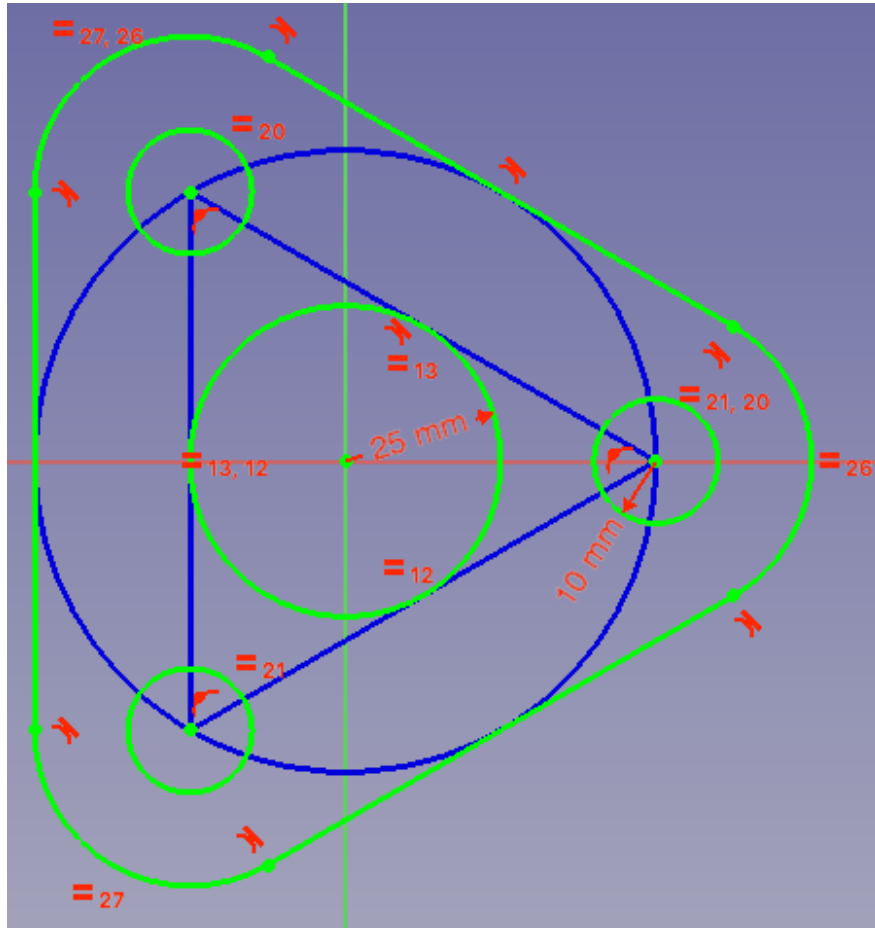
Point à point. Si vous avez un arc fixé et que vous attachez l'extrémité d'une ligne tangente à une des extrémités de l'arc, vous avez alors fixé le point libre (2 DOF) et la direction (1 DOF). Cela signifie que la variante point/point consomme 3 DOF.



Ligne à ligne Prenez une ligne figée et une seconde ligne sans restriction. Si une contrainte tangente est appliquée entre ces lignes, elles deviennent colinéaires, c'est-à-dire qu'elle se tiennent sur la même ligne infinie. Cela fixe les 2 extrémités comme appartenant à cette ligne et consomme 2 DOF.



Exercice 27 Créez un sketch pour un flasque selon la forme suivante. Utilisez l'outil polyline pour la partie extérieure, en utilisant la touche M pour varier le mode de polyline. Les petits trous ont le même diamètre(10 mm). Les arcs extérieurs ont les mêmes centres que les petits trous.



Il y a une tangence courbe/courbe sur le cercle intérieur, et une sur les lignes du triangle, et le même type de tangence courbe/courbe entre le cercle de construction bleu et la ligne droite extérieure du haut.

Si vous avez fermé la polyline extérieure en la créant, il y a une contrainte coïncidente là où vous souhaitez en réalité avoir une tangence point à point. Pour corriger ça, il existe plusieurs possibilités :

- Vous sélectionnez la coïncidence avec une sélection par boîte, et la supprimez avant d'appliquer la tangence.
- Vous sélectionnez la coïncidence dans le panel de liste des contraintes, et la supprimez avant d'appliquer la tangence.
- Si vous avez activé la suppression automatique des contraintes redondantes, la coïncidence sera automatiquement supprimée à la création de la tangence point/point.
- Si la suppression automatique des contraintes redondantes n'est pas activée, vous pouvez néanmoins sélectionner les extrémités avec une sélection par boîte et appliquer une tangence. Le solveur mentionnera la redondance et le signalera avec un message

approprié. En cliquant sur la partie active du message, vous pouvez sélectionner et supprimer la coïncidence.

- Sélectionnez les courbes à la place des points et appliquez une contrainte tangente courbe/courbe. Le solveur le détecte et remplace les contraintes de manière appropriée.

Maintenant vous comprenez que tout ceci aurait pu être évité en ne connectant pas le dernier point quand vous avez créé le bord extérieur.

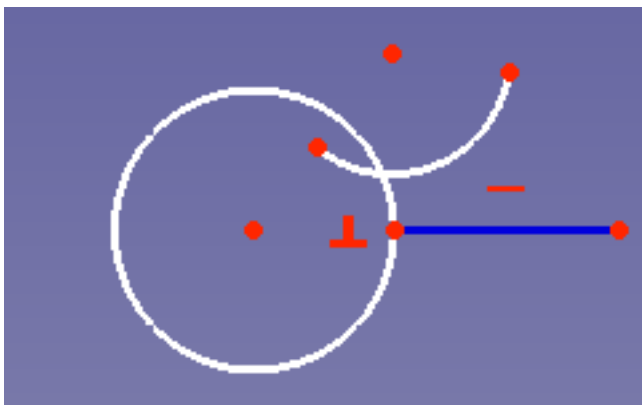
Pour l'instant, vous pouvez sélectionner la coïncidence soit depuis la liste soit en utilisant une sélection par boîte, ou simplement en cliquant sur le lien dans le message du solveur, et la supprimer.

Comme promis dans la section sur les contraintes perpendiculaires, nous pouvons à présent travailler sur l'exercice suivant

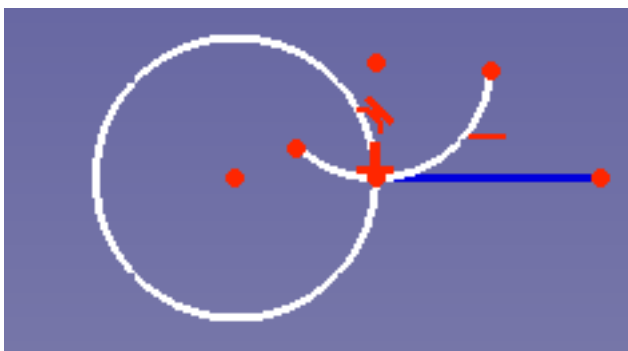
Exercice 28 Construire 2 arcs qui ont une intersection perpendiculaire

Pour ce faire :

- Créez les arcs
- Créez une ligne de construction avec une contrainte perpendiculaire point/ligne entre l'un des arcs et l'extrémité de la ligne :



- Créez une contrainte tangente point/ligne entre l'autre arc et la même extrémité de la ligne :

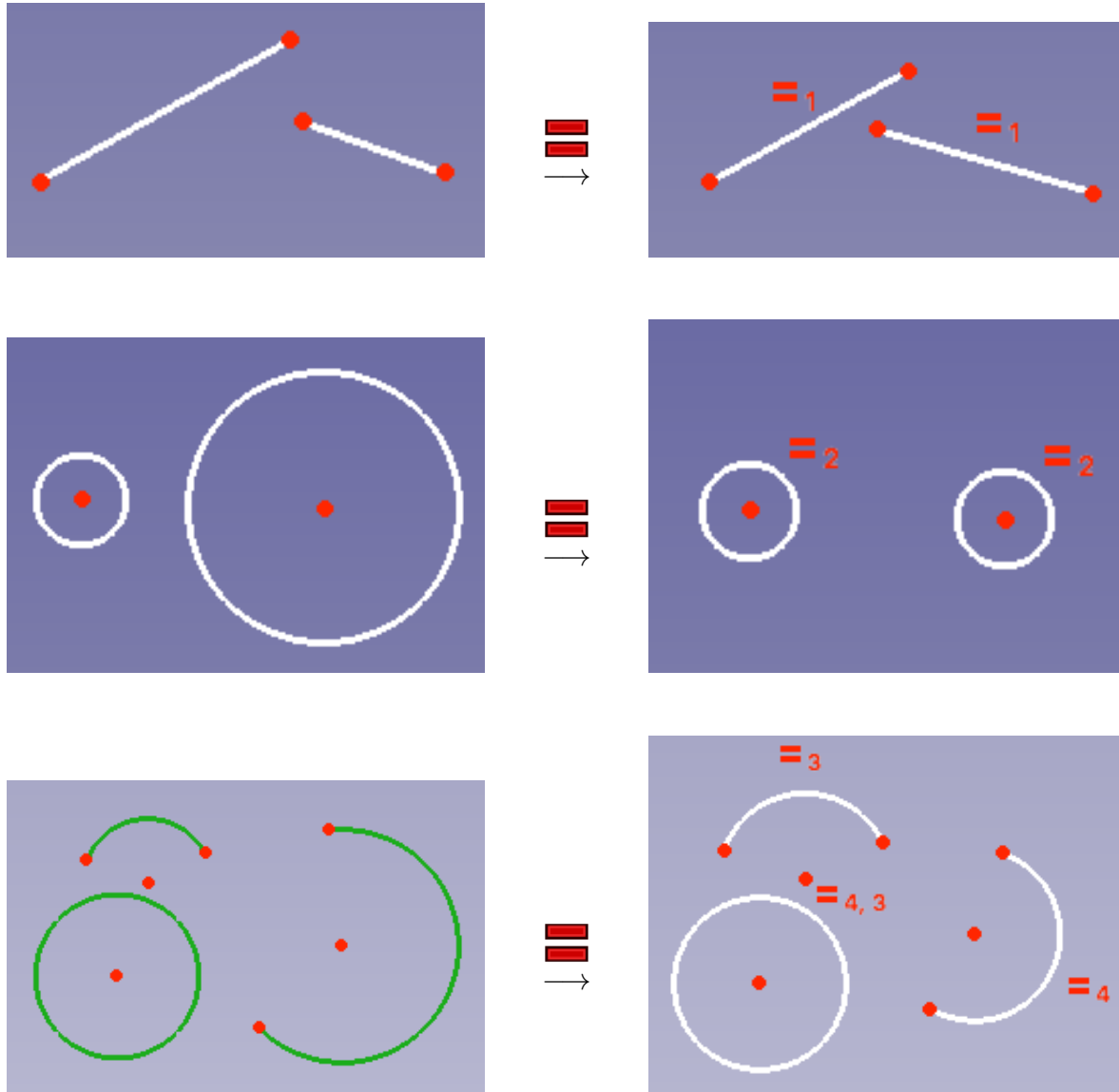


27 Egalité

Icone :	
Nombre de DOF consommés:	1

Si vous avez une ligne avec une des extrémités fixée, vous pouvez librement déplacer l'autre point avec 2 DOF. Si vous fixez la longueur de la ligne avec une contrainte d'égalité, vous réduisez les DOF à 1. Donc la contrainte d'égalité consomme 1 DOF.

Vous pouvez appliquer l'égalité sur 2 lignes, ou bien sur 2 arcs ou un arc et un cercle. Mélanger une ligne et un arc n'est pas possible. Pour les arcs et les cercles, la contrainte d'égalité rend leurs rayons égaux (et non leur périmètre de corde).



28 Symétrie

Icone :	
Nombre de DOF consommés:	2

Rendre un point avec ses 2 DOF symétrique à un point fixe va supprimer les 2 DOF ; donc la symétrie consomme 2 DOF.

Attention : La symétrie est la contrainte qui – de ce que j’ai vu – génère plus souvent des problèmes que les autres. Donc lisez attentivement cette section pour éviter tout problème. Quelques problèmes ne sont pas encore résolus. Ils apparaissent principalement en connection avec les arcs et les symétries. La détection de DOF ne montre pas toujours des valeurs correctes.

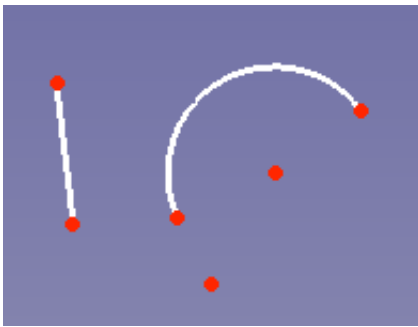
La symétrie existe en 2 versions, la variante point-point-point et la variante point-ligne-point.

Symétrie point-point-point Cette variante de la symétrie dispose les 3 points de manière alignée sur une ligne (virtuelle) et avec les points extérieurs à une distance égale du point central.

Pour appliquer la symétrie, sélectionnez d’abord les points extérieurs, puis enfin le point central. C’est un bon conseil de prédisposer le sketch *avant* d’appliquer la symétrie de telle façon que les points soient proches de leurs positions finales.

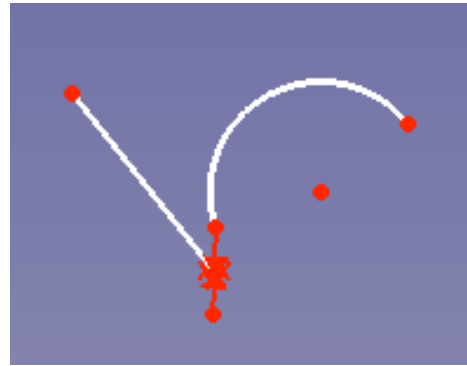
Les différents objets géométriques, ligne, arc, et point, sont là simplement dans un but de démonstration dans l’exercice suivant, pour voir quels points sont affectés.

Exercice 29 *Créez un sketch selon l’image suivante et appliquez une symétrie après avoir sélectionné les points extrémité basse de la ligne et extrémité haute de l’arc et le point seul dans différents ordres, de telle façon que chaque point se retrouve tour à tour sélectionné en dernier.*

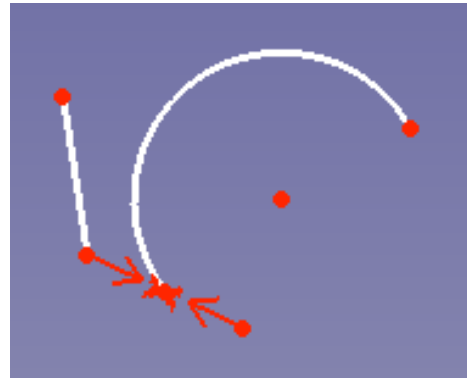


Voici les 3 solutions possibles :

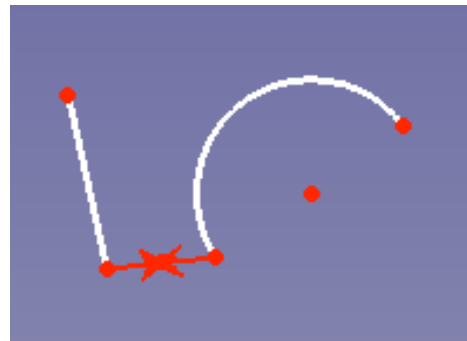
Extrémité de la ligne en dernier :



Extrémité de l'arc en dernier :

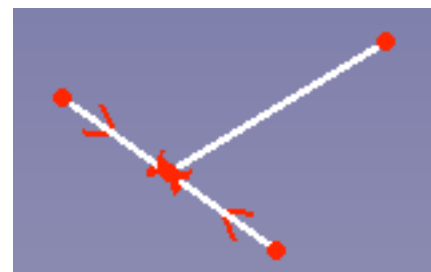
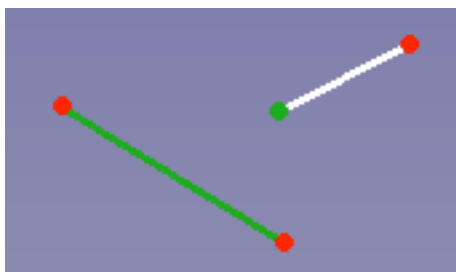


Point seul en dernier :

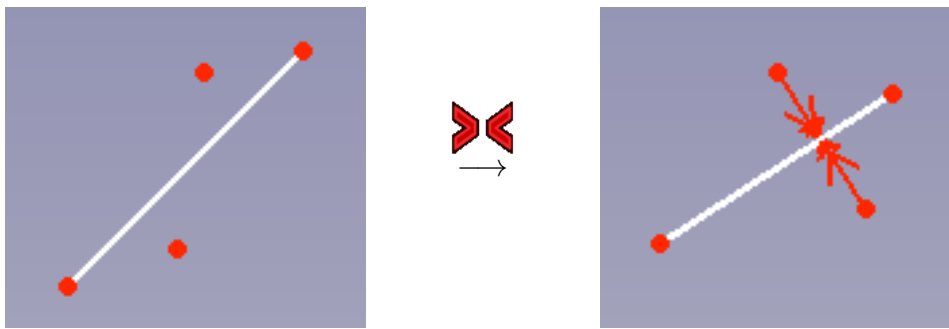


Dans ce dernier cas, le centre est difficile à voir car le point seul disparaît derrière le symbole de symétrie au centre.

Cas spécial de symétrie point-point-point : Si vous voulez fixer un point au milieu d'une ligne, vous pouvez simplement sélectionner la ligne et le point puis appliquer la contrainte de symétrie. L'ordre de sélection n'a pas d'influence ici :

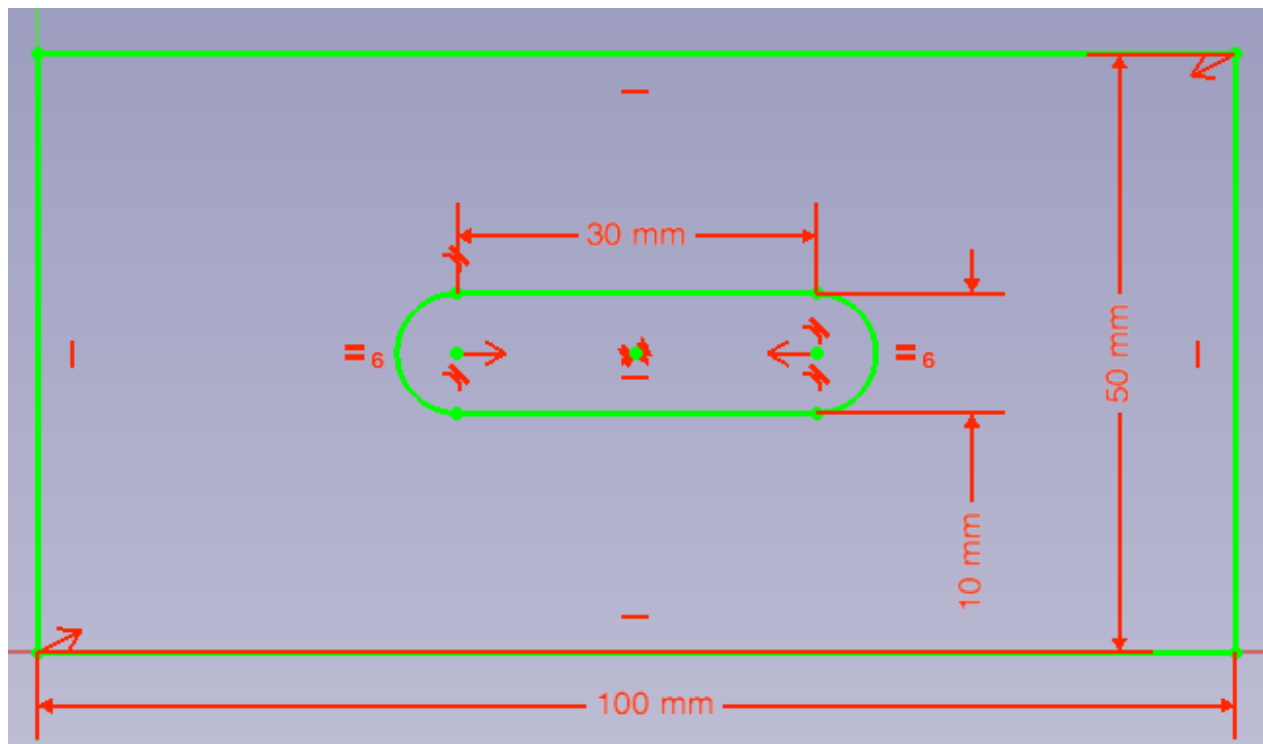


Symétrie point-ligne-point Cette variante de la symétrie dispose 2 points de telle façon qu'ils soient en miroir par rapport à une ligne. Dans ce cas, l'ordre de sélection n'a pas d'importance :



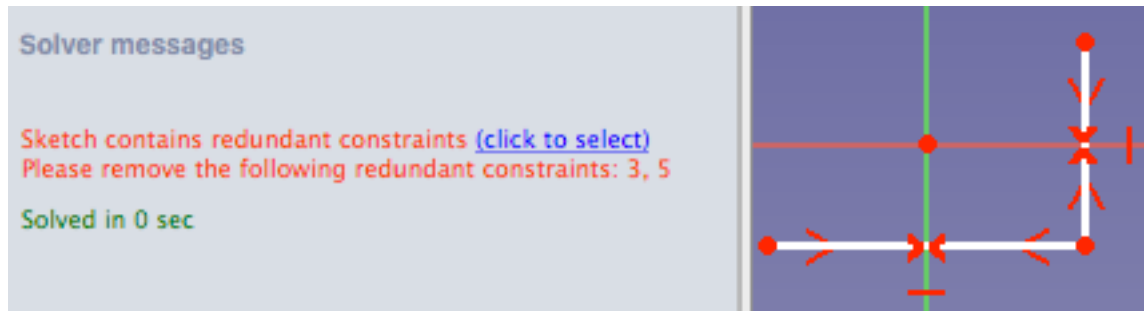
Exercice 30 Recréez le sketch de l'exercice 13 page 33. Le slot doit être centré dans le rectangle englobant.

Astuce : Utilisez un point additionnel (voir section 16 page 43) au centre du rectangle et du slot.



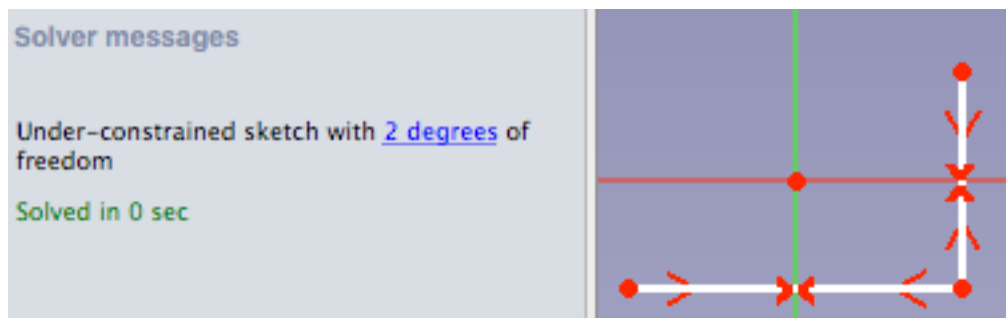
Attention : Si vous créez un rectangle ou que vous utilisez les auto-contraintes qui créent automatiquement des contraintes horizontales ou verticales, un cas commun d'utilisation est d'appliquer ensuite une contrainte de symétrie. Dans ce cas, la contrainte horizontale/verticale est induite pas la symétrie.

Non :



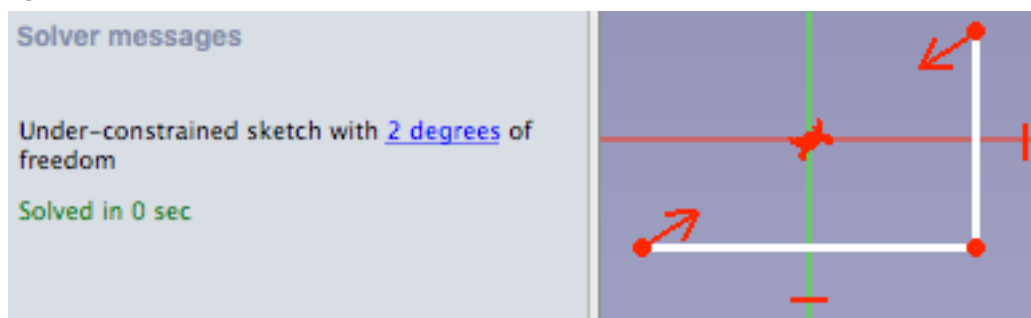
Voyez-vous les contraintes verticale à droite et horizontale en bas ? Supprimez les :

Eventuellement :



Et même mieux : utilisez une contrainte horizontale, une contrainte verticale, et appliquez une contrainte de symétrie entre le coin inférieur gauche, le coin supérieur droite, et l'origine :

Oui :



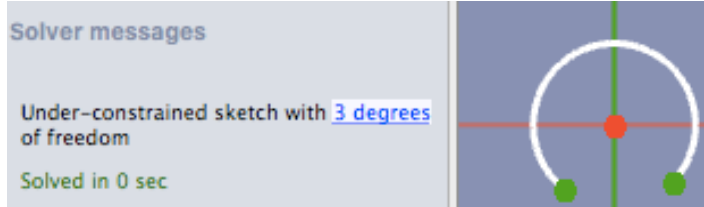
Les 2 DOF restants sont les longueurs horizontale et verticale.

Les choses que vous ne devriez pas faire

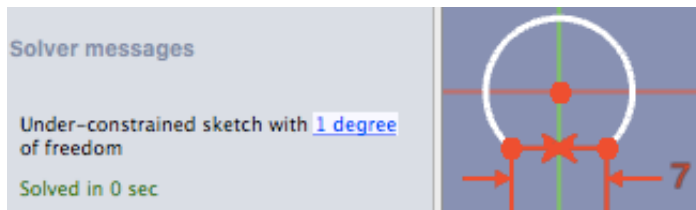
Il y a des cas où la symétrie peut être appliquée, mais ne consomme qu'un seul DOF. Cela arrive souvent avec les arcs, où des contraintes implicites additionnelles entrent en jeu.

2 choses différentes peuvent arriver - dépendamment de conditions encore inconnues :

- Le solveur annonce 1 DOF après l'application de la symétrie

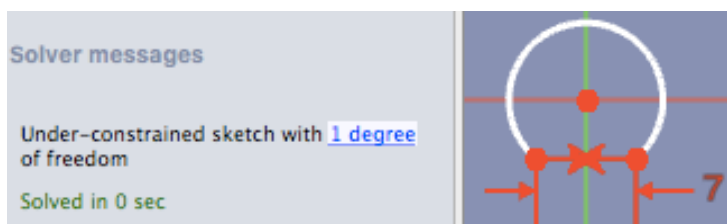
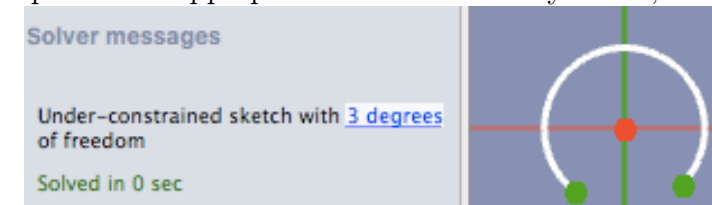


Ceci est surprenant car il y a en effet 2 DOF : 1 pour le rayon de l'arc, et 1 pour la position verticale ou la distance entre les extrémités. Si une de ces contraintes est appliquée, le nombre de DOF reste à 1, ce qui est correct. Ceci dit, le nombre de contraintes consommées ne correspond pas à la somme des DOF des contraintes.



Si la contrainte horizontale est supprimée de nouveau, le nombre de DOF est correctement annoncé à 2.

- Après avoir appliqué la contrainte de symétrie, le solveur montre 2 DOF.

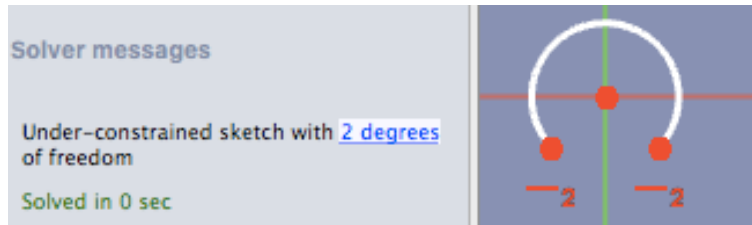


ce qui là encore peut paraître surprenant car cela signifie que la symétrie consomme seulement 1 DOF.

Dans les 2 cas, le solveur est intelligent et met silencieusement de côté une partie de la

contrainte. Il n'y a pas de redondance annoncée car aucune des autres contraintes ne peut être supprimée sans perdre de DOF.

Dans la plupart des cas cela fonctionne correctement, mais j'ai vu quelques cas où cela posait problème. Donc je recommanderais fortement d'éviter cette façon de contraindre. Dans cet exemple, il serait préférable de ne pas utiliser la symétrie, mais plutôt une contrainte horizontale par exemple. Cela réduit comme prévu le nombre de DOF de 1 :



29 Block

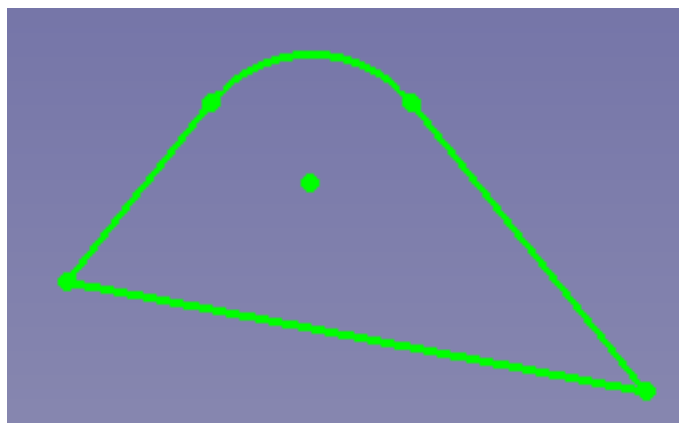
Icone :	
Nombre de DOF consommés:	1 - arbitraire

La contrainte block consomme tous les DOF restants d'une ligne ou d'un arc, ce qui peut aller de 1 par exemple pour une ligne partiellement contrainte, jusqu'à 5 pour un arc sans aucune contrainte. Pour les B-spline, ce nombre peut être arbitrairement élevé.

La contrainte block fixe les 2 extrémités d'une ligne, le centre et le rayon d'un cercle, le centre et les 2 extrémités d'un arc, dans leur position/dimension actuelle.

Vous pouvez l'appliquer à des lignes, cercles et arcs, mais pas aux points. Cela signifie que vous ne pouvez pas sélectionner le sketch complet et tout fixer, vous devez sélectionner les lignes et les courbes.

Exercice 31 Créez un nouveau sketch et entrez dans le Sketcher. Après cela, créez le sketch suivant *ex-nihilo* sans dépasser les 9 clics entre le début et le sketch totalement contraint. Dans l'image les contraintes sont cachées.




Solution :

clics	action
1	sélectionnez l'outil Polyline
5	créez la forme fermée en utilisant la touche M pour changer le mode de tracé
1	sélectionnez la contrainte block
2	sélectionnez 2 éléments opposés

Attention : La contrainte block semble opportune si vous voulez totalement contraindre un sketch, mais dans la plupart des cas il est conseillé de ne pas l'utiliser pour les cas standards de modélisation. Vous ne devriez pas l'utiliser simplement parce que vous êtes fainéants. Ici quelques cas où la contrainte block peut raisonnablement être utilisée :

- Vous avez tracé une image avec des dizaines voire centaines de points que vous souhaitez fixer :
- Vous avez une B-spline complexe avec beaucoup de points de contrôle qui ne sont pas liés.
- Vous souhaitez déplacer quelques points de votre sketch et les autres choses ne doivent plus bouger. Dans ce cas, appliquez les contraintes block, déplacez les éléments *et retirez de nouveau les contraintes block*.

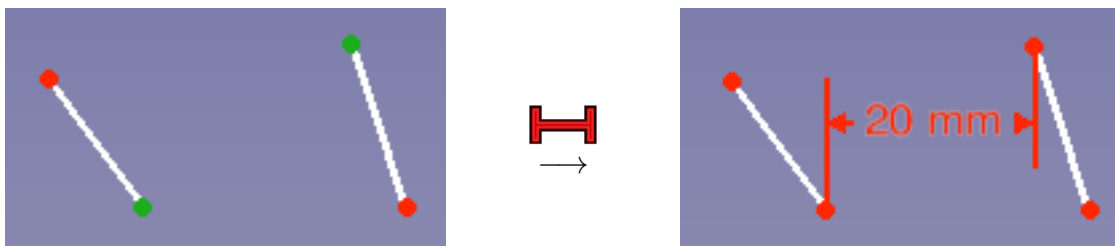
30 Distance Horizontale

Icone :	
Nombre de DOF consommés:	1

La distance horizontale fixe un point dans 1 direction, et donc consomme 1 DOF.

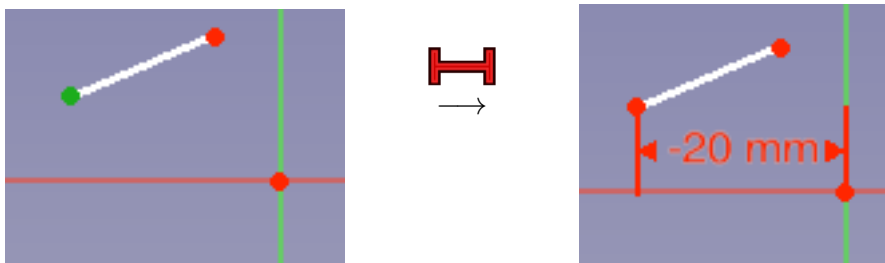
La contrainte de distance horizontale peut soit fixer la distance horizontale entre 2 points, soit la coordonnée x.

- Appliquée à 2 points, elle fixe la distance horizontale entre les points, indépendamment de leurs positions dans le plan :




Il est possible d'appliquer une valeur négative mais cela peut s'avérer capricieux.

- L'appliquer à une ligne revient au même que de l'appliquer entre les 2 points des extrémités.
- Appliquée à un point seul, elle positionne la coordonnée x à l'origine. Si la valeur est négative, le point est à gauche de l'origine.



Eviter les distances horizontales nulles

Il est possible d'aligner verticalement les choses en appliquant une distance horizontale de 0. Bien qu'il n'y ait pas de message d'alerte du solveur, vous devriez éviter cela. Utilisez une contrainte verticale  à la place. Premièrement, il est recommandé de privilégier les contraintes géométriques, et deuxièmement, le sketch est plus propre sans la mesure.

31 Distance Verticale


Icone :	
Nombre de DOF consommés:	1

La distance verticale fixe un point dans 1 direction, et donc consomme 1 DOF.

Appliquée à un point seul, elle fixe la distance verticale à l'origine ; appliquée à 2 points, elle fixe la distance verticale entre eux.

Tout ce qui a été dit à propos de la distance horizontale s'applique de la même façon à la distance verticale, pour peu que vous échangiez "horizontale" et "verticale"

32 Lock

Icone :	
Nombre de DOF consommés:	2 par point

La contrainte lock crée une distance horizontale et une verticale pour chaque point impliqué, ce qui fait 2 DOF par point.

C'est une façon raccourcie de créer des contraintes de dimension horizontale et verticale sans interaction avec l'utilisateur. Tout comme la contrainte block, il peut sembler opportun de l'utiliser dans le but d'arriver rapidement à un sketch totalement contraint, mais vous devriez éviter cela et appliquer autant de contraintes géométriques que possible avant de faire ça.

Il peut être sensé d'utiliser la contrainte lock si vous avez créé un sketch avec l'aimantation sur la grille activée (voir section 2 page 9) et vous voulez fixer les points dans ces positions exactes.

La contrainte lock est appliquée à une sélection de points. En fonction du nombre de points sélectionnés, le comportement varie légèrement :


1 point sélectionné La contrainte lock crée une distance horizontale et une distance verticale reliées à l'origine.

2 points sélectionnés Une contrainte de distance horizontale et une verticale sont créées entre ces 2 points. (C'est en réalité une variante spéciale du cas suivant.)

3 ou plus points sélectionnés Une contrainte de distance horizontale et une verticale sont créées entre chaque point et le dernier point sélectionné.

Ce comportement est comme si vous aviez créé toutes ces contraintes lock séparément, ce que vous constatez si vous utilisez la fonction d'annulation.

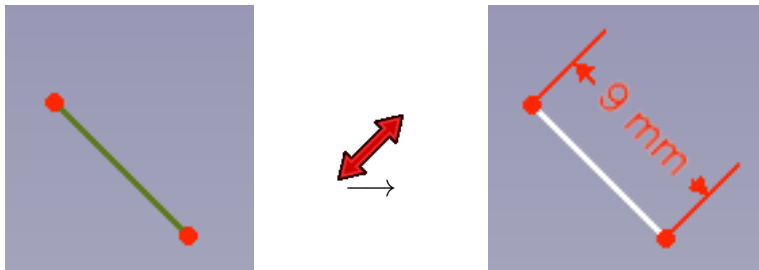
33 Longueur

Icone :	
Nombre de DOF consommés:	1

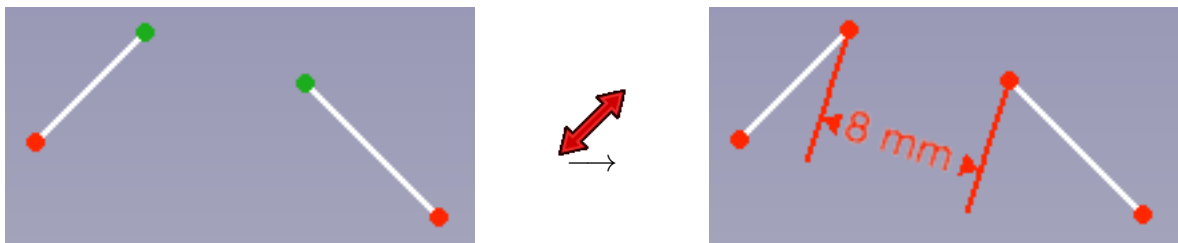
Considérons une ligne avec un point fixé, elle a 2 DOF restants. Appliquer une contrainte de longueur réduit cela à 1 DOF (qui peut être consommé par une distance horizontale *ou* verticale). Donc la contrainte de longueur consomme 1 DOF.

La contrainte de longueur existe en 3 variantes, dont 2 sont relativement similaires

Longueur de ligne. Cela fixe la longueur de la ligne, comme nous l'avons vu dans la section 6 page 19.

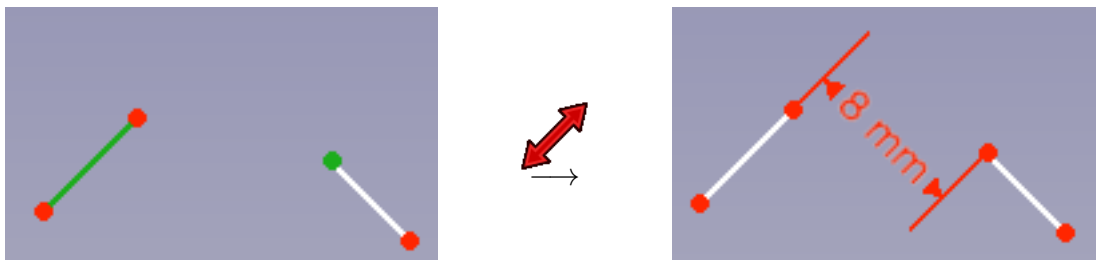


Distance entre points. Sélectionnez 2 points arbitraires et fixez la longueur entre eux :



Distance d'un point à une ligne.

Si vous sélectionnez une ligne et un point, cette contrainte fixe la distance entre la ligne et le point, c'est-à-dire la distance entre le point et sa projection sur la ligne. Donc elle fixe la distance minimale entre la ligne et le point. Comme nous l'avons vu précédemment, le point projeté peut se situer sur la prolongation infinie de la ligne.



Attention : Comme mentionné dans la section 6 page 19 à propos des lignes, vous ne devriez pas utiliser cette contrainte pour des lignes horizontales ou verticales – à moins que vous n’ayez l’intention de changer l’angle des éléments plus tard (en exemple, considérez le fait de tourner un slot comme dans la section 12 page 35).

Utilisez les contraintes horizontale et verticale dédiées à la place. Ceci simplifiera la recherche d’une solution pour le solveur ; voir section 36 page 79 pour plus de détails.

34 Rayon et Diamètre

Icones :	
Nombre de DOF consommés:	1

La contrainte de rayon ou de diamètre fixe un des 3 DOF d’un cercle. (Il en reste 2 pour la position du centre.)

L’utilisation est simple : sélectionnez un cercle dans le sketch et appliquez la contrainte rayon dans laquelle vous pouvez entrer la valeur. Si vous souhaitez utiliser les diamètres au lieu des rayons dans votre sketch, ouvrez le menu déroulant de l’icone et sélectionnez le diamètre. Ce mode restera jusqu’à tant que vous le changiez à nouveau ou quittiez FreeCAD.

35 Angle

Icone :	
Nombre de DOF consommés:	1

Comme les contraintes horizontale ou verticale, l’angle fixe l’orientation d’une ligne dans le plan et consomme 1 DOF.

Après avoir créer un segment de ligne, l’ordre dans lequel ont été créés les extrémités est habituellement sans importance. Cependant, il y a une différence dans ce cas car appliquer une contrainte d’angle sur 2 lignes apparemment identiques résultera en 2 angles différents, en fonction de quelle extrémité d’un segment de ligne a été créée en premier. Quand on applique une contrainte d’angle, les 2 lignes sont traitées comme si elles étaient des rayons (de lumière).

Il y a différentes variantes de cette contrainte :

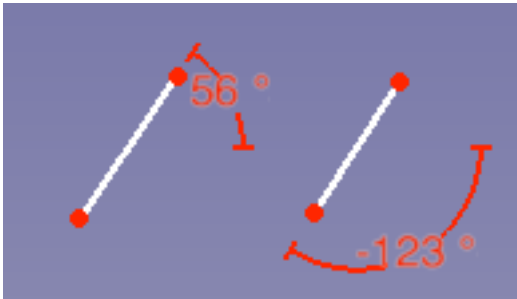
Mode ligne seule. Sélectionnez une ligne et appliquez la contrainte d'angle. Cela fixe l'angle entre la ligne et l'axe X.

Alors que la façon dont vous créez la ligne est généralement sans importance, ici ça l'est : pour 2 lignes apparemment identiques vous pouvez obtenir différents angles.

Exercice 32 Créez 2 lignes approximativement parallèles, une du bas à gauche vers le haut à droite, et l'autre dans l'autre sens, du haut à droite vers le bas à gauche.

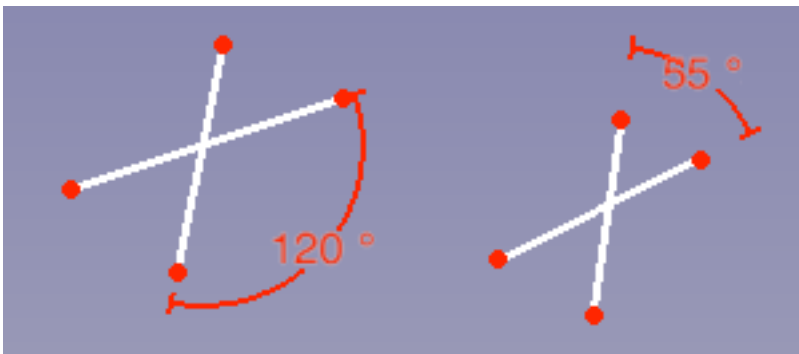
Sélectionnez la 1^{re} ligne et appliquez une contrainte d'angle.

Sélectionnez la 2^e ligne et appliquez une contrainte d'angle.



Mode ligne-ligne. La variante la plus souvent utilisée est de sélectionner 2 lignes et de définir l'angle entre elles avec la contrainte d'angle.

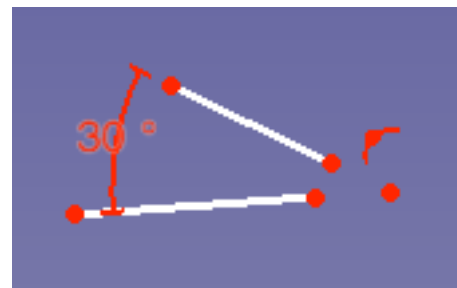
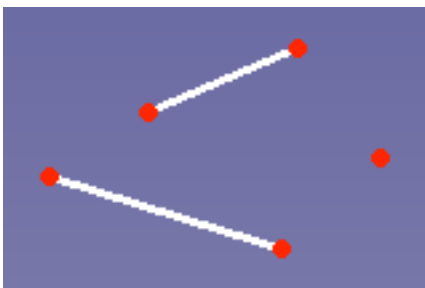
Là encore, cela dépend de l'orientation de l'angle quand la contrainte est appliquée :



Mode ligne-point-ligne. Si vous sélectionnez 2 lignes et un point additionnel avant d'appliquer la contrainte d'angle, le point deviendra le sommet de l'angle et les lignes les rayons. Pour ce faire, 1 ou 2 contraintes point-on-object sont générées en plus de l'angle entre les lignes. Cela assure en fait que le sommet se situe sur les 2 lignes.

Exercice 33 Créez un sketch avec 2 lignes et 1 point selon l'image suivante.

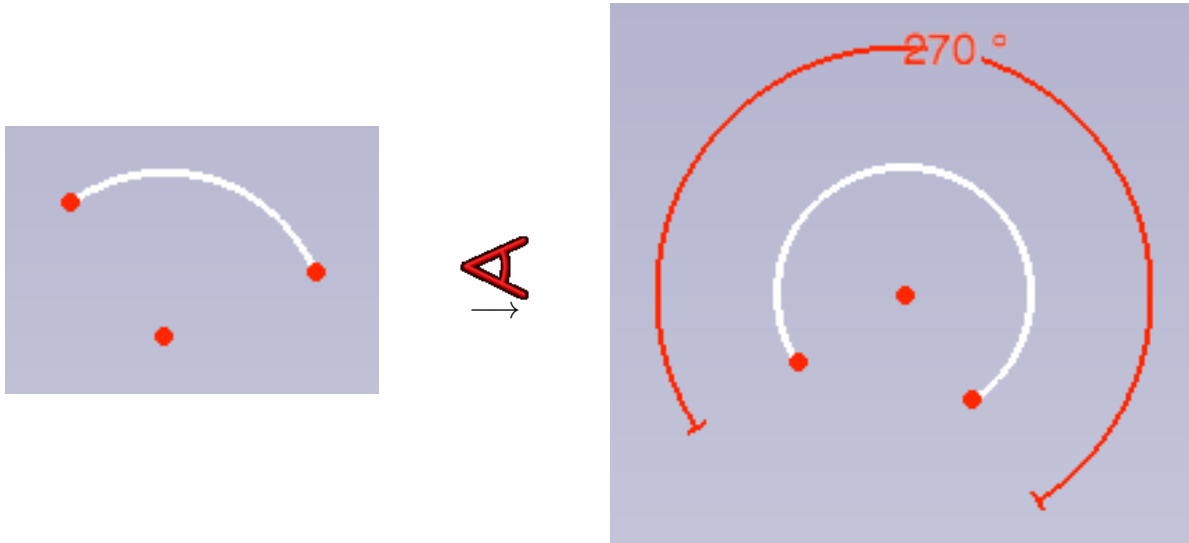
Sélectionnez les 2 lignes et le point, et appliquez une contrainte d'angle avec une valeur de 30°.



Attention : Appliquer cette contrainte consomme généralement 3 DOF, un pour l'angle et 2 pour les contraintes point-on-object. Si l'un des points est une extrémité d'une des 2 lignes, seulement 2 DOF sont consommés.

Mode arc simple Si vous sélectionnez un arc et appliquez une contrainte d'angle, l'angle entre une extrémité, le centre, et l'autre extrémité, est fixé. Pour un rayon donné, cela fixe la longueur de l'arc. L'exercice suivant permet de créer 3/4 de cercle :

Exercice 34 Créez un arc. Sélectionnez le et appliquez lui un angle de 270°.



Remarque sur la longueur d'arc : Ce genre de contrainte peut être utilisé pour calculer la longueur de l'arc en utilisant une expression : compte-tenu du rayon r et de l'angle α la longueur de l'arc l est donnée par

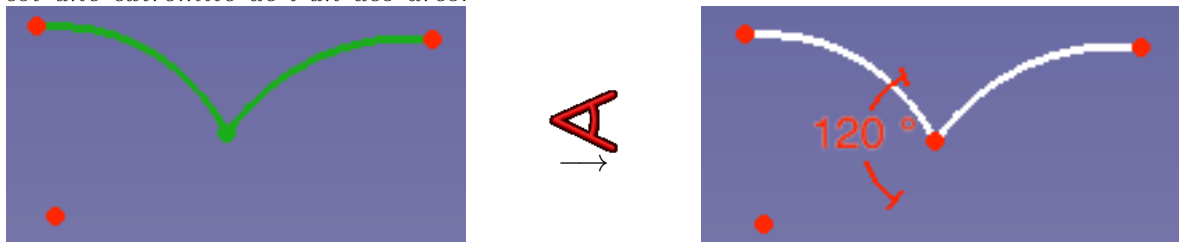
$$l = 2 * \pi * r * \frac{\alpha}{360^\circ}$$

ou vice versa si l est donnée, vous pouvez mettre l'angle pour arriver à la même longueur pour l'arc en utilisant

$$\alpha = \frac{l * 360^\circ}{2\pi r}$$

Mode arc-arc. De manière similaire, vous pouvez combiner 2 arcs et un point, ou un arc, une ligne et un point. Cela signifie que le mode ligne-point-ligne peut être vu comme une forme spéciale de ce mode plus générique.

Exercice 35 Créez un sketch avec 2 arcs connectés par une contrainte de coïncidence. Faites se croiser les arcs à un angle de 60°. Dans l'image suivante, le sommet de l'angle est une extrémité de l'un des arcs.



Attention : Appliquer cette contrainte peut consommer 1, 2 ou 3 DOF, car des contraintes additionnelles peuvent être créées. Cela consomme 1 DOF pour l'angle si les arcs sont déjà connectés par une contrainte coïncidente. Aucune contrainte additionnelle n'est créée.

Cela consomme 2 DOF en créant une contrainte point-on-object supplémentaire si les arcs ne sont pas connectés mais que le point sélectionné est une des extrémités des arcs.

Cela consomme 3 DOF en créant 2 contraintes point-on-object supplémentaires si le point sélectionné n'est pas l'extrémité d'un des arcs.

A faire et ne pas faire avec les angles

- N'utilisez pas les angles avec des multiples de 90° ; utilisez les contraintes géométriques à la place.
 - Pour un angle de 90° ou 270° utilisez la contrainte perpendiculaire.
 - Pour un angle de 180° utilisez la contrainte tangente.
- Si vous avez un retournement de sketch comme vu dans la section 19.2 page 48 vous pouvez augmenter la robustesse grâce au fait que la contrainte d'angle respecte la direction des lignes comme si elles étaient des rayons.

36 D'autres choses à faire et ne pas faire avec les contraintes.

Maintenant que vous connaissez les différentes contraintes, vous ne devriez pas seulement viser des sketches totalement contraints, vous devriez créer de bons sketches totalement contraints. Plusieurs conseils ont déjà été donnés ci-dessus pour certaines contraintes. Ci-dessous se trouvent quelques recommandations supplémentaires.

Les recommandations suivantes sont basées sur les recommandations données par le développeur qui a le premier codé l'atelier sketcher (l'utilisateur du forum FreeCAD logari81) et d'autres utilisateurs expérimentés.

Il y a plusieurs choses à considérer. Il y a ce que je voudrais appeler la vue de l'utilisateur ou externe : est-ce que le sketch est facile à comprendre et à maintenir ? Pour atteindre ceci, il est recommandé de privilégier les contraintes géométriques aux mesures avec des valeurs numériques ; ces dernières obscurcissent la vue et rendent le sketch moins flexible. En particulier pour les dimensions de longueur 0. Elles devraient toujours être remplacées par des contraintes géométriques.

L'autre côté à considérer est la vue interne : quelles contraintes sont amicales pour le solveur, c'est-à-dire mènent à des solutions fiables. Le solveur ne résout pas son système d'équations interne algébriquement, mais numériquement. Cela signifie qu'un sketch est totalement contraint si les écarts sont très très petits. Néanmoins, il y a des erreurs d'arrondi dues à la précision finie, et dans de rares cas cela peut mener à des difficultés dans les étapes suivantes de la modélisation.

Contraintes privilégiées

- Coïncidence

- Contraintes horizontale et verticale
- Tangence point à point.
- Point-on-object
- Dimensions horizontales et verticales.

Contraintes secondaires

Ce n'est absolument pas mauvais d'utiliser ces contraintes. Mais vous ne devriez pas les utiliser si vous pouvez utiliser une des contraintes privilégiées à la place.

- Longueur
- Tangence ligne-à-ligne
- Symétrie

Ne rendez pas votre sketch trop compliqué !

Au lieu de mettre tout ce qui est possible sur un seul sketch, vous devriez considérer de le séparer en plusieurs sketches. Comme exemple, prenez un sketch avec quelques trous et incisions et un pourtour compliqué, que vous voulez extruder. Au lieu de tout modéliser dans un sketch, vous pouvez modéliser le pourtour dans un 1er sketch, l'extruder, modéliser les incisions dans un autre sketch et faire un creusement.

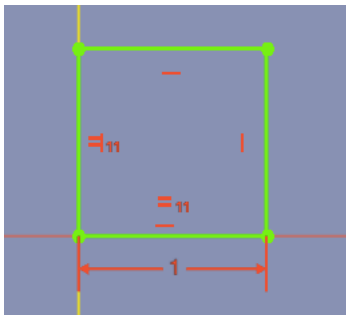
En tant que règle approximative, il est recommandé (merci Normand !) de ne pas utiliser plus de 100 contraintes dans un sketch pour garder le temps du solveur à un niveau raisonnable.

37 Dimensions référence

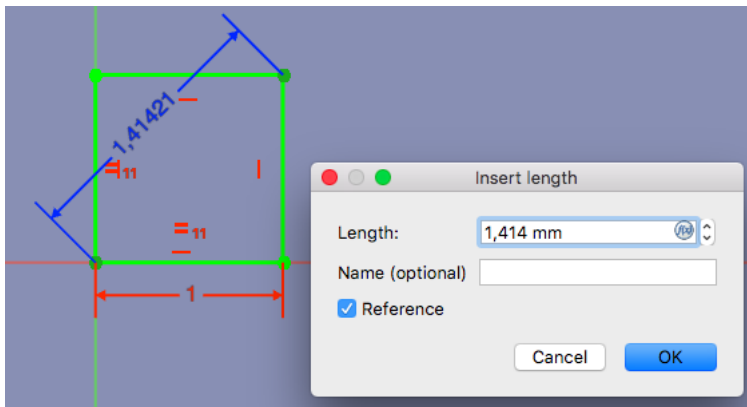
Parfois, il est intéressant de visualiser la valeur d'une distance ou d'un angle sans pour autant la *fixer*. Dans ce but, vous pouvez utiliser les dimensions référence. Ceci peut se montrer particulièrement intéressant si vous souhaitez utiliser de telles valeurs dans une expression en dehors du sketch.

Exercice 36 *Nous allons voir comment obtenir la racine carrée de 2, connue comme étant la longueur de la diagonale d'un carré ayant des côtés de dimension 1.*

- Dessinez un carré avec des côtés de longueur 1.





- Sélectionnez 2 points opposés diagonalement et démarrez comme si vous souhaitiez créer un contrainte de longueur. Comme le sketch était entièrement contraint, le solveur montre un message d'erreur. Mais si vous cochez la case Reference, l'erreur disparaît et la dimension est affichée en bleu au lieu de rouge.



Confirmez et cela affichera en permanence la longueur de la diagonale même si vous changez la longueur des côtés.

Il existe 3 façons de créer une contrainte référence :

- Vous pouvez le faire de la façon décrite dans l'exercice précédent.
- Vous pouvez sélectionner une dimension existante et cliquer le basculeur . La même manipulation peut être utilisée si vous souhaitez basculer d'une contrainte référence à une contrainte réelle (menante).
- Sans aucune sélection existante, cliquez le même icône .

dimensionnelle deviennent bleus

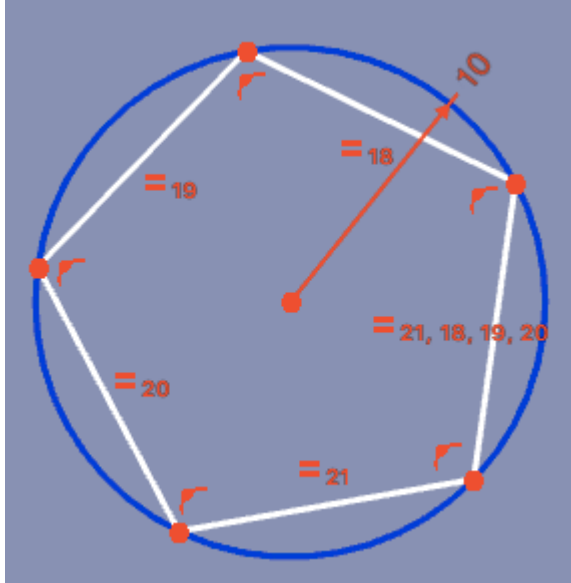


et

toutes les dimensions créées dans ce mode seront des contraintes références.

Il est bien connu que l'angle entre 2 lignes adjacentes d'un carré est de 90° . Mais pour un pentagone ?

Exercice 37 Créez un pentagone régulier de diamètre externe 10 (cercle circonscrit). Trouvez l'angle entre 2 côtés adjacents, et trouvez le rayon interne (cercle inscrit).



Solution : L'angle est de 108° et le rayon du cercle inscrit est approximativement 8.090° .

38 Géométrie externe

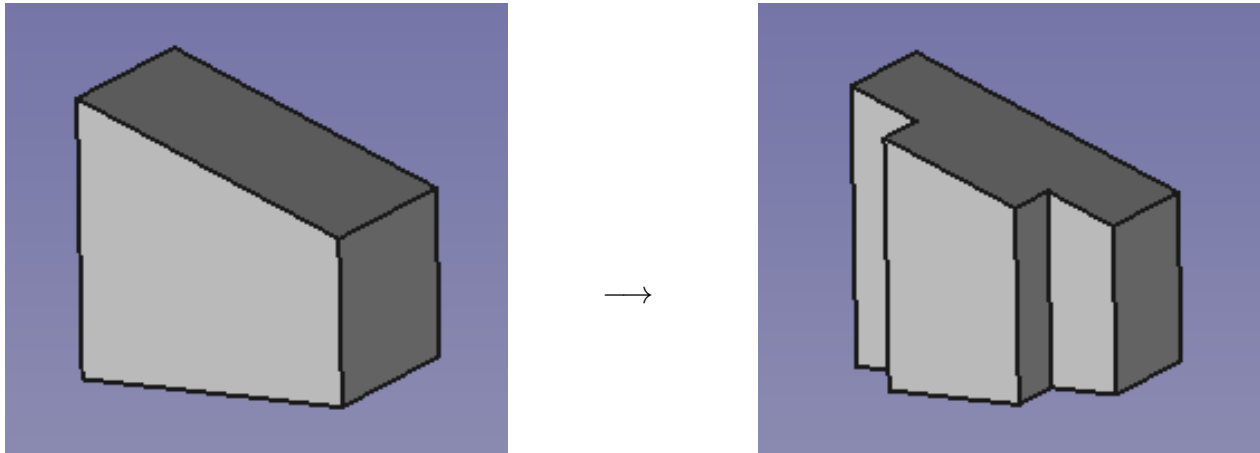
Icone :	
Nombre de DOF ajoutés:	0

La géométrie externe réutilise une géométrie définie ailleurs, et donc n'ajoute aucun DOF.

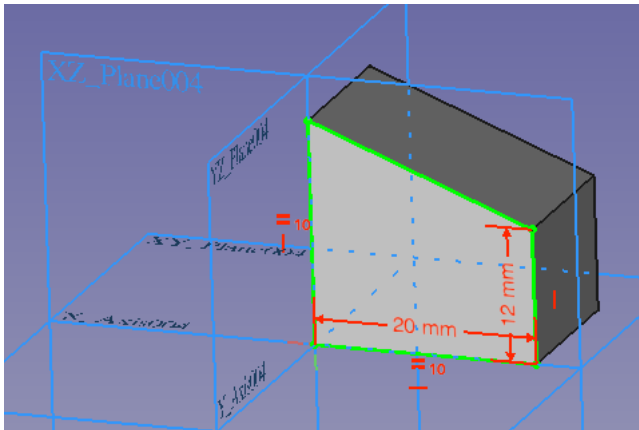
D'un côté, la géométrie externe peut référencer des éléments d'autres objets, comme des côtés ou des vertex. Je déconseille aux débutants d'utiliser ce type de géométrie externe, car elle donne des modèles fragiles concernant les problèmes de nommage topologique.

De l'autre côté, la géométrie externe peut réutiliser des éléments de sketches définis précédemment. C'est ce que nous allons utiliser ici.

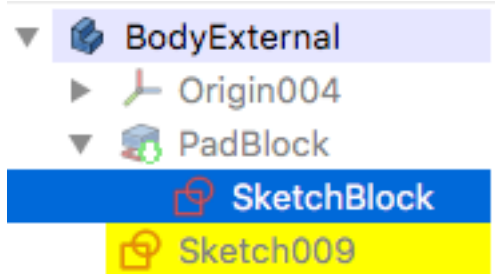
Exercice 38 *Considérant un bloc de la forme ci-dessous, nous voulons couper une bande sur 2 côtés opposés d'une face.*



- Préparations : Créez un bloc comme montré sur l'image de gauche. Placez le de telle façon que la face avant repose sur un des plans principaux.
J'ai placé mon sketch sur le plan XZ et coché la case "Reverse" de l'extrusion.




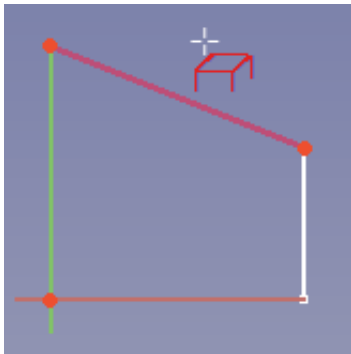
- Créez un nouveau sketch dans le même plan que celui de la face avant du bloc.
- Ne fermez pas le sketch encore vide. Dans la vue combo, basculer de l'onglet Tâche à l'onglet Modèle, de façon à voir l'arbre de construction.
- Rendez le Pad invisible et le sketch visible, l'arbre devrait ressembler à ça :



Le sketch nommé "SketchBlock" dans l'image ci-dessus est utilisé pour créer l'extrusion "PadBlock". Le sketch que nous sommes en fait en train d'éditer est Sketch009.

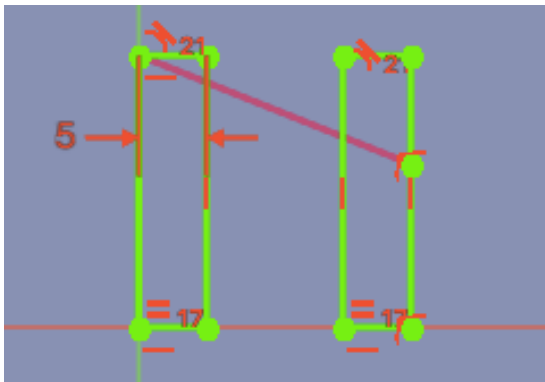
Dans votre modèle, il se nommera probablement Sketch001.

- Basculez à nouveau de l'onglet Modèle à l'onglet Tâche, pour voir à nouveau le bien connu panel du sketcher.
- Dans la vue 3D, vous pouvez voir le sketch SketchBlock. Les lignes sont légèrement plus fines que celles du sketch courant, et vous ne pouvez pas changer la géométrie de SketchBlock.
- Sélectionnez l'outil de géométrie externe .
- Sélectionnez la ligne supérieure, qui va devenir magenta.



Vous pourriez directement sélectionner plus d'éléments, mais ce n'est pas nécessaire ici. Au lieu de sélectionner la ligne, vous auriez pu sélectionner uniquement les extrémités.

- Modélisez les bandes. Notez bien que les bandes recouvrent plus que ce qu'elles doivent retirer.

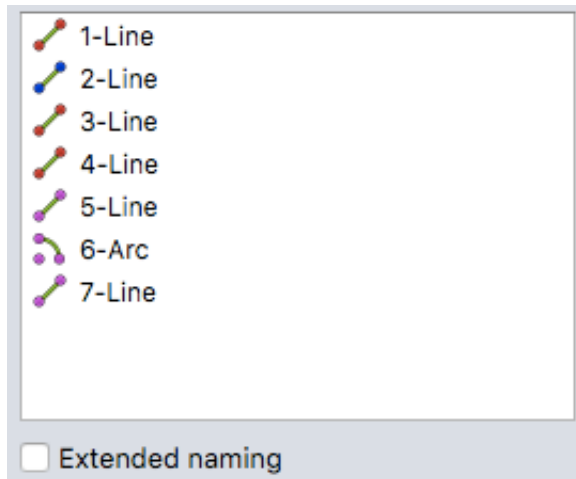


- Les 2 bandes ont la même largeur de 5mm.
- Le côté droit de la bande de droite est fixé avec une contrainte point-on-object utilisant l'extrémité de la géométrie externe.
- La ligne du bas de la bande de droite est fixé par une contrainte point-on-object sur l'axe X.
- La ligne supérieure gauche est horizontale
- les 2 lignes supérieures sont alignées avec une contrainte tangente.
- Fermez le sketcher et appliquez un creusement avec une profondeur de 5mm.

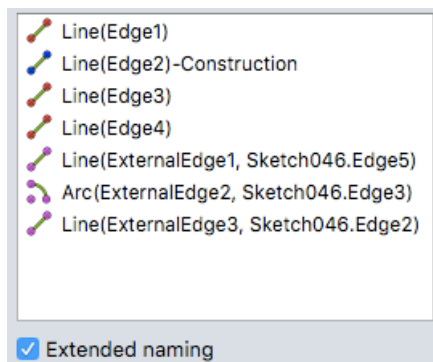
Identification d'une géométrie externe

La liste des éléments telle que décrite dans la section 3 pages 10–12 contient tous les éléments géométriques, y compris les géométries externes. Ces éléments de géométrie externe sont

toujours les derniers de la liste. Les extrémités ont une couleur pourpre – couleur identique à celle utilisée dans la vue 3D. Dans l'image, vous pouvez voir que les 3 derniers éléments sont des références à une géométrie externe : une ligne, un arc, et une autre ligne.



Sous la liste, vous pouvez activer "Extended Naming", qui montre les éléments externes et à quoi ils sont liés.



Quatrième partie

Créer des objets basé sur des sketches

A écrire

39 Sketch pour extrusions et creusements

















40 Utiliser la symétrie !

41 Placement et décalage d'attachement


















42 Valider les sketches

Récapitulatif des DOF

Eléments

Elément	Icone :	DOF ajouté
Ligne		4
Cercle		3
Arc		5
Polyline		-
Rectangle		4
Triangle		4
Carré		4
Pentagone		4
Hexagone		4
Heptagone		4
Octogone		4
Polygone régulier		4
Slot		4
Point		2
B-spline ouverte		$3*N$
B-spline fermée		$3*N$

Contraintes

Contrainte	Icone :	DOF consommé
Coincidence		2
PointOnObject		1
Verticale		1
Horizontale		1
Parallèle		1
Perpendiculaire ligne/ligne		1
Perpendiculaire point/ligne		2
perpendiculaire point/point		3
Tangente (courbe/courbe)		1
Tangent (point/curve,line/line)		2
Tangente (point/point)		3
Egalité		1
Symétrie		2
Block		1-arbitrary
Lock		2 par point
Distance Horizontale		1
Distance Verticale		1
Longueur		1
Rayon		1
Diamètre		1
Angle		1