

Techniques de conception en contexte

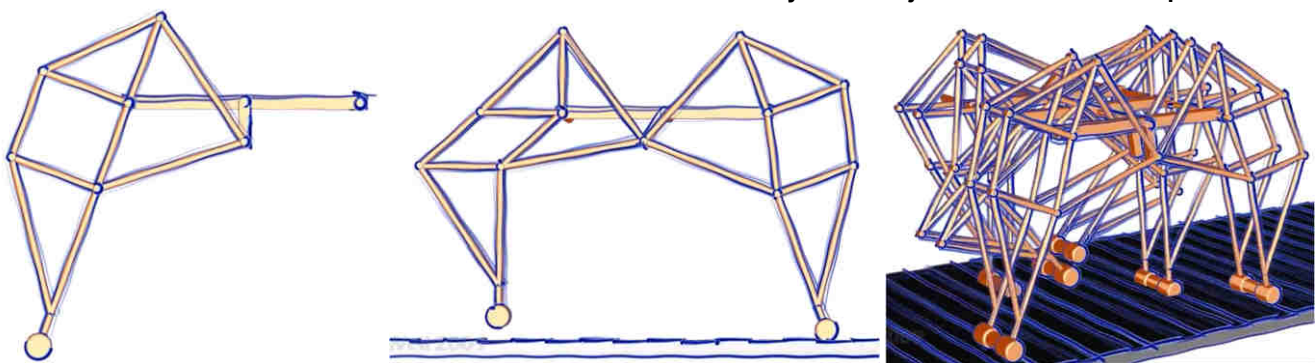
Mécanisme de Jansen

Theo Jansen est l'une des figures mondiales de l'art cinétique. Ce sculpteur néerlandais s'est particulièrement distingué par ses structures monumentales mues par le vent sur les plages du nord de l'Europe.



L'objectif de cette étude est de reproduire la cinématique particulière d'une de ses œuvres et de faire la conception détaillée d'un robot motorisé sur la base de cette architecture.

La démarche est voisine de celle résumée dans la vidéo : **strandbeests by mr. theo jansen - mechanism.mp4**



Nous allons par le biais de ce TP mettre en place une méthode de conception dite « descendante » ou encore « en contexte » qui permet d'optimiser la construction d'un modèle basé sur ces architectures complexes.

Remarques importantes :

- ce TP est difficile et demande de la rigueur et de la méthode. Prenez le temps de la lecture du sujet !
- N'oubliez pas les règles élémentaires d'utilisation d'un ordinateur : organisez vos fichiers, sauvegardez souvent et sur différents supports.
- Il n'est pas anormal de ne pas terminer ce TP ambitieux. L'hétérogénéité de vos parcours ne garantit pas les mêmes chances pour aborder ce travail. Privilégiez toujours la qualité à la quantité !

Table des matières

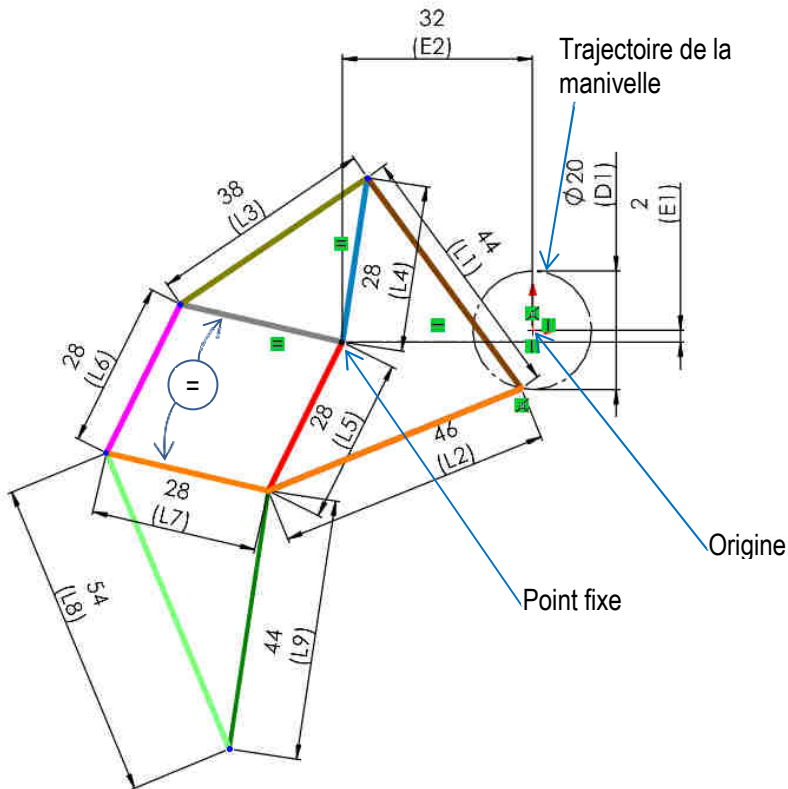
1. Construction d'un squelette paramétré	3
Construction de l'esquisse.....	3
Quelques astuces.....	4
2. Conception détaillée - modélisation des pièces et de l'assemblage	7
Stratégie de modélisation imposée	7
À vous de jouer !.....	8
3. Travail sur les ajustements	9
4. Assemblage de la patte.....	9
Simulation.....	9
5. Conception du robot.....	11
En fonction du temps disponible et de vos envies, quelques chemins à arpenter... ..	11
Annexe 1. Modélisation dans l'assemblage	13
Annexe 2. Fiche sur l'utilisation de l'assistant de perçage	14
Annexe 3. Fiche sur l'utilisation de la bibliothèque de composants	15
Annexe 4. Conception ascendante / descendante	18
Annexe 5. Choix des ajustements.....	19
Annexe 6. Axes en acier type stub.....	22
Annexe 7. Esquisses contraintes.....	23
Annexe 8. Création d'une pièce symétrique	28
Annexe 9. Quelques notions sur le pliage	29
Annexe 10. Quelques pistes de solutions permettant de concevoir des liaisons pivot démontables grâce à des pièces d'injection plastique	30
Annexe 11. Défauts et impression 3D	31

1. Construction d'un squelette paramétré

Construction de l'esquisse

SolidWorks permet la réalisation de conceptions qui s'appuient sur des représentations schématiques parfois appelées squelettes. Ces squelettes sont des esquisses qui sont constituées directement dans l'assemblage qui peuvent comporter des entités géométriques et des cotes dimensionnelles qui pilotent le modèle. On parle également d'esquisses pilotantes.

C'est cette stratégie de conception que nous allons adopter pour modéliser un modèle de patte qui sera évolutif et qui pourra par conséquent constituer les différentes pattes du robot.

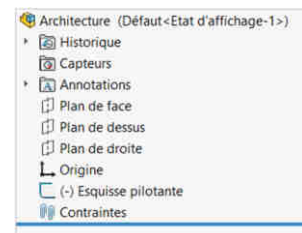


L'action d'un motoréducteur (non représenté) permet d'animer un système constitué de bielles articulées par l'intermédiaire d'un vilebrequin dont la trajectoire circulaire est représentée sur l'esquisse.

Les dimensions indiquées ci-contre sont arbitraires et pourront (devront) être modifiées par la suite.

Créer un nouveau document d'assemblage nommé « architecture » et construire avec soin, dans le plan de face, l'esquisse correspondant au squelette décrit précédemment.

Nota : l'esquisse pilotante doit se trouver au premier niveau de l'assemblage comme indiqué ci-contre :



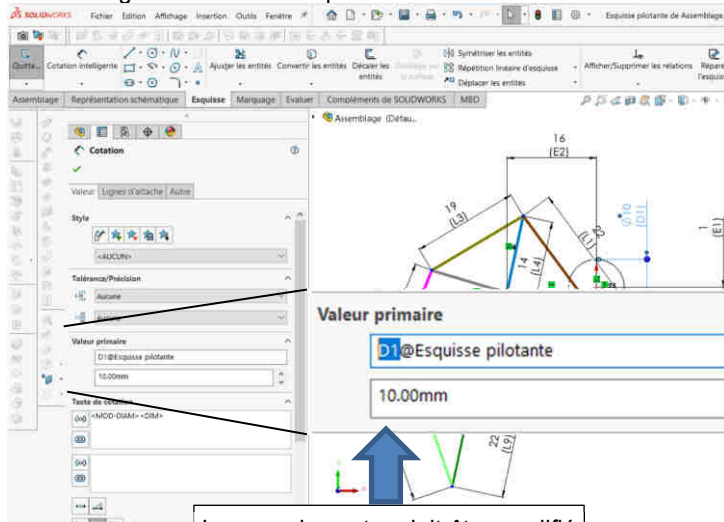
On attachera une attention particulière aux relations d'esquisse (perpendicularités, coïncidences, etc.).



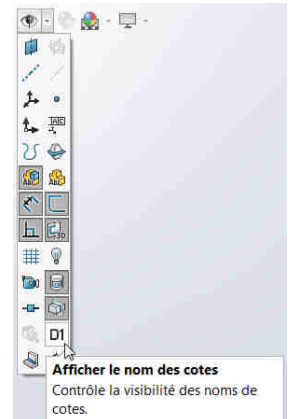
Lors d'une conception en contexte, des liens sont créés entre les composants et l'assemblage et entre les composants. IL ne faut JAMAIS renommer un assemblage a posteriori ! (et surtout pas renommer les fichiers dans l'explorateur)

Quelques astuces...

Pour changer et afficher/masquer le nom des cotes :

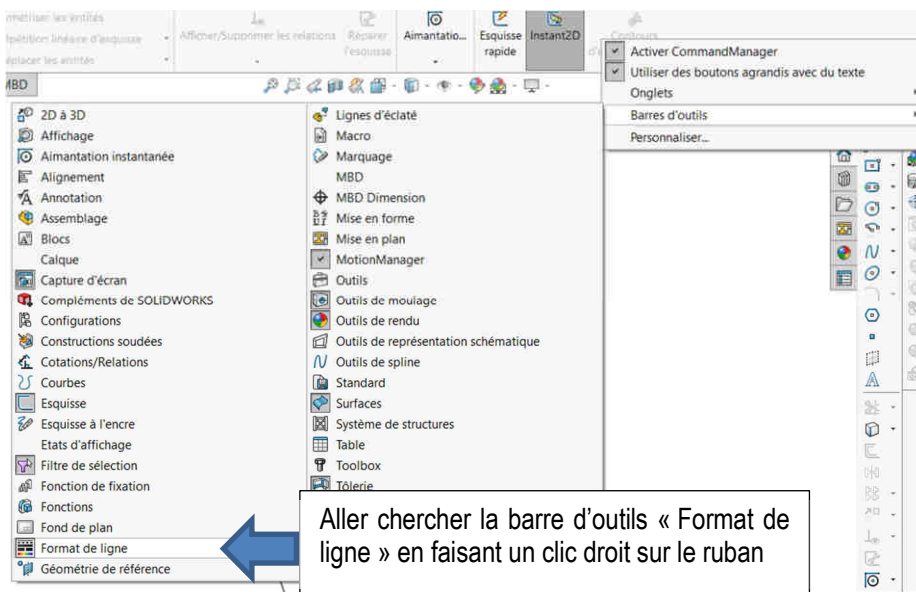


Le nom des cotes doit être modifié dans les propriétés de la cote



Le nom des cotes peut être affiché en paramétrant l'affichage

Pour mettre de la couleur (et donc y voir plus clair) :



Aller chercher la barre d'outils « Format de ligne » en faisant un clic droit sur le ruban

Lorsqu'une ligne d'esquisse est sélectionnée, vous pouvez alors modifier son apparence :

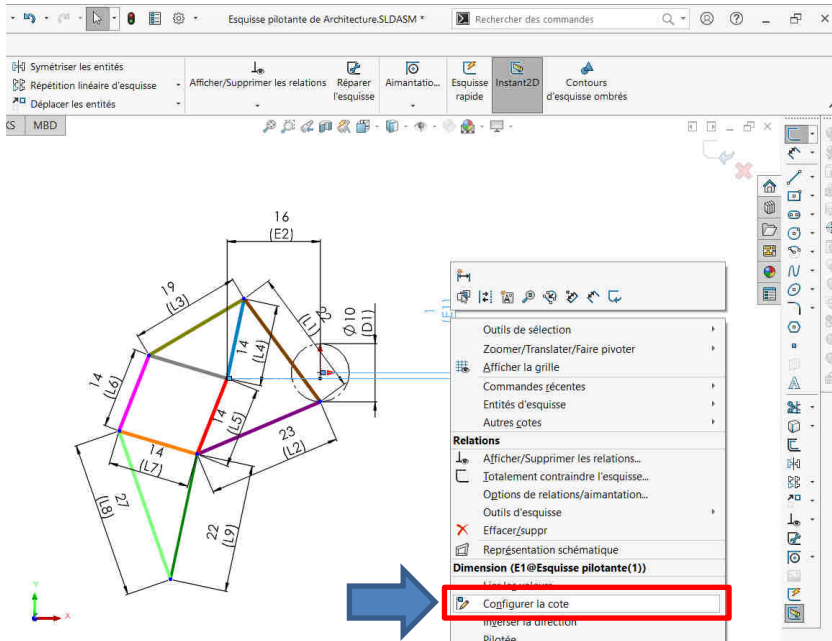
Une fois l'esquisse constituée, il faut vérifier que le mouvement de la patte permet une marche efficace. Cependant, comme ça n'est pas facile à évaluer à ce stade, ce TP est fait pour que les modifications de dimensions soient possibles à tout moment.

Vérifier le bon fonctionnement de la patte en manipulant le point situé sur la trajectoire circulaire du vilebrequin. Modifier (efficacement) les dimensions du mécanisme afin d'optimiser la trajectoire.

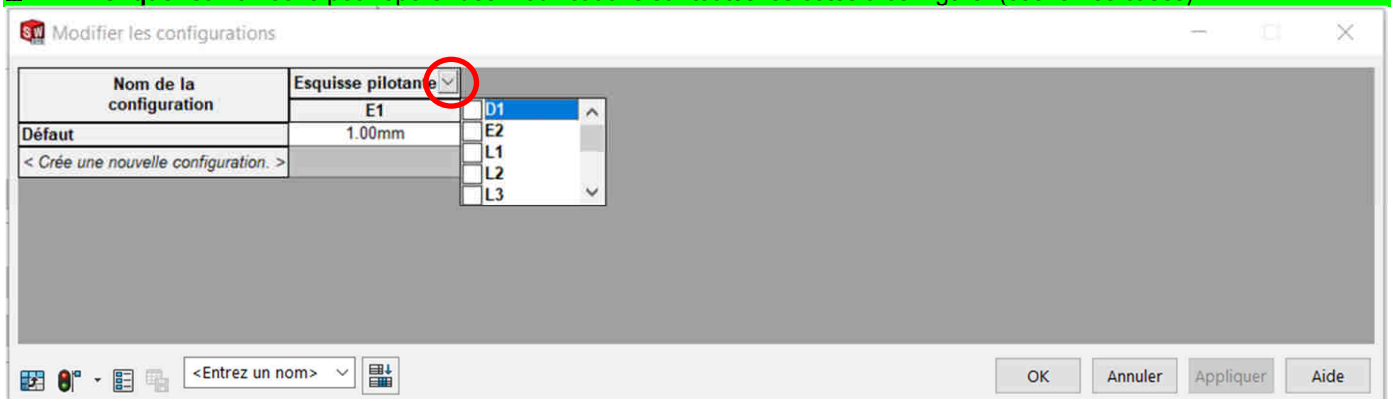
Lorsque l'esquisse de paramétrage (esquisse pilotante) est constituée, il s'agit de paramétrer les valeurs des différentes cotes afin d'optimiser la cinématique.

Préalable : avoir renommé les différentes cotes pour s'y retrouver facilement.

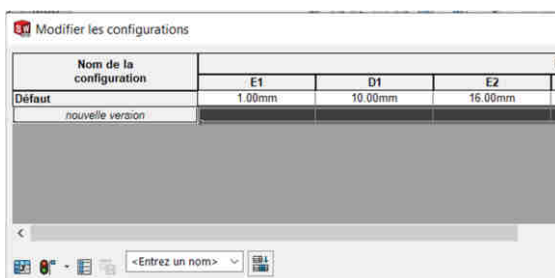
Lorsque toutes les cotes sont renommées, sur une des cotes de l'esquisse puis « configurer la cote » :



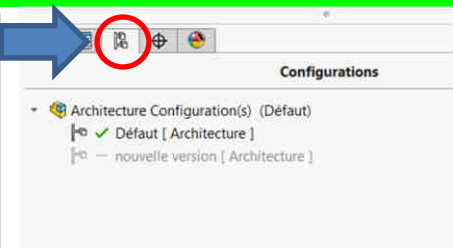
Cliquer sur la flèche pour opérer des modifications sur toutes les cotes à configurer (cocher les cases)



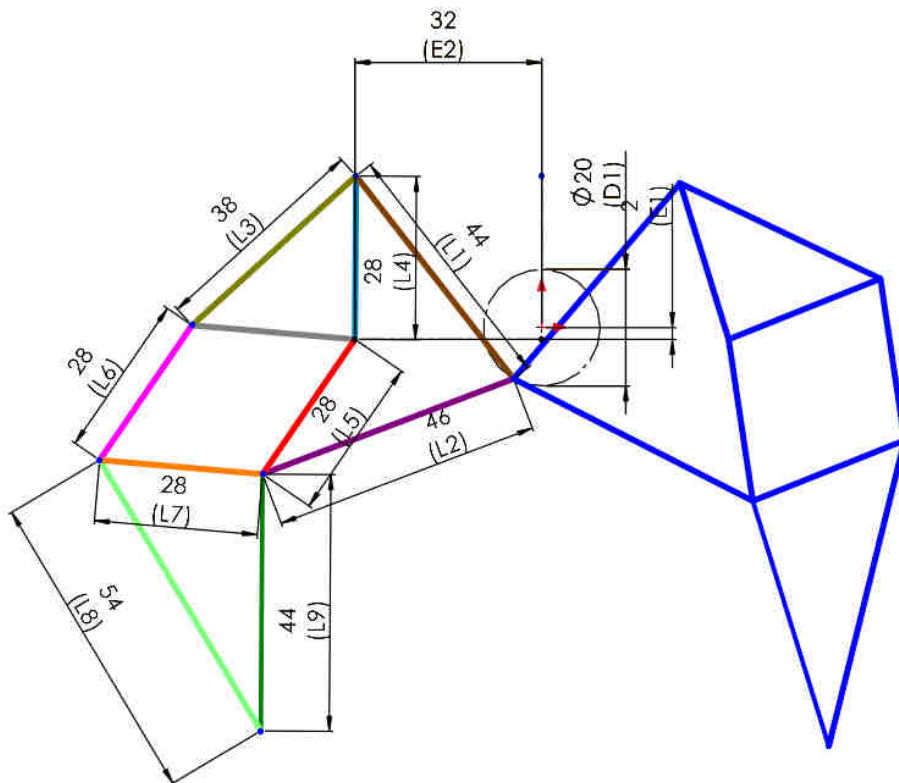
Cliquer ensuite sur nouvelle configuration pour créer une autre version du modèle (ce qui permet de comparer deux versions)



La bascule d'une configuration à l'autre se fera ensuite via l'onglet « configurations » du Feature Manager.

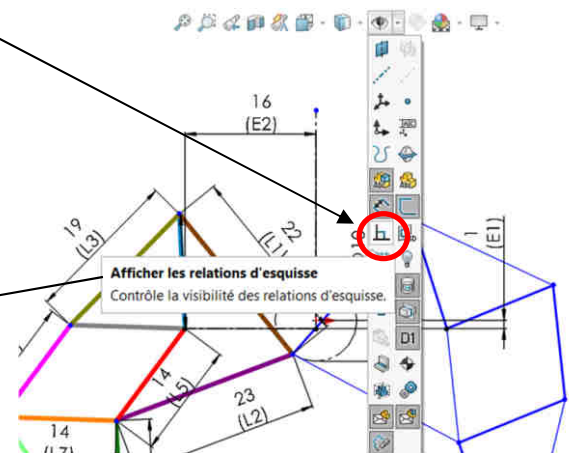
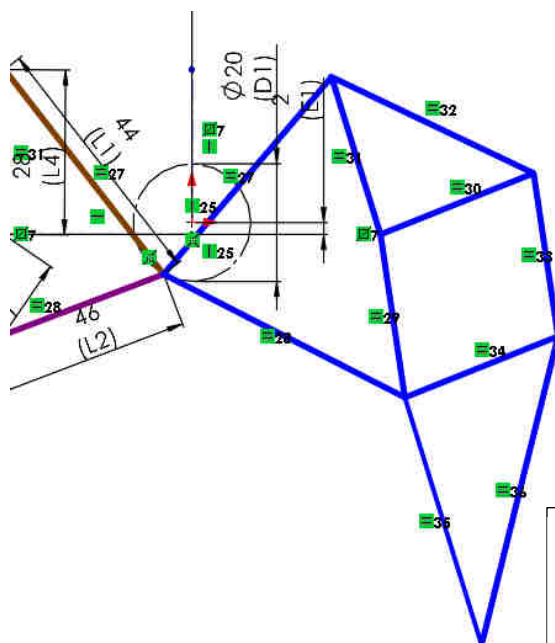



Tester différentes configurations du système pour optimiser la trajectoire de la patte



Lorsque la géométrie est satisfaisante, il est possible d'implanter la seconde patte. Pour cela, il suffit d'ajouter des traits d'esquisse et de les déclarer « égaux » deux à deux avec la première patte représentée.

Les symboles des relations d'esquisse peuvent être affichées :



Ces symboles sur fond vert montrent les contraintes de chaque entité d'esquisse (par exemple  lorsque deux entités sont déclarées de même taille).

Modéliser la seconde patte et contrôler la cinématique de l'ensemble

Fin du travail minimum pour la séance 1

2. Conception détaillée - modélisation des pièces et de l'assemblage

À ce stade, nous n'avons qu'un squelette (conception préliminaire) qui, bien que prometteur, ne permet pas de passer à la fabrication. Il s'agit donc de procéder à l'étape de la conception détaillée qui a pour objectif la réalisation d'une maquette numérique la plus proche possible du produit fini.

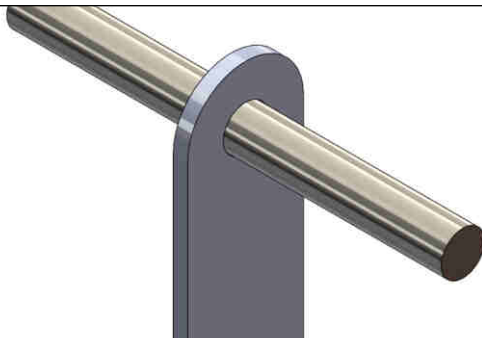
La conception et la modélisation de pièces mécaniques sont indissociables du choix du couple procédé-matériau envisagé pour la fabrication.

Une conception d'un mécanisme de patte obtenu majoritairement par découpage-pliage est demandée

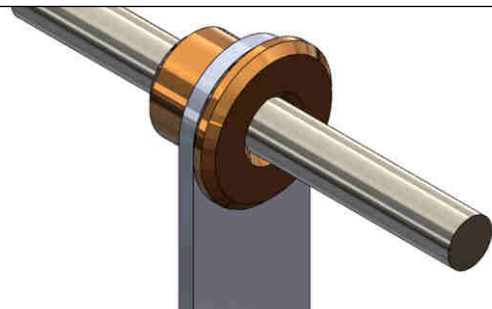
- Vous respecterez les règles de conception usuelles associées au procédé
- L'usage d'axes métalliques (stub) découpés à longueur est conseillé (voir annexes) ainsi que tout composant de visserie standard présent dans la ToolBox de SolidWorks (vis, écrous, rondelles, etc.)

On choisit une tôle d'épaisseur 1 mm pour réaliser les différentes pièces des pattes. On privilégiera également des axes en stub de diamètre 3 mm.

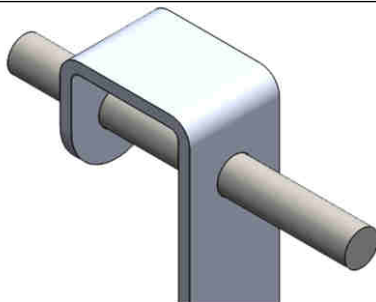
Un guidage direct tôle/axe conduirait à un rapport longueur/diamètre petit (inférieur à 0.8) et donc à une liaison linéaire annulaire (centrage court)



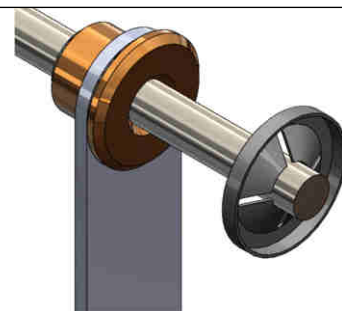
Pour obtenir un centrage long, on pourra implanter un coussinet à collerette (monté serré dans la pièce en tôle) afin d'arriver à un rapport longueur/diamètre supérieur à 1.5 et donc à une liaison pivot glissant (centrage long)




On peut également associer un second centrage court au premier. La liaison équivalente obtenue est une liaison pivot-glissant



Les rondelles d'arrêt type Starlock pourront constituer un arrêt axial bon marché et suffisamment efficace.



 Enregistrer l'assemblage précédent comportant l'esquisse pilotante (pour rappel, cet assemblage s'appelle **architecture**)

Stratégie de modélisation imposée

Les différentes pièces du mécanisme devront être conçues dans le contexte de l'assemblage **architecture** afin de s'assurer que les dimensions choisies dans la première partie seront respectées.

Pour valider le fonctionnement et animer les pattes, un second assemblage appelé **patte** sera créé.

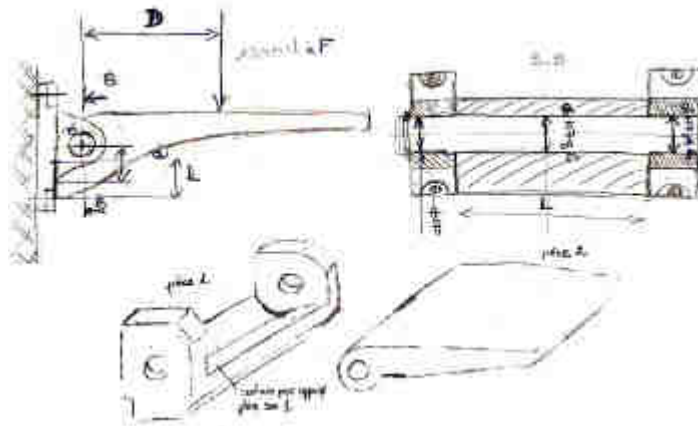
Pour résumer : les formes et les dimensions des pièces sont définies dans l'assemblage **architecture** et **ces mêmes pièces** seront ensuite associées et contraintes dans l'assemblage **patte**.

En aucun cas on ne tentera d'animer la maquette 3D dans l'assemblage **architecture** (c'est l'esquisse pilotante qui commande et pilote le modèle), ni d'ailleurs de modifier les pièces dans l'assemblage **patte**.

À vous de jouer !

Il est important de savoir où l'on va avant de modéliser ! La modélisation « à tâtons » est très inefficace.

Il faut donc vous concerter pour établir une stratégie. Ce travail sera évalué (relevé au cours de la deuxième séance), vous pouvez y consacrer une heure environ.



Faire simple, utile, pas forcément beau. Le temps passé à ce travail, si il est bien fait, sera largement rentabilisé lors de la modélisation.

Faire un croquis à main levée d'une conception des pattes à partir de pièces injectées

Lorsqu'un consensus est trouvé, l'étape de modélisation peut commencer. Afin que les liens entre les pièces et l'esquisse soient conservés, il est indispensable de travailler dans le contexte de l'assemblage. D'un point de vue pratique, cela ne sera possible que pour un des membres du binôme.

Afin de ne pas perdre de temps, certaines pièces pourront être modélisées hors contexte, comme par exemple le châssis du robot ou un sol pour simuler le fonctionnement.

Après validation, modéliser les pièces correspondantes dans le même assemblage. C'est-à-dire :

- Modéliser les différentes pièces de la patte dans le respect du procédé de fabrication imposé
- Modéliser les solutions choisies pour assurer les liaisons pivot
- Modéliser le vilebrequin (le lien à la motorisation sera étudié ultérieurement).

Remarque importante :

Votre conception n'est validée qu'à la condition qu'une modification de l'esquisse pilotante entraîne la modification complète de l'assemblage. Il vous appartient de vérifier régulièrement que ce lien entre l'esquisse pilotante et le modèle est fonctionnel.

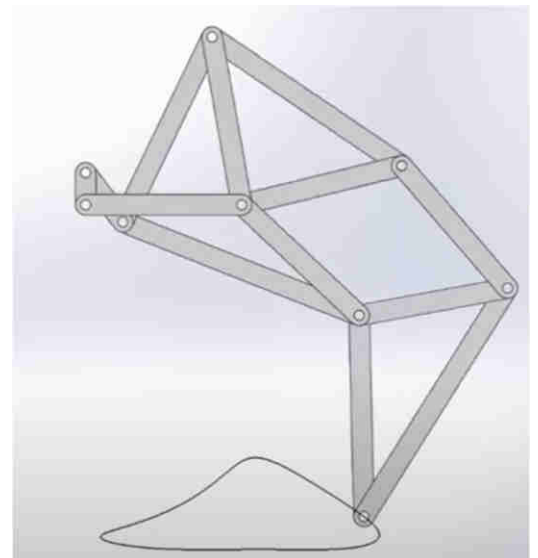
Attention, pour que la conception soit complète, il faut que toutes les solutions techniques (assemblages, guidages) soient définies.

La trajectoire précise du pied pourra être déterminée ensuite, dans le contexte de l'assemblage patte à l'aide de SolidWorks Motion (ou Méca3D). Cependant, il n'est pas interdit de vérifier à ce stade qu'on se rapproche de ce comportement :

En effet, la marche du robot sera d'autant plus efficace que la trajectoire comporte une portion inférieure quasi rectiligne.

Si tel n'est pas le cas, n'oubliez pas que **vous pouvez à loisir modifier les longueurs des différentes bielles**.

Fin du travail minimum pour la séance 2



3. Travail sur les ajustements

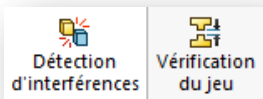
Votre maquette étant terminée, il faut penser à la production d'un prototype de validation (même si cette étape de réalisation sera abordée au S6).

Vous avez jusqu'alors modélisé vos composants aux cotes nominales. Or, si les pièces sont prototypées en l'état (impression 3D par exemple), les ajustements souhaités (glissants pour un guidage, serrés pour un assemblage) ne seront pas réalisés.

Afin de prévenir ce problème, on se propose de modifier légèrement la maquette pour que les pièces soient fonctionnelles.

Pour cela vous pourrez exploiter l'annexe [Choix des ajustements](#) pour proposer un chiffage des jeux et serrages.

- ✍ Choisissez un ajustement glissant et un ajustement serré compatibles avec un procédé imprécis tel que le prototypage rapide.
- ✍ Déterminer, en fonction des diamètres des formes concernées, les jeux ou serrages mini et maxi.
- ✍ Déterminer les valeurs moyennes des différentes dimensions.
- 🔧 Modifier dans la maquette les dimensions correspondantes pour respecter vos calculs précédents.
- 🔧 Vérifier la présence d'interférences ou de jeux avec les outils dédiés de l'onglet évaluer :



La géométrie des pattes a été définie dans le contexte de l'assemblage *architecture*. Il convient maintenant de constituer un assemblage *robot* qui s'appuiera bien évidemment sur les pièces modélisées dans la première partie.

- 🔧 Créer un nouvel assemblage *robot*,
- 🔧 Insérer et contraindre le Châssis, les motoréducteurs et les différentes pièces du mécanisme de la patte.
- 🔧 Vérifier la mobilité de l'ensemble

4. Assemblage de la patte

La géométrie des pattes a été définie dans le contexte de l'assemblage *architecture*. Il convient maintenant de constituer un assemblage *patte* qui s'appuiera bien évidemment sur les pièces modélisées dans la première partie.

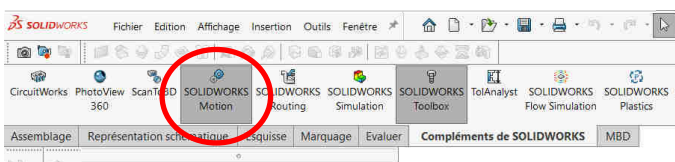
Cet assemblage *patte* permettra de simuler la cinématique particulière du mouvement de Jansen

- 🔧 Créer un nouvel assemblage *patte*,
- 🔧 Insérer et contraindre les différentes pièces du mécanisme de la patte.
- 🔧 Vérifier la mobilité de l'ensemble

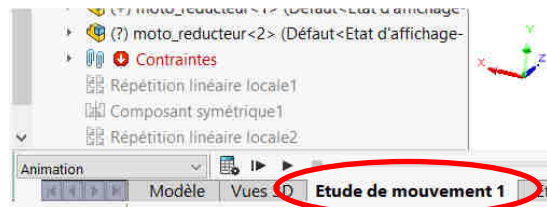
Simulation

Afin d'automatiser la simulation du fonctionnement de votre robot, nous pouvons nous appuyer sur l'outil de simulation dynamique intégré à SolidWorks : SolidWorks Motion.

SolidWorks Motion peut être activé dans la barre d'outils « compléments » :

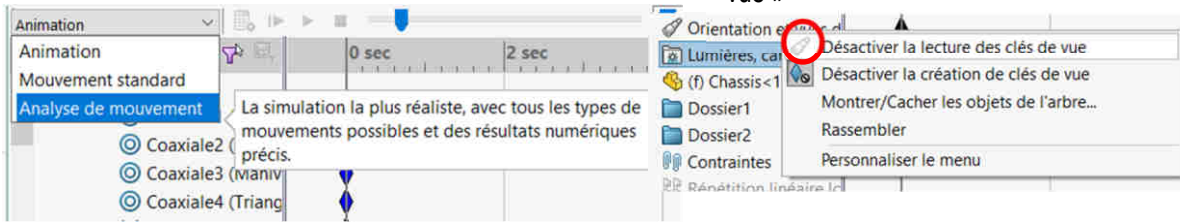


Une fois l'outil activé, un onglet « étude de mouvement » apparaît.



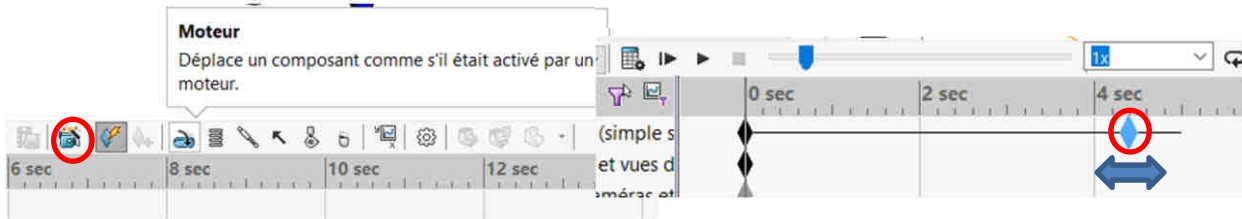
Dans le menu déroulant, choisir « Analyse de Mouvement »

Penser toujours à « désactiver la lecture des clés de vue »

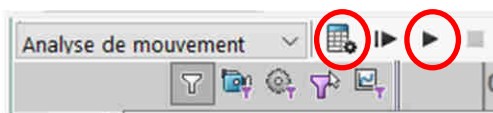


Cette icône pour simuler la présence d'un moteur :

Ce curseur pour choisir la durée de la simulation :

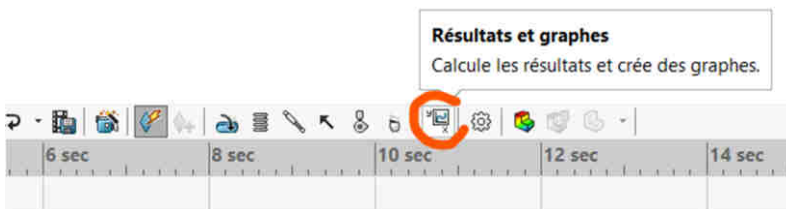


Ces boutons pour lancer le calcul et lire la simulation :



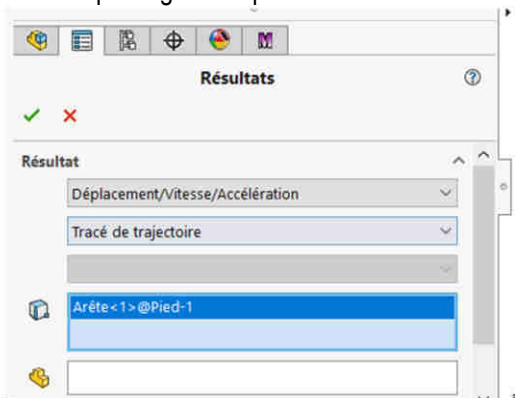
Simuler le fonctionnement de la patte en utilisant SolidWorks Motion.

Pour afficher une trajectoire (ou tout autre champ) :



Remplir les champs comme indiqué : le point dont les positions successives forment la trajectoire peut être un point d'esquisse, un sommet, le centre d'une entité circulaire, etc.

Si le champ désignant la pièce de référence est laissé libre, c'est la pièce fixe qui fera office de référence cinématique.

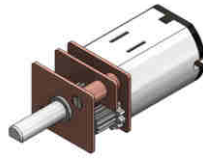


Tracer la trajectoire de la patte de votre robot
Optimiser si besoin !

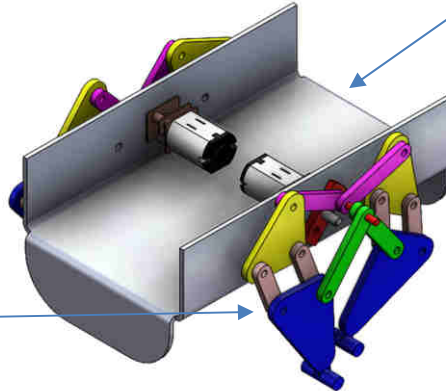
5. Conception du robot

Afin de réaliser un robot mobile basé sur la cinématique de Jansen, on envisage de disposer deux pattes latérales sur un châssis réalisé injection plastique.

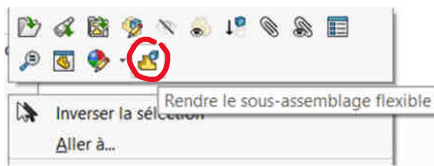
Chaque patte sera entraînée par un motoréducteur Pololu (réf 994), conforme à la maquette numérique fournie :



Châssis plié comportant les formes nécessaires pour les fixations et guidages



Vue d'ensemble du travail demandé. Attention : il ne s'agit en aucun cas d'un exemple à suivre ! Créez, inventez !



Modéliser une première version du châssis qui pourra (et certainement devra) être affinée par la suite
Créer un dernier assemblage robot dans lequel vous insérerez :

- le châssis (pièce fixe dans un premier temps),
- les motoréducteurs et
- les assemblages patte (qui deviennent donc des sous-assemblages)

Rendre flexibles les sous-assemblage patte afin de leur redonner de la mobilité

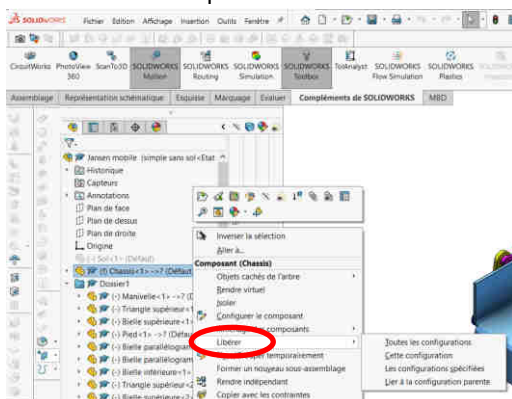
En fonction du temps disponible et de vos envies, quelques chemins à arpenter...

Ce travail peut s'avérer chronophage mais il est très gratifiant.

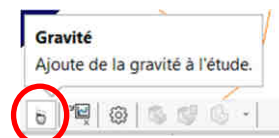
Toujours grâce à SolidWorks Motion, il est possible de simuler l'évolution du robot sur un sol. Pour cela, il faut :

- Modéliser un sol (ça n'est pas le plus difficile) qui doit être la pièce fixe de l'assemblage robot
- Libérer le châssis afin de lui donner une mobilité totale
- Le positionner à une faible distance au-dessus du sol
- Définir le comportement des pieds du robot avec le sol
- Le laisser tomber (eh oui !)
- et allumer les moteurs...

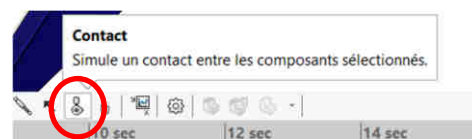
Pour libérer une pièce :



Pour déclarer la gravité dans SolidWorks Motion :



Pour définir le comportement d'un contact entre pièces :



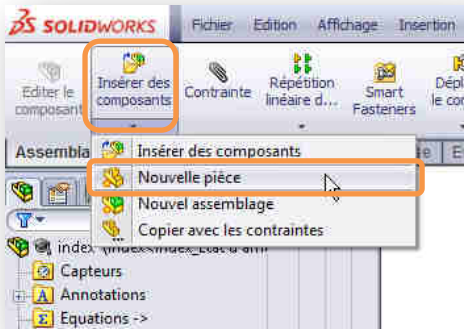
À vous d'écrire la suite...

Ce travail peut conduire à invalider la cinématique définie précédemment ce qui peut être très frustrant mais aussi très instructif. Good Luck !


Annexes

Annexe 1. Modélisation dans l'assemblage

Pour modéliser les pièces dans l'assemblage (conception dans le contexte ou encore conception descendante), il faut procéder de la manière suivante :



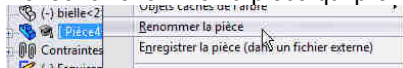
Dans l'assemblage, choisir d'insérer une nouvelle pièce.

Lorsque le pointeur prend la forme suivante , il faut désigner un plan pour commencer la première esquisse de la pièce.

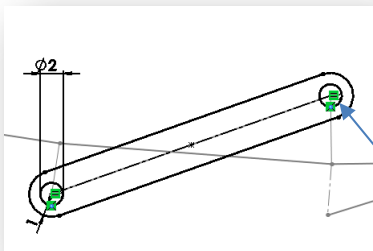
La pièce est alors en édition de pièce (repérée en bleu).

 [Pièce4^index] <1> (Défa

Penser à renommer la pièce qui prend un nom arbitraire donné par le logiciel.



Il est alors possible de construire une esquisse puis des fonctions **qui prennent appui sur l'esquisse pilotante** (le squelette) de notre assemblage.

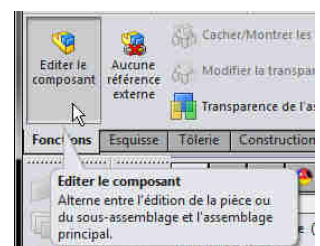


La pièce est alors liée à l'esquisse. L'esquisse peut piloter non seulement les dimensions mais également les positions des différentes pièces de l'assemblage. Le pilotage de l'assemblage devient alors très efficace puisque la plupart des paramètres résident dans une seule esquisse.

Ex : Relations d'esquisse reliant l'esquisse de la pièce à l'esquisse de l'assemblage

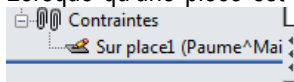
Pour quitter l'édition de la pièce et revenir dans l'assemblage, il suffit de désélectionner « éditer pièce » dans l'onglet « fonctions de la barre de commande.

Il faut impérativement veiller à ce que chaque pièce soit modélisée dans un fichier indépendant mais **dans le contexte de l'assemblage**.




Remarque importante :

Lorsque qu'une pièce est conçue en contexte (directement dans l'assemblage), une contrainte de type « sur place » apparaît.



Cette contrainte interdit les déplacements des pièces conçues en contexte (il ne faut pas supprimer cette contrainte).

Pour s'assurer de la bonne mobilité du doigt, il faut donc impérativement éditer l'esquisse pilotante, modifier la position et reconstruire .

Annexe 2. Fiche sur l'utilisation de l'assistant de perçage

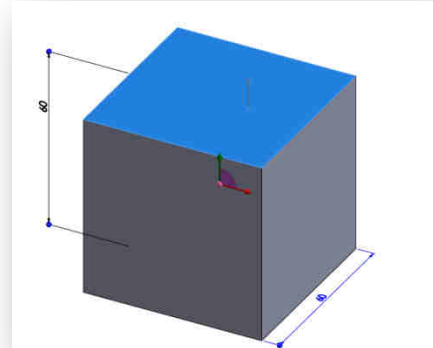


Le modeler volumique dispose de fonctions automatisées facilitant la création de formes standards. C'est le cas notamment pour les fonctions de perçage / taraudage.

L'outil est disponible dans la barre d'outils « fonctions » du logiciel.

Étape 1 : Sélection de la face sur laquelle il convient de réaliser le perçage (remarque : il peut s'agir d'une surface plane de la pièce, d'un des plans de référence ou d'un plan préalablement créé)

Il est conseillé de sélectionner la face avant de faire appel à l'outil d'assistance pour le perçage bien que l'outil puisse être lancé sans qu'une surface ait été préalablement désignée. Lorsque la surface plane ou le plan n'est pas pré sélectionné, la base de la fonction de perçage est une esquisse 3D qu'il faut contraindre.



Étape 2 : Lancement de l'interface

Spécification du per...

- Type** (selected)
- Positions** (selected)
- Favori**: Aucun favori sélectionné
- Type de perçage**:
 - Norme: Ansi Metric
 - Type: Tailles de perçage
- Spécifications du perçage**:
 - Taille: Ø5.0
 - Afficher taille personnalisée: ☐
 - Condition de fin**:
 - Borgne
 - 9.50mm
 - Options**:
 - Fraisage face supérieure: ☐

Position du perçage

- Type** (selected)
- Positions** (selected)
- Position des perçages**:
 - Utilisez les cotes et autres outils d'esquisse pour positionner le centre des perçages.
 - Cliquez sur l'onglet 'Type' pour définir la spécification et la taille des perçages.

Type de perçage

- Norme:
 - Ansi Metric
 - As
 - Bsi
 - Din
 - Gb
 - Is
 - Iso
 - Jis
 - Ks
 - DME
 - HASCO Metric
 - PCS
 - Renishaw

Spécifications du perçage

- Taille: M12
- Afficher taille personnalisée: ☐
- Condition de fin**:
 - Borgne
 - 32.00mm
- Options**:
 - Avec texte associé: ☐
 - Classe de filetage: ☐
 - Fraisage face supérieure: ☐

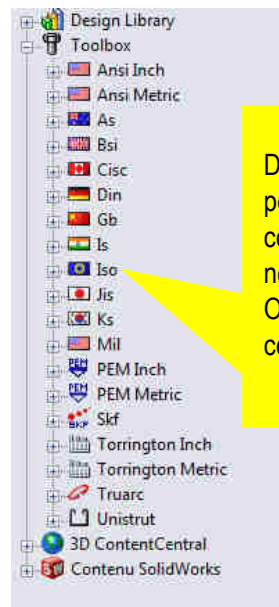
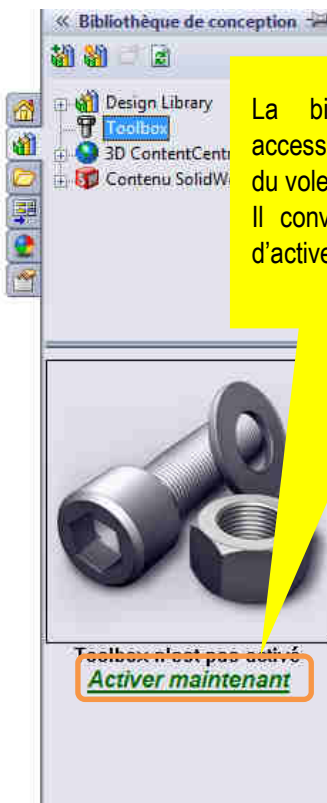
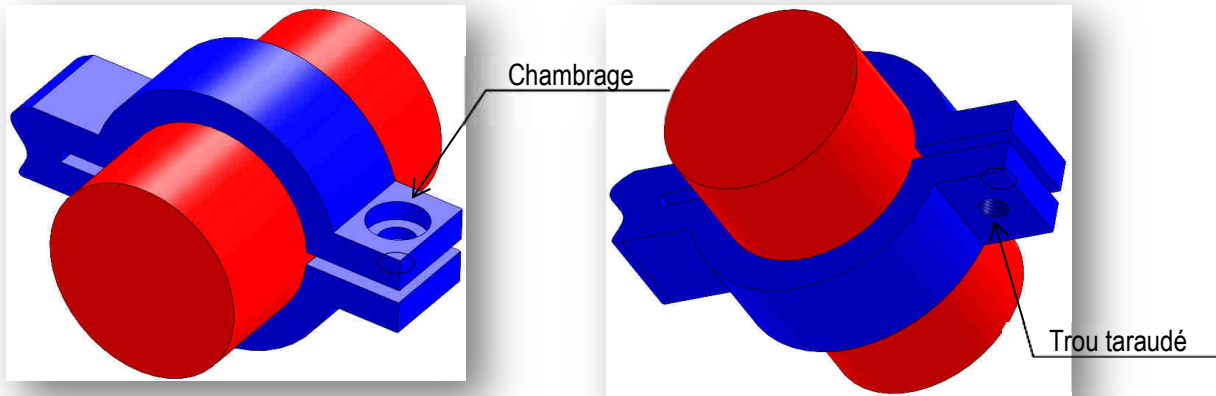
Annotations:

- Il est possible de générer un ou plusieurs perçages simultanés (si leurs caractéristiques sont identiques). Il s'agit d'une esquisse de positionnement qui comme toute autre esquisse doit être entièrement contrainte
- Veiller à bien renseigner toutes les caractéristiques des perçages
- Dans cette zone, choix du type de perçage et de la norme pour les caractéristiques dimensionnelles. Sauf indication, la norme ISO sera utilisée.

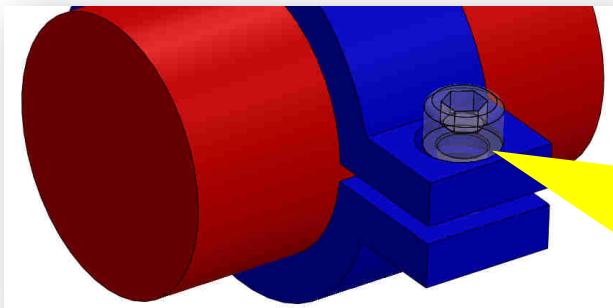
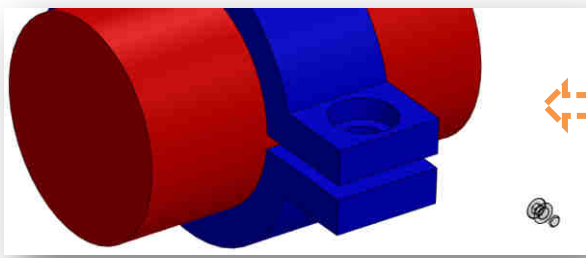
Annexe 3. Fiche sur l'utilisation de la bibliothèque de composants

Pour le concepteur, l'intégration des éléments standards d'assemblage ou de guidage est indispensable pour procurer à la maquette numérique le réalisme nécessaire aux outils de simulation et à la réalisation (fabrication, assemblage, etc.). En revanche, la modélisation de ces composants standards ne présente aucun intérêt car les dimensions sont définies par des normes. Les outils de la CAO comportent le plus souvent des bibliothèques intégrées ou permettent l'utilisation de bibliothèques compatibles de composants.

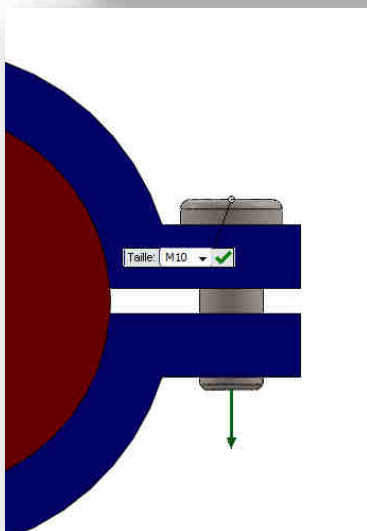
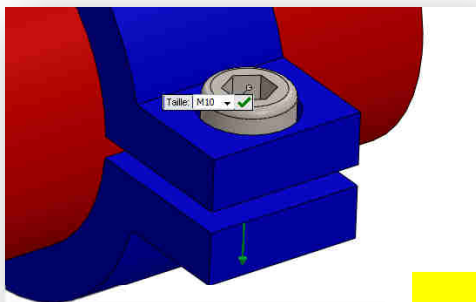
La bibliothèque ne s'utilise que dans le contexte d'un assemblage. Ici, nous insérons la vis de serrage d'une solution de liaison encastrement par pincement. La bride comporte un chambrage et un trou taraudé pour une vis de type CHC M10 (ces formes ont été modélisées au préalable à l'aide de la fonction d'assistance de perçage).



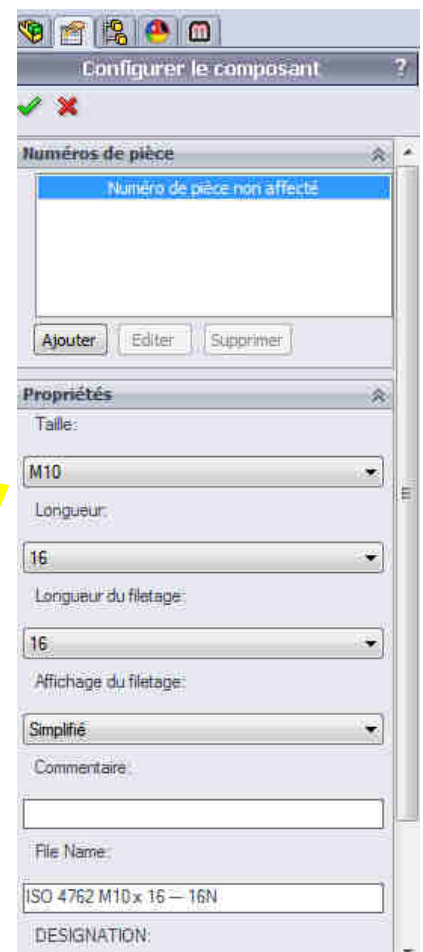
On choisit ici une vis d'assemblage de type CHC. Il est alors possible de faire glisser le composant dans la fenêtre graphique.



Le logiciel est en mesure d'interpréter des formes et des dimensions d'une forme déjà standardisée. C'est le cas du chambrage et du taraudage de la bride. Ainsi, si le « glisser – déposer » s'effectue sur cette forme, l'élément standard est alors automatiquement dimensionné et des contraintes d'assemblage sont créées automatiquement.

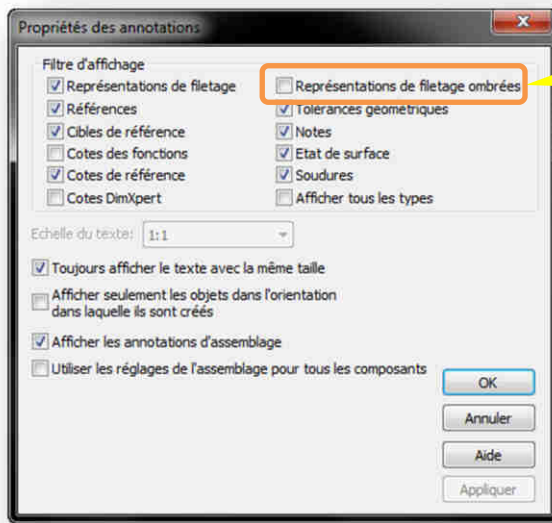


Il reste cependant à faire les derniers réglages de dimensionnement pour fixer des paramètres tels que la longueur de la vis et la longueur filetée mais aussi des paramètres de représentation (filetage).



Il est possible d'obtenir une représentation ombrée des entités filetées ce qui peut s'avérer utile pour estimer des réserves de filetage ou pour vérifier que les longueurs en prise sont suffisantes.

Pour cela, il faut activer le mode de « représentations de filetage ombrées » dans les propriétés des annotations (attention aux conflits éventuels entre paramètres d'annotations de l'assemblage et paramètres d'annotations des composants).



Comme le terme ne l'indique pas, cette possibilité de visualisation s'étend aux taraudages.

Annexe 4. Conception ascendante / descendante

Il est possible de créer des assemblages en utilisant la conception **ascendante**, **descendante** ou une combinaison des deux.

Conception ascendante ou conception hors contexte

La conception ascendante est la *méthode traditionnelle*. On commence par créer des pièces, puis on les insère dans un assemblage et on utilise des contraintes pour assurer leur positionnement relatif. La modification des pièces s'effectue pièce par pièce. Ces modifications sont ensuite visibles dans l'assemblage.

La conception ascendante est la technique la plus adéquate lorsque de l'utilisation des pièces standards, déjà construites ou de composants standards tels que des accessoires, des poulies, des moteurs, etc. La taille et la forme de ces pièces ne changent pas en fonction de la conception, à moins de choisir un composant différent.

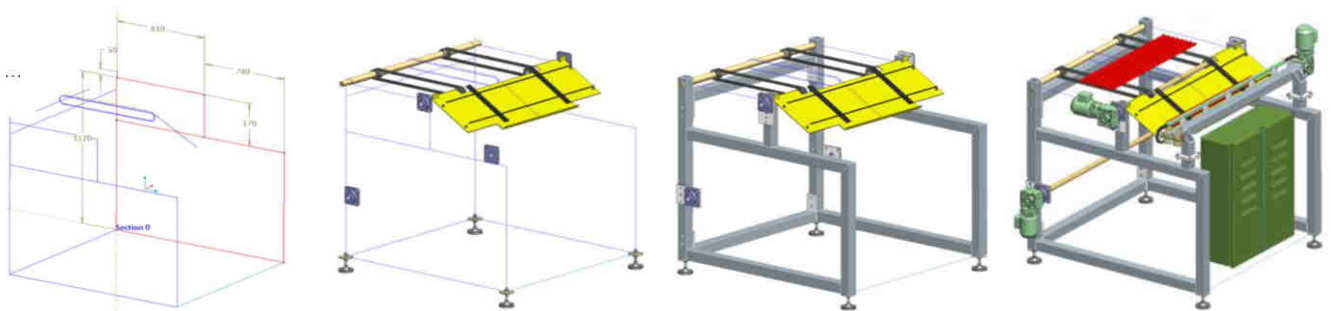
Conception descendante ou conception en contexte

Dans la conception descendante les composants 3D sont créés sur la base d'esquisses dites de paramétrage ou d'assemblage, présente dans le fichier d'assemblage (environnement) ce qui permet d'essayer diverses versions de la conception avant de construire la géométrie 3D et de faire de nombreux types de modifications. On peut appuyer la conception sur tous les éléments présents dans l'environnement assemblage : pièces, fonctions de pièces, éléments géométriques, ... Avec la conception descendante, il y a moins de remaniement nécessaire lorsque des changements sont apportés à la conception. Les pièces sont automatiquement mises à jour suivant la façon dont elles ont été créées.

Les techniques de conception descendante peuvent être utilisées sur certaines fonctions d'une pièce, sur des pièces entières ou sur des assemblages entiers. Dans la pratique, les concepteurs utilisent ces techniques pour planifier leurs assemblages et pour capturer les caractéristiques principales de pièces spécialement créées pour ces assemblages.

- Il est possible de concevoir un support de moteur de sorte qu'il soit toujours de taille adéquate pour supporter le moteur, même si ce dernier est déplacé. SolidWorks ajuste automatiquement la taille du support. Ceci est particulièrement utile pour les supports, les pièces de fixation et les boîtiers dont le rôle principal est de maintenir d'autres pièces en place. La conception descendante peut également être appliquée à certaines fonctions (comme les centreurs) dans des pièces autrement conçues suivant la technique ascendante.
- La conception d'un photocopieur peut être représentée schématiquement dans une esquisse, dont les divers éléments représentent les poulies, tambours, courroies et autres composants du photocopieur. Les composants 3D sont alors créés par rapport à cette esquisse.

Exemple de conception descendante :



Annexe 5. Choix des ajustements

CHOIX DE LA LETTRE :

Mouvement et transmission de l'effort	Caractère de la liaison	Montage	Système à alésage normal	Système à arbre normal	Jeu
Mouvement possible	Ajustement libre le guidage est très peu précis.	à la main	H - e	E - h	important
	Guidage en rotation	à la main	H - f	F - h	petit
	Guidage en translation	à la main	H - g	G - h	petit
Pas de Mouvement pas d'effort	Positionnement précis démontable	à la main	H - h	H - h	très petit
	Positionnement précis démontable	au maillet	H - js	Js - h	Incertain jeu ou serrage
	Positionnement très précis démontable 4 à 5 fois	au maillet	H - k H - m	K - h M - h	
Pas de Mouvement effort modéré	Positionnement très précis et définitif. Le démontage est possible avec détériorations des surfaces.	À la presse hydraulique ou à vis	H - n	N - h	incertain
			H - p	P - h	Serrage environ 0,02 mm
Pas de Mouvement effort important	Ajustement dit « fretté » l'arbre est refroidi dans l'azote liquide (-195°), l'alésage est chauffé dans un bain d'huile (+200°)		H - s	S - h	serrage de plus de 0,04 mm

CHOIX DU DEGRE DE TOLERANCE :

Le chiffre représente l'intervalle de tolérance, donc la classe de précision de l'ajustement.

En principe l'arbre et l'alésage doivent être de la même qualité :

Ø 30 H 7 - f 7

Toutefois 1 point de moins peut être accepté pour l'arbre car il est plus facile de faire un arbre précis qu'un alésage :

Ø 30 H 7 - f 6

01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Appareils de mesure						Qualité mécanique courante				Mécanique grossière pour des liaisons sans précision ou sans mouvements ou pour des surfaces non fonctionnelles.							
Pour des fonctions mécaniques très spécifiques. Matériels de laboratoire ou médicaux, optique de précision.				Mécanique très précise				Mécanique peu précise, mouvements lents ou de faible amplitude ou peu fréquents.									

Ce tableau est donné à titre indicatif. La précision doit être réalisée à bon escient et pour la déterminer, il faut faire des calculs, et, pour la grande série, des essais sur des prototypes.

Alésages	Jusqu'à 3 inclus	de 3 à 6 inclus	de 6 à 10 inclus	de 10 à 18 inclus	de 18 à 30 inclus	de 30 à 50 inclus	de 50 à 80 inclus	de 80 à 120 inclus	de 120 à 180 inclus	de 180 à 250 inclus	de 250 à 315 inclus	de 315 à 400 inclus	de 400 à 500 inclus
D 10	+ 60	+ 78	+ 98	+ 120	+ 149	+ 180	+ 220	+ 260	+ 305	+ 355	+ 400	+ 440	+ 480
	+ 20	+ 30	+ 40	+ 50	+ 65	+ 80	+ 100	+ 120	+ 145	+ 170	+ 190	+ 210	+ 230
F 7	+ 16	+ 22	+ 28	+ 34	+ 41	+ 50	+ 60	+ 71	+ 83	+ 96	+ 108	+ 119	+ 121
	+ 6	+ 10	+ 13	+ 16	+ 20	+ 25	+ 30	+ 36	+ 43	+ 50	+ 56	+ 62	+ 68
G 6	+ 8	+ 12	+ 14	+ 17	+ 20	+ 25	+ 29	+ 34	+ 39	+ 44	+ 49	+ 54	+ 60
	+ 2	+ 4	+ 5	+ 6	+ 7	+ 9	+ 10	+ 12	+ 14	+ 15	+ 17	+ 18	+ 20
H 6	+ 6	+ 8	+ 9	+ 11	+ 13	+ 16	+ 19	+ 22	+ 25	+ 29	+ 32	+ 36	+ 40
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H 7	+ 10	+ 12	+ 15	+ 18	+ 21	+ 25	+ 30	+ 35	+ 40	+ 46	+ 52	+ 57	+ 63
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H 8	+ 14	+ 18	+ 22	+ 27	+ 33	+ 39	+ 46	+ 54	+ 63	+ 72	+ 81	+ 89	+ 97
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H 9	+ 25	+ 30	+ 36	+ 43	+ 52	+ 62	+ 74	+ 87	+ 100	+ 115	+ 130	+ 140	+ 155
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H 10	+ 40	+ 48	+ 58	+ 70	+ 84	+ 100	+ 120	+ 140	+ 160	+ 185	+ 210	+ 230	+ 250
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H 11	+ 60	+ 75	+ 90	+ 110	+ 130	+ 160	+ 190	+ 210	+ 250	+ 290	+ 320	+ 360	+ 400
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H 12	+ 100	+ 120	+ 150	+ 180	+ 210	+ 250	+ 300	+ 350	+ 400	+ 460	+ 520	+ 570	+ 630
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H 13	+ 140	+ 180	+ 220	+ 270	+ 330	+ 390	+ 460	+ 540	+ 630	+ 720	+ 810	+ 890	+ 970
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J 7	+ 4	+ 6	+ 8	+ 10	+ 12	+ 14	+ 18	+ 22	+ 26	+ 30	+ 36	+ 39	+ 43
	- 6	- 6	- 7	- 8	- 9	- 11	- 12	- 13	- 14	- 16	- 16	- 18	- 20
K 6	0	+ 2	+ 2	+ 2	+ 2	+ 3	+ 4	+ 4	+ 4	+ 5	+ 5	+ 7	+ 8
	- 6	- 6	- 7	- 9	- 11	- 13	- 15	- 18	- 21	- 24	- 27	- 29	- 32
K 7	0	+ 3	+ 5	+ 6	+ 6	+ 7	+ 9	+ 10	+ 12	+ 13	+ 16	+ 17	+ 18
	- 10	- 9	- 10	- 12	- 15	- 18	- 21	- 25	- 28	- 33	- 36	- 40	- 45
M 7	- 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	- 12	- 12	- 15	- 18	- 21	- 25	- 30	- 35	- 40	- 46	- 52	- 57	- 63
N 7	- 4	- 4	- 4	- 5	- 7	- 8	- 9	- 10	- 12	- 14	- 14	- 16	- 17
	- 14	- 16	- 19	- 23	- 28	- 33	- 39	- 45	- 52	- 60	- 66	- 73	- 80
N 9	- 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	- 29	- 30	- 36	- 43	- 52	- 62	- 74	- 87	- 100	- 115	- 130	- 140	- 155
P 6	- 6	- 9	- 12	- 15	- 18	- 21	- 26	- 30	- 36	- 41	- 47	- 51	- 55
	- 12	- 17	- 21	- 26	- 31	- 37	- 45	- 52	- 61	- 70	- 79	- 87	- 95
P 7	- 6	- 8	- 9	- 11	- 14	- 17	- 21	- 24	- 28	- 33	- 36	- 41	- 45
	- 16	- 20	- 24	- 29	- 35	- 42	- 51	- 59	- 68	- 79	- 88	- 98	- 108
P 9	- 9	- 12	- 15	- 18	- 22	- 26	- 32	- 37	- 43	- 50	- 56	- 62	- 68
	- 31	- 42	- 51	- 61	- 74	- 88	- 106	- 124	- 143	- 165	- 186	- 202	- 223

Arbres	Jusqu'à 3 inclus	de 3 à 6 inclus	de 6 à 10 inclus	de 10 à 18 inclus	de 18 à 30 inclus	de 30 à 50 inclus	de 50 à 80 inclus	de 80 à 120 inclus	de 120 à 180 inclus	de 180 à 250 inclus	de 250 à 315 inclus	de 315 à 400 inclus	de 400 à 500 inclus
a 11	- 270	- 270	- 280	- 290	- 300	- 320	- 360	- 410	- 580	- 820	- 1050	- 1350	- 1650
	- 330	- 345	-370	-400	- 430	- 470	- 530	- 600	- 710	- 950	- 1240	- 1560	- 1900
c 11	- 60	- 70	- 80	- 95	- 110	- 130	- 150	- 180	- 230	- 280	- 330	- 400	- 480
	- 120	- 145	- 170	- 205	- 240	- 280	- 330	- 390	- 450	- 530	- 620	- 720	- 840
d 9	- 20	- 30	- 40	- 50	- 65	- 80	- 100	- 120	- 145	- 170	- 190	- 210	- 230
	- 45	- 60	- 75	- 93	- 117	- 142	- 174	- 207	- 245	- 285	- 320	- 350	- 385
d 10	- 20	- 30	- 40	- 50	- 65	- 80	- 100	- 120	- 145	- 170	- 190	- 210	- 230
	- 60	- 78	- 98	- 120	- 149	- 180	- 220	- 250	- 305	- 355	- 400	- 440	- 480
d 11	- 20	- 30	- 40	- 50	- 65	- 80	- 100	- 120	- 145	- 170	- 190	- 210	- 230
	- 80	- 105	- 130	- 160	- 195	- 240	- 290	- 340	- 395	- 460	- 510	- 570	- 630
e 7	- 14	- 20	- 25	- 32	- 40	- 50	- 60	- 72	- 85	- 100	- 110	- 125	- 135
	- 24	- 32	- 40	- 50	- 61	- 75	- 90	- 107	- 125	- 146	- 162	- 182	- 198
e 8	- 14	- 20	- 25	- 32	- 40	- 50	- 60	- 72	- 85	- 100	- 110	- 125	- 135
	- 28	- 38	- 47	- 59	- 73	- 89	- 106	- 126	- 148	- 172	- 191	- 214	- 232
e 9	- 14	- 20	- 25	- 32	- 40	- 50	- 60	- 72	- 85	- 100	- 110	- 125	- 135
	- 39	- 50	- 61	- 75	- 92	- 112	- 134	- 159	- 185	- 215	- 240	- 265	- 290
f 6	- 6	- 10	- 13	- 16	- 20	- 25	- 30	- 36	- 43	- 50	- 56	- 62	- 68
	- 12	- 18	- 22	- 27	- 33	- 41	- 49	- 58	- 68	- 79	- 88	- 98	- 108
f 7	- 6	- 10	- 13	- 16	- 20	- 25	- 30	- 36	- 43	- 50	- 56	- 62	- 68
	- 16	- 22	- 28	- 34	- 41	- 50	- 60	- 71	- 83	- 96	- 106	- 119	- 131
f 8	- 6	- 10	- 13	- 16	- 20	- 25	- 30	- 36	- 43	- 50	- 56	- 62	- 68
	- 20	- 28	- 35	- 43	- 53	- 64	- 76	- 90	- 106	- 122	- 137	- 151	- 165
g 5	- 2	- 4	- 5	- 6	- 7	- 9	- 10	- 12	- 14	- 15	- 17	- 18	- 20
	- 6	- 9	- 11	- 14	- 16	- 20	- 23	- 27	- 32	- 35	- 40	- 43	- 47
g 6	- 2	- 4	- 5	- 6	- 7	- 9	- 10	- 12	- 14	- 15	- 17	- 18	- 20
	- 8	- 12	- 14	- 17	- 20	- 25	- 29	- 34	- 39	- 44	- 49	- 54	- 60
g 7	- 2	- 4	- 5	- 6	- 7	- 9	- 10	- 12	- 14	- 15	- 17	- 18	- 20
	- 12	- 16	- 20	- 24	- 28	- 34	- 40	- 47	- 54	- 61	- 69	- 75	- 83
g 8	- 2	- 4	- 5	- 6	- 7	- 9	- 10	- 12	- 14	- 15	- 17	- 18	- 20
	- 16	- 22	- 27	- 33	- 40	- 48	- 56	- 66	- 74	- 87	- 98	- 107	- 117
h 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	- 4	- 5	- 6	- 8	- 9	- 11	- 13	- 15	- 18	- 20	- 23	- 25	- 27
h 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	- 6	- 8	- 9	- 11	- 13	- 16	- 19	- 22	- 25	- 29	- 32	- 36	- 40
h 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	- 10	- 12	- 15	- 18	- 21	- 25	- 30	- 35	- 40	- 46	- 52	- 57	- 63
h 8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	- 14	- 18	- 22	- 27	-33	- 39	- 46	- 54	- 63	- 72	- 81	- 89	- 97

Annexe 6. Axes en acier type stub



BARRES «STUB»



BARRES GENRE «STUB»

LONGUEUR 2M

STUB BARS - LENGTH 2M

- > Pour obtenir une dureté 58-62HRC (comme les goupilles) il faut faire 1 trempé revenu après usinage.
To obtain 58-62HRC hardness (like for pins) they must be hardened and tempered after machining.

Désignation : Barres genre STUB diamètre x 2m.

- > Description: STUB bars diameter x 2m.

Matière : 100Cr6 Rm>800N/mm²

Material : 100Cr6 (breaking strength 800 N/mm²)

Diamètres disponibles en cotes métriques Tolérance = h7 Diameter available in stock in metric dimensions			Diamètres disponibles en côtes pouces Tolérance = h7 Diameter available in stock in imperial dimensions	
h7			h7	
Diamètre :	Diamètre :	Diamètre :	Diamètre :	
2	11	20	1/4 "	6,33
2,5	11,5	21	5/16 "	7,93
3	12	22	3/8 "	9,52
3,5	12,5	24	1/2 "	12,70
4	13	26	5/8 "	15,87
4,5	13,5	28	3/4 "	19,05
5	14	30	7/8 "	22,22
5,5	14,5	32	1 "	25,4
6	15	35		
6,5	15,5	40		
7	16			
7,5	16,5			
8	17			
8,5	17,5			
9	18			
9,5	18,5			
10	19			
10,5	19,5			

Kits barres STUB voir p.30

STUB Bar kits, see p.30

SUR DEMANDE

On request

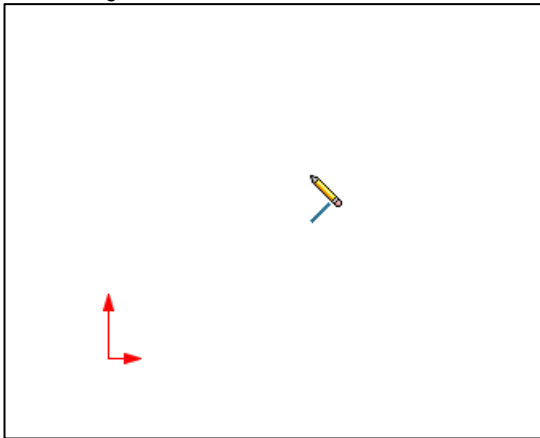
- > Dimensions et tolérances spéciales.

Other tolerances and dimensions.

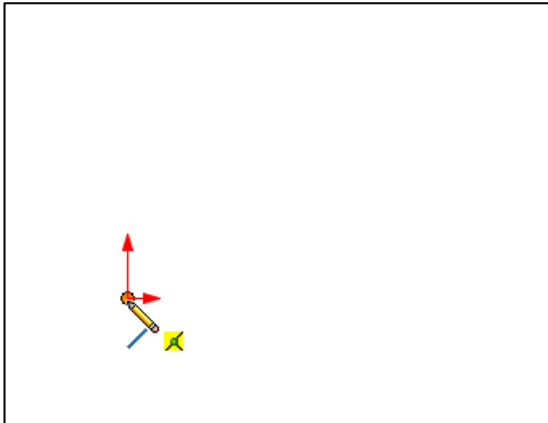
Source : www.gardette.fr

Annexe 7. Esquisses contraintes

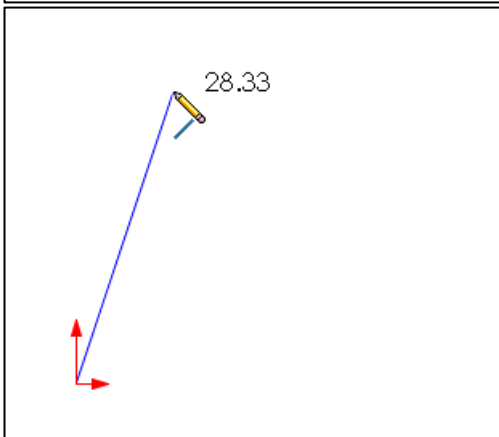
Lors de la création d'une esquisse, la forme du pointeur renseigne sur les contraintes automatiques susceptibles d'être créées dans le logiciel :



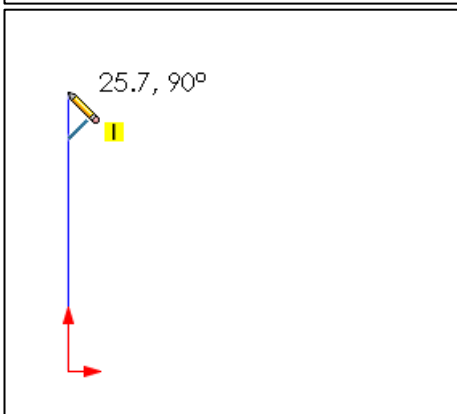
Le pointeur s'apprête à dessiner un segment, aucune entité n'est détectée pour la saisie automatique d'une contrainte.



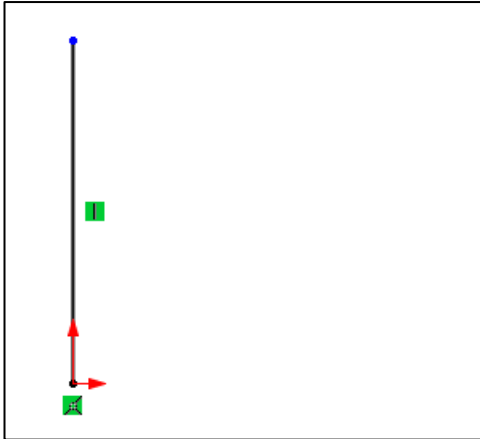
Le pointeur détecte la présence de l'origine de l'esquisse et peut créer une contrainte de coïncidence.



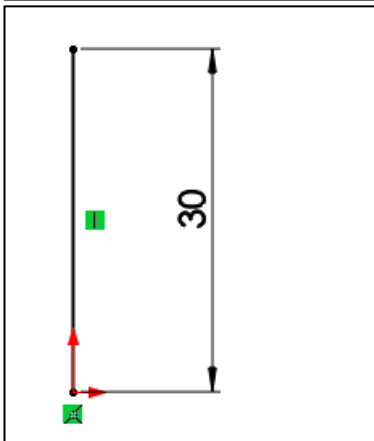
Le premier point étant sélectionné, d'autres contraintes automatiques peuvent être créées. Ici, la position du segment ne permet de détecter aucune contrainte automatique



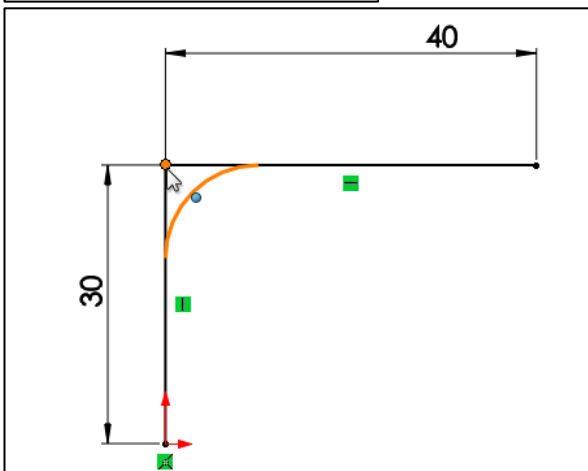
Ici, la logiciel détecte la verticalité du segment et s'apprête à créer la contrainte automatique.



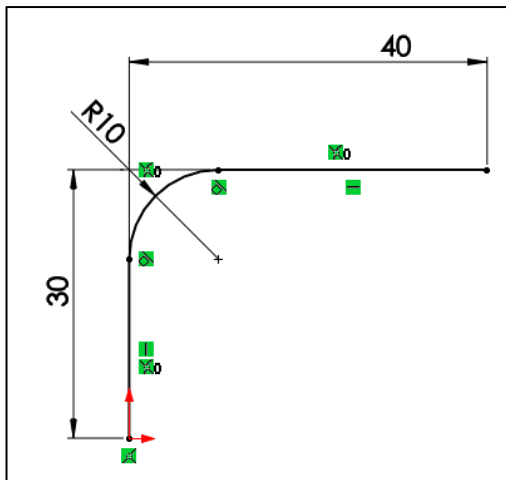
Le segment créé est noir : une extrémité est coïncidente avec l'origine et le segment est vertical. En revanche, la seconde extrémité est restée bleue car non encore contrainte. Les contraintes de cette entité sont symbolisées par les carrés verts (ici coïncidence et verticalité).



La seule méthode fiable pour définir la longueur du segment (et donc de contraindre complètement cette entité) est d'utiliser l'outil « cotation intelligente » et de saisir la longueur.



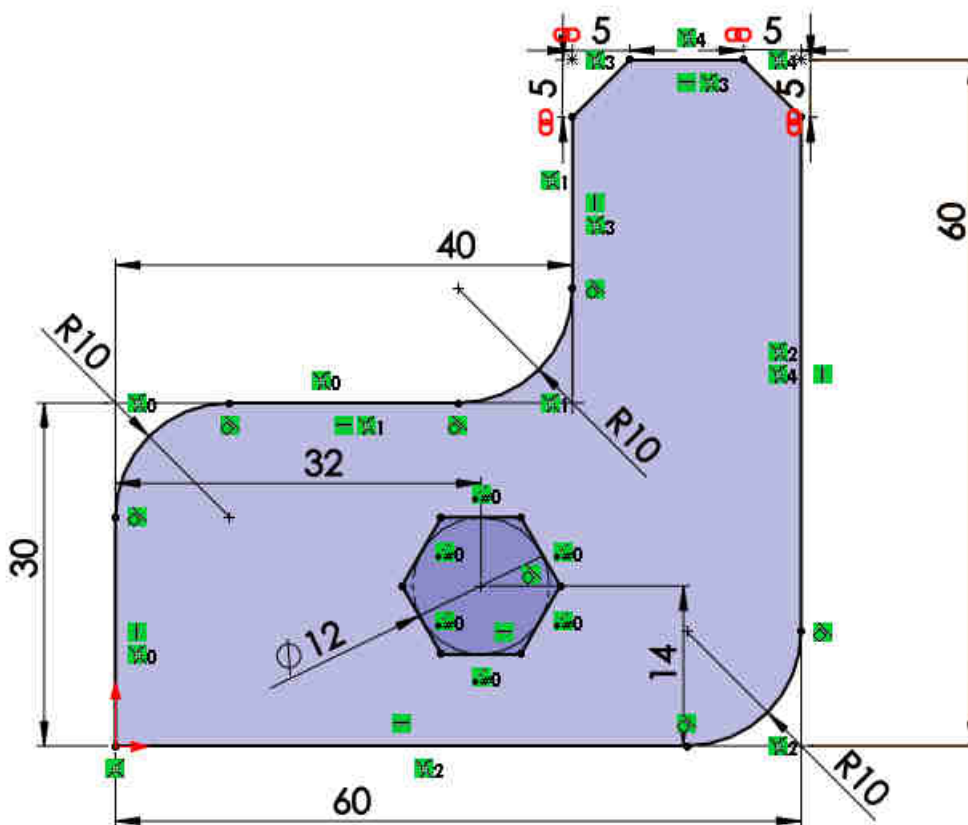
L'utilisation de fonctions automatisées d'esquisse (par exemple la création d'un congé comme sur l'exemple ci-contre) est à préconiser.



Le logiciel crée alors automatiquement les relations automatiques permettant de contraindre la forme. Ici : les deux tangences, la cote de rayon du congé, l'intersection des deux segments permettant le positionnement du congé.

Recommandation générale

Une esquisse pour définissant la forme d'une pièce n'est satisfaisante que lorsque TOUTES les entités de l'esquisse sont entièrement contraintes !



Ici, les chanfreins sont obtenus par une fonction d'esquisse automatisée. Les deux cotes de 5 mm sont liées pour chacun des deux congés ce qui explique l'indication en forme de maillon de chaîne rouge figurant devant la valeur de la cote.

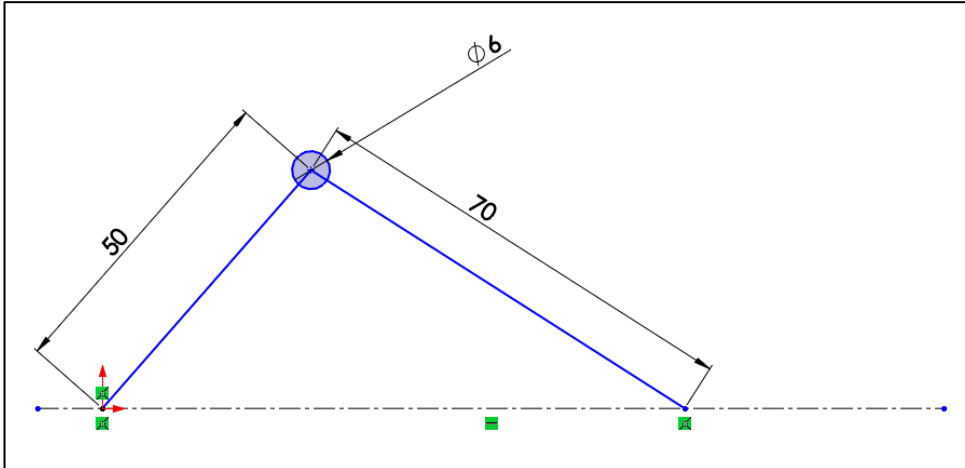
Cas particulier d'une esquisse pilotante.

Comme son nom l'indique, une esquisse pilotante a pour but de piloter un modèle volumique pour définir la position ou les dimensions d'une pièce ou de plusieurs pièces d'un assemblage.

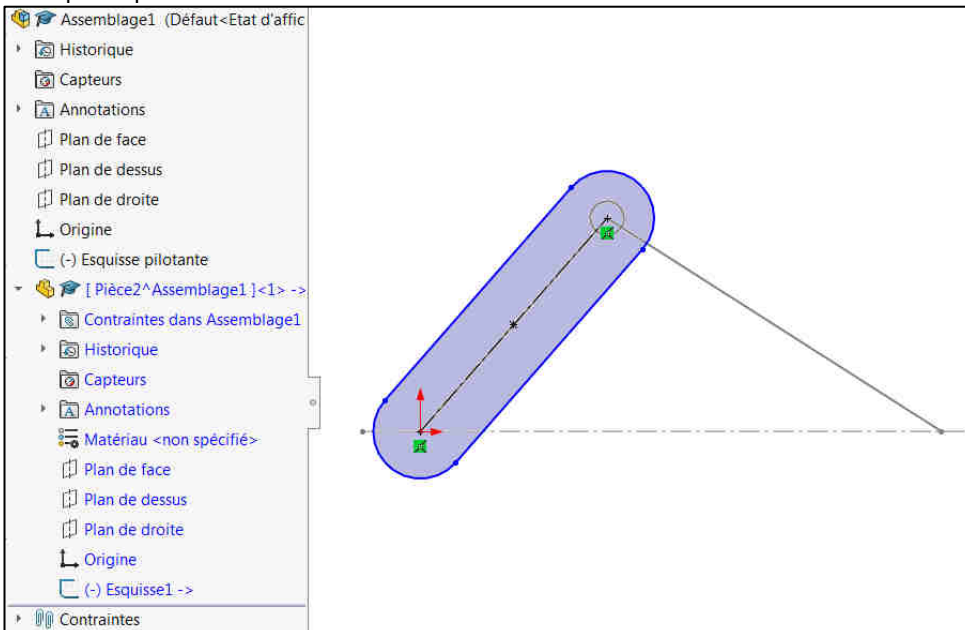
Elle constitue le squelette d'un mécanisme et permet une conception très efficace car facilement évolutive d'une maquette numérique. Ce procédé porte le nom de conception descendante.

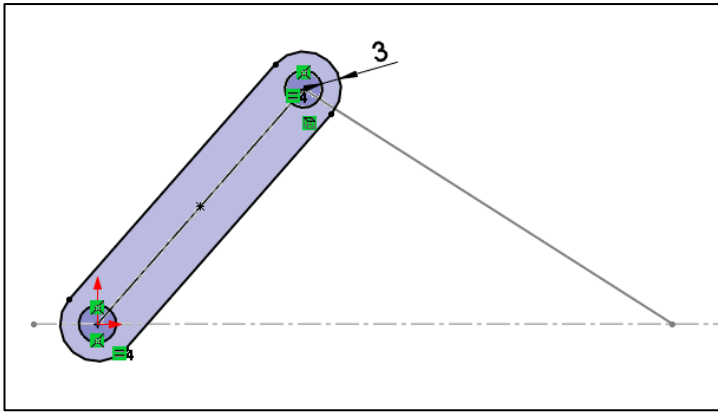
Un exemple

L'esquisse suivante est construite au premier niveau d'un assemblage. Elle va guider la conception de différentes pièces directement dans l'assemblage. C'est la seule forme d'esquisse que l'on autorisera à ne pas être entièrement contrainte car la position du mécanisme n'est pas figée. Elle comporte tout de même des cotes et des contraintes.



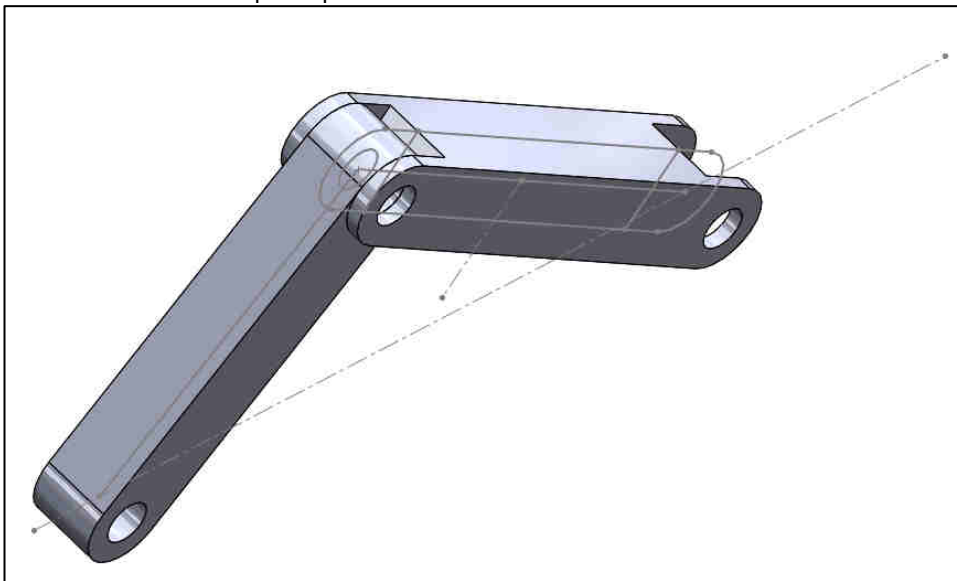
Une nouvelle pièce peut alors être insérée dans l'assemblage et les esquisses définissant les formes de la pièce peuvent être liées à l'esquisse pilotante.



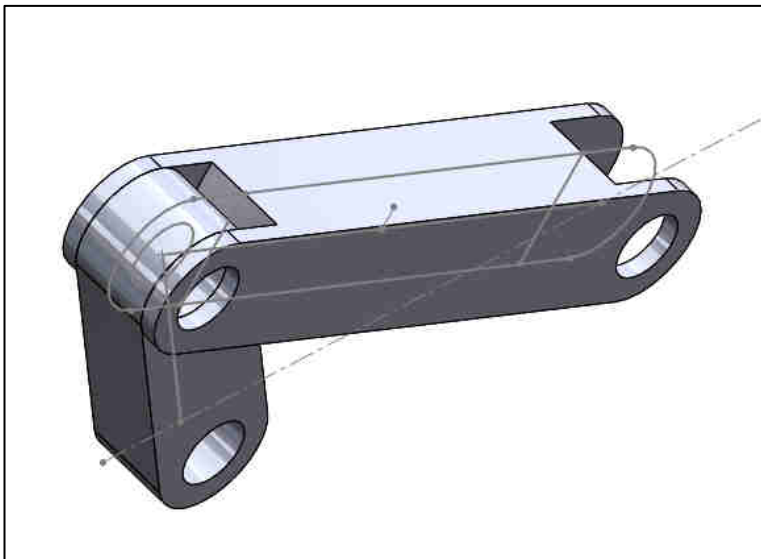


Les formes de l'esquisse étant destinées à réaliser une opération volumique, elles doivent être entièrement contraintes. Ici, le trou supérieur a été défini par conversion d'entité du cercle de l'esquisse pilotante, la position et la longueur de la forme oblongue sont définies par les points de l'esquisse pilotante.

De la même manière, une seconde pièce peut être définie, toujours dans le contexte de l'assemblage, toujours en s'appuyant sur les informations de l'esquisse pilotante.



L'esquisse pilotante permet alors d'interagir directement avec le modèle pour changer la position et les dimensions des deux pièces simultanément.

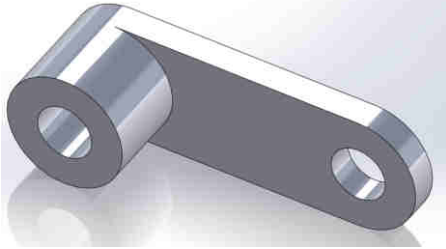


Très efficace !

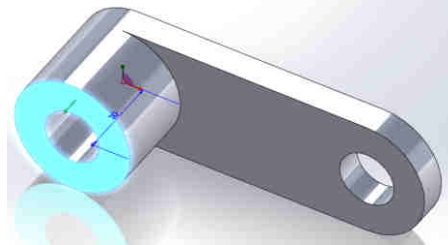
Annexe 8. Création d'une pièce symétrique

Il est possible dans SolidWorks de définir une pièce comme étant le résultat d'une symétrie par rapport à un plan.

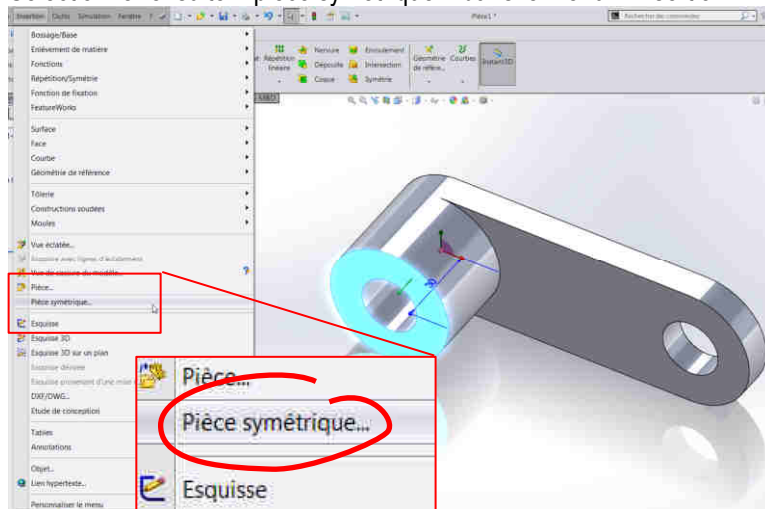
Les formes de la pièce initiale étant définies :



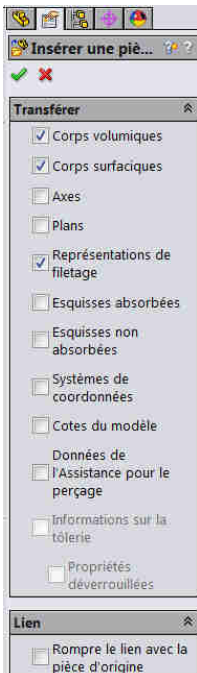
Sélectionner le plan de symétrie, qui peut être une face plane de la pièce ou un plan de référence :



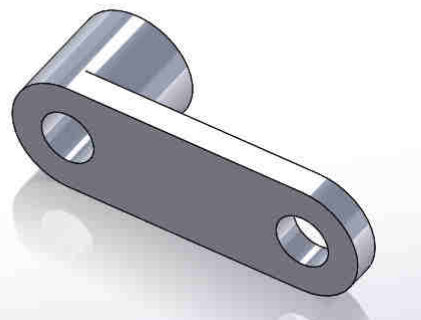
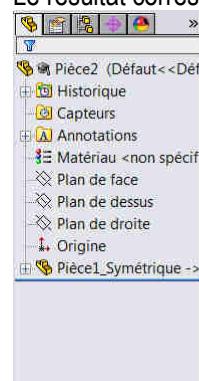
Sélectionner ensuite « pièce symétrique » dans le menu « Insertion »



Cocher ensuite les éléments adéquats dans la liste proposée et valider :



Le résultat correspond bien à la symétrie :



Il est important de noter que la pièce symétrique n'est définie que par les formes de la pièce initiale ce qui veut dire que :

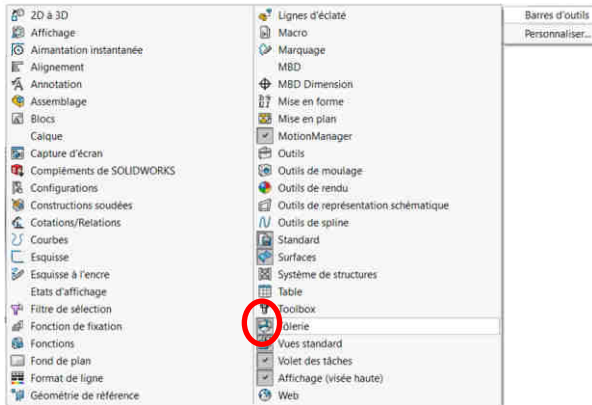
- Toute modification effectuée sur la pièce initiale est répercutée sur son symétrique
- Toute modification effectuée sur la pièce symétrique n'est pas répercutée sur la pièce initiale

Annexe 9. Quelques notions sur le pliage

Conception du châssis en tôle pliée (par exemple)

Pour réaliser des pièces de tôlerie, SolidWorks dispose d'outils de modélisation assez performants.

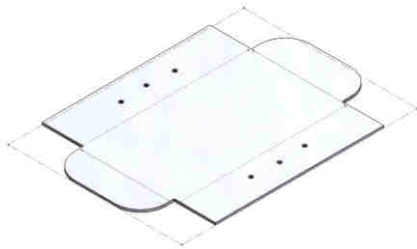
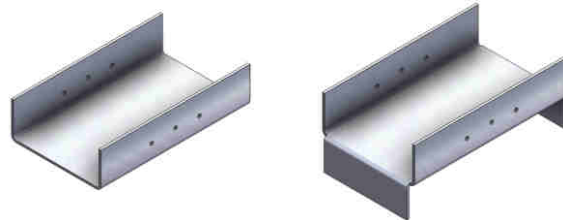
Ceux-ci sont regroupés dans la barre d'outils
« Tôlerie ».



La démarche consiste à modéliser une « tôle de base », pliée ou non :



Et de compléter les formes en ajoutant des perçages et des plis additionnels.

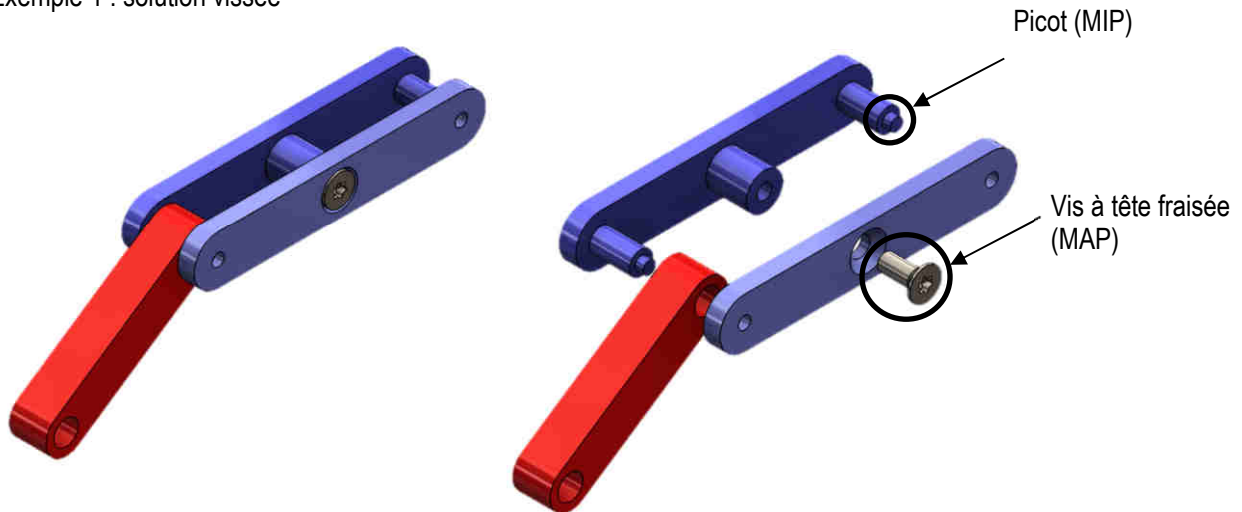


La force de l'outil réside notamment dans la possibilité d'obtenir les formes avant pliage (précieux pour la fabrication).

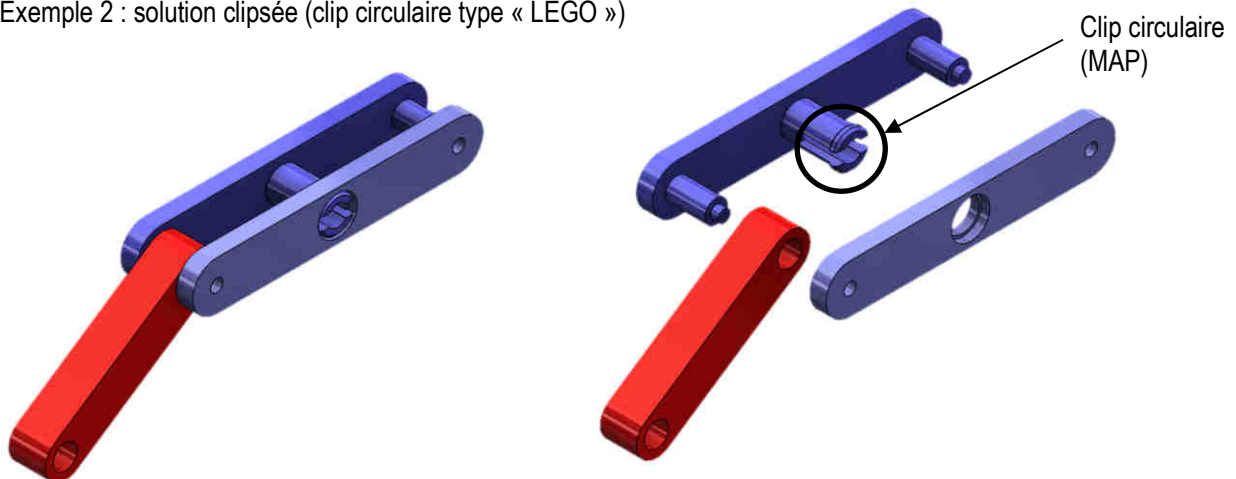
Annexe 10. Quelques pistes de solutions permettant de concevoir des liaisons pivot démontables grâce à des pièces d'injection plastique

Les exemples qui suivent montrent des solutions techniques permettant de réaliser une articulation (liaison pivot) entre des pièces conformes au procédé de fabrication choisi (injection plastique). Il ne s'agit ici que de donner quelques pistes de conception, il n'y a aucun caractère d'obligation à reproduire ces solutions. Au contraire, proposez, inventez !

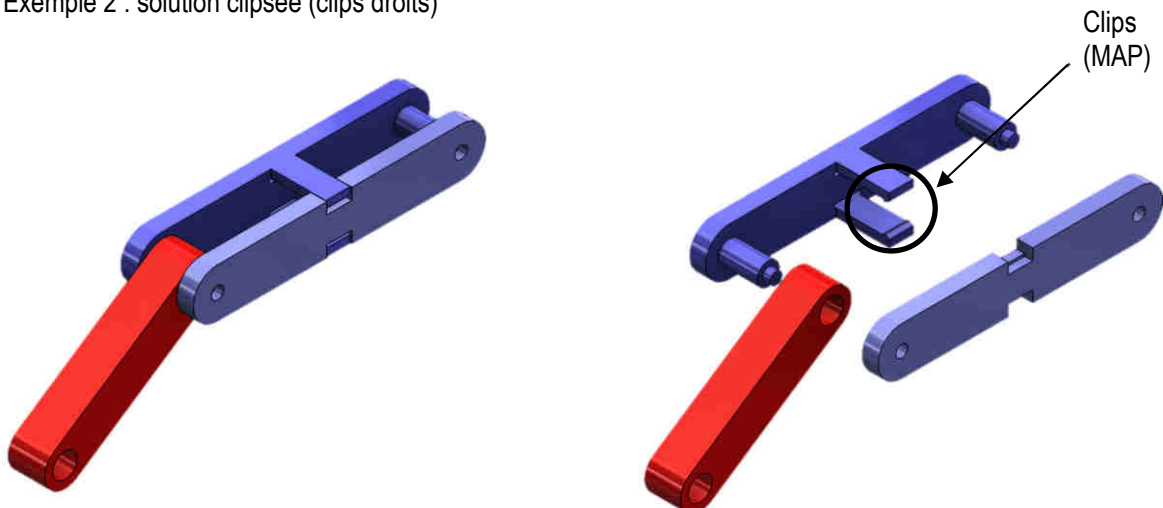
Exemple 1 : solution vissée



Exemple 2 : solution clipsée (clip circulaire type « LEGO »)



Exemple 2 : solution clipsée (clips droits)



Annexe 11. Défauts et impression 3D

[...] Tolérances

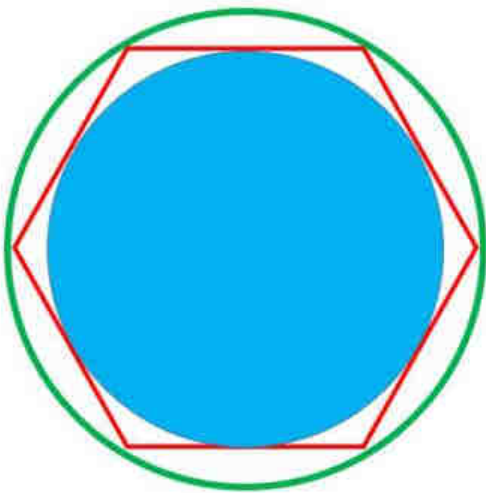
Plusieurs paramètres peuvent influencer les tolérances d'impression en dehors du choix de l'imprimante et de ses composants.

Calibration

Normalement la calibration est effectuée par le fabricant en usine et il n'est pas nécessaire de la refaire par la suite. Par contre dans le cas d'une RepRap ou d'une imprimante en kit c'est un incontournable. Il s'agit de comparer les mouvements commandés avec les déplacements réels mesurés pour ensuite déterminer les facteurs de correction nécessaire pour obtenir une bonne précision d'impression. Une fois que les correctifs sont incorporés dans le firmware et il n'est plus nécessaire de s'en soucier. Vous pourrez trouver plus d'information sur les étapes à suivre pour effectuer la [calibration](#).

Résolution des fichiers STL

Pour être imprimé, un modèle 3D doit être exporté depuis un logiciel de CAD vers le format STL. Le fichier STL est constitué d'un maillage de triangles représentant le modèle 3D. Les surfaces et les courbes sont transformées en polygones. Plus il y a de triangles pour définir une surface et plus la forme s'approchera de la surface idéale. Les fichiers plus précis sont également plus volumineux. Dans le cas contraire, une résolution faible de triangle peut entraîner des écarts importants avec la forme désirée.

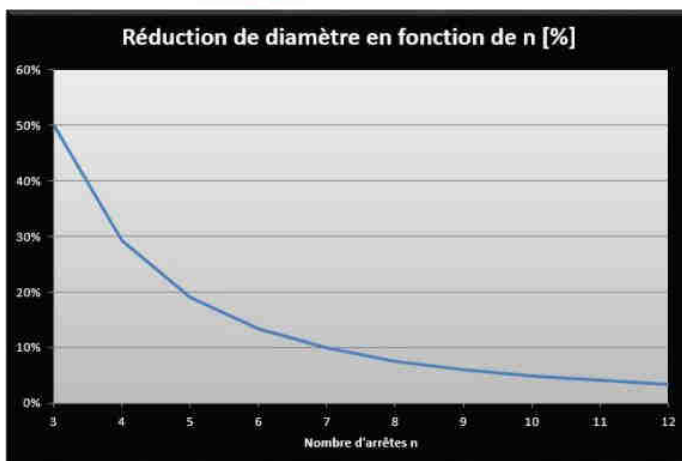


Les sommets des triangles sont situés sur la surface idéale tandis que le plan du triangle rejoint ces points directement avec un écart par rapport à la surface originale.

Dans le cas d'un trou, le diamètre d'une tige pouvant être inséré est restreint par les arêtes. On calcule la réduction de diamètre avec la formule suivante :

$$d_f = D_i \cos\left(\frac{\pi}{n}\right)$$

Où le diamètre final « d_f » (bleu) est réduit du diamètre initial « D_i » (vert) en fonction du nombre d'arêtes « n » définissant le cercle.



Une précision de 0,2 mm pour exporter un fichier STL offre un bon résultat d'impression tout en ayant une taille raisonnable. Il ne sert à rien d'augmenter la résolution au-delà de la résolution de l'imprimante.

Ce sont davantage les petits trous qui souffrent de cette réduction de diamètre et pour obtenir de bonnes dimensions il faut se résoudre à augmenter le diamètre dans le modèle 3d.

Une autre méthode implique d'augmenter le nombre de périmètres traçant la surface de façon à se donner de la marge afin de repérer les trous au diamètre voulu.