

La Bibliothèque ENGRENAGES

Education et formation

Version 2.0



Référence documentation : ENG200

Autres documentations disponibles :

- Le logiciel SwCad
- Les contenus des différentes bibliothèques.
- Le module Nomenclature
- Les modules d'animation

Notes sur la documentation :

Cette documentation existe au format WORD et Acrobat. Elle est disponible sur le site du logiciel à l'adresse <http://swcaddb.com> et sur le support d'installation **SwCadV4**. Les versions numériques aux différents formats contiennent des liens actifs repérés en bleu et soulignés, renvoyant à différentes parties de la documentation ou éventuellement à des sites Web extérieurs.

Pour toutes remarques ou suggestions concernant cette documentation, contacter l'adresse docs@swcaddb.com

Table des matières

Sommaire

Table des matières	2
Nouveautés et évolutions	3
Définition de la denture.....	5
Denture droite extérieure	5
Autres types de dentures	8
Crémaillère.....	9
Bibliographie et sources.....	10
Esquisses d'assemblage.....	11
Esquisse d'engrènement de deux roues à denture extérieure	12
Esquisse d'engrènement d'une roue à denture intérieure avec une roue à denture extérieure	13
Esquisse d'engrènement d'un train épicycloïdal à un ou plusieurs satellites.....	14
Esquisse d'engrènement d'une roue hélicoïdale et d'une vis sans fin	15
Esquisse d'engrènement de deux roues coniques.....	16
Esquisse d'engrènement d'une roue et d'une crémaillère.....	17
Esquisse d'engrènement de deux roues gauches.....	18
Exemple de création d'un assemblage.....	19
Animation des engrenages.....	21
Exemples de réalisations	21
Exemple de création d'un fichier d'animation au format AVI	24
Utilisation avec Méca3D et MotionWorks	25
Exemples de réalisations avec le logiciel MECA3D	25
Exemples de réalisations avec le logiciel MOTIONWORKS	27
Informations 'texte' dans les fichiers	28

Nouveautés et évolutions

La version 2.0 est intégrée dans le logiciel SwCad depuis la version SwCadV2.

Version 1.5

Nouveaux composants et esquisses d'assemblages :

- Roue spiro-conique, et roue à denture « zerol »
- Roue hélicoïdale pour vis sans fin
- Esquisse pour engrenage gauche : deux roues hélicoïdales à axes non parallèles

Calcul des roues avec déport de denture :

- Roues à denture droite extérieure et intérieure
- Esquisses pour engrenage corrigé avec et sans variation d'entraxe
- Roues hélicoïdales coniques et spiro-coniques

Améliorations et corrections d'erreurs :

- Correction de problème de génération de denture sur les roues coniques.
- Mise en place sur les roues d'éléments géométriques de positionnement supplémentaire.
- Modification des esquisses d'assemblages d'engrenages pour une mise en position relative des dents plus aisée.

Version 1.4

Améliorations et correction de bugs :

- Libération de certains champs de saisie de manière à rentrer des valeurs libres.
- Ajout de modules normalisés (champ de saisie toujours imposé dans une liste).
- Modification du module de calcul :

- Augmentation de la précision des calculs qui entraînait dans certains cas, des résultats approximatifs dans la première version.
- Correction d'une erreur sur la mise en position relative de deux roues à dentures hélicoïdales.

Ajout de nouveaux composants :

- Deux composants de type « Formes » qui permettent de rajouter une denture droite dans une pièce Solidworks existante. Possibilité de créer des engrenages à double denture.
- Quatre composants permettant de mettre en œuvre des systèmes roue/crémaillère :
 - Crémaillère à section rectangulaire
 - Crémaillère à section circulaire
 - Crémaillère pour roue hélicoïdale
 - Esquisse d'assemblage roue/crémaillère

Modification et adaptation des composants existants :

- Ajout sur certains composants d'éléments géométriques de positionnement (axes, plans médians ...)
- Ajout sur tous les composants, de surfaces permettant d'utiliser les pièces générées avec les logiciels de mécanique *Méca3D* et *MotionWorks*.

Insertion d'informations 'texte' dans les fichiers Solidworks générés :

Des informations 'texte' sont ajoutées sous formes de « propriétés personnalisées Solidworks » dans les fichiers générés : nombre de dents, module, angle de pression ...

Cette nouvelle possibilité est exploitable avec la version 1.4 ou supérieure du moteur logiciel SwCadDb.

Définition de la denture

Denture droite extérieure

Paramètres et formules de base :

m : module normalisé de la roue dentée

Z : nombre de dents de la roue dentée

α : angle de pression

x : coefficient de déport

Diamètre primitif : $D = m.Z$

Diamètre de base : $D_b = D.\cos \alpha$

Diamètre de pied : $D_p = D - 2,5m + 2.\delta$

Diamètre de tête : $D_t = D + 2m + 2.\delta$

Déport de denture : $\delta = x.m$

Equation de la développante de cercle :

M : point courant de la développante

$$X_m = \frac{D_b}{2}(\cos \theta + \theta \sin \theta)$$

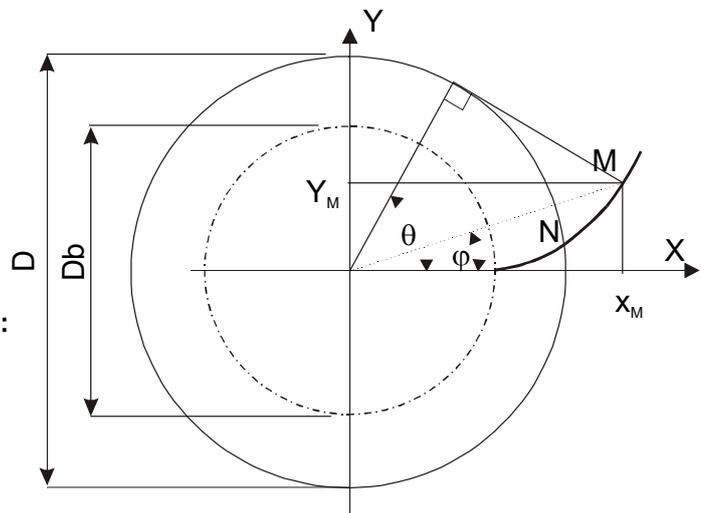
$$Y_m = \frac{D_b}{2}(\sin \theta - \theta \cos \theta)$$

Intersection avec le cercle de diamètre D :

N : point d'intersection avec le cercle

$$\theta_N = \sqrt{\left(\frac{D}{D_b}\right)^2 - 1}$$

$$\text{d'où } \varphi_N = \text{Arctg} \left(\frac{\sin \theta_N - \theta_N \cos \theta_N}{\cos \theta_N + \theta_N \sin \theta_N} \right)$$



DENT A DEFINITION MINIMALE (3 points de base)

La développante de cercle est remplacée par une Bspline passant par cinq points M',P',B, P, T définis de la manière suivante :

3 points de base sur la partie utile (BT) de la denture.

B point de départ de la développante de cercle pris sur le cercle de base D_b .

P point d'intersection du diamètre primitif D_p de la roue et de la développante de cercle.

T point d'intersection du diamètre de tête D_t de la roue et de la développante de cercle.

$$B : \left(\frac{D_b}{2}; \varphi_b = 0 \right) \quad P : \left(\frac{D_p}{2}; \varphi_p \right) \quad T : \left(\frac{D_t}{2}; \varphi_t \right)$$

P' est le symétrique de P par rapport à la droite verticale passant par B.

M' est le symétrique de M milieu du segment PT, par rapport à la droite verticale passant par B.

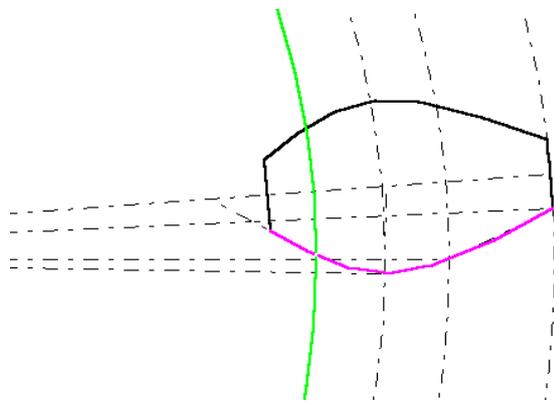
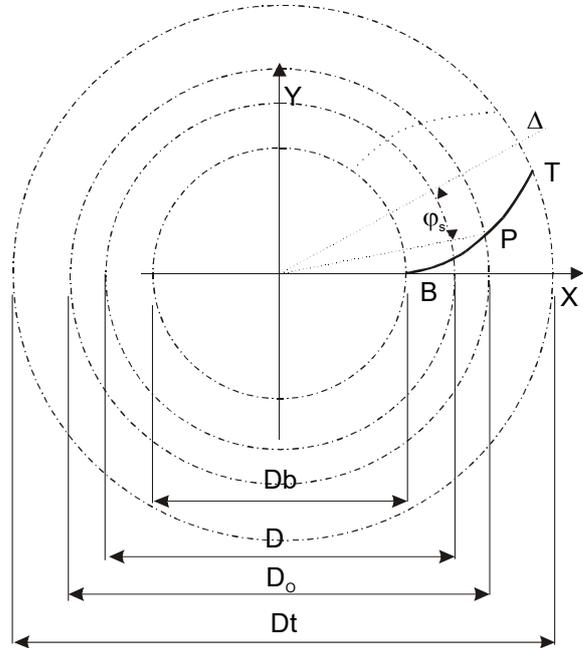
Les points P' et M' sont construits dans Solidworks grâce aux fonctions d'esquisse et aux relations géométriques.

La partie symétrique de la dent est construite dans Solidworks par symétrie par rapport à la droite Δ .

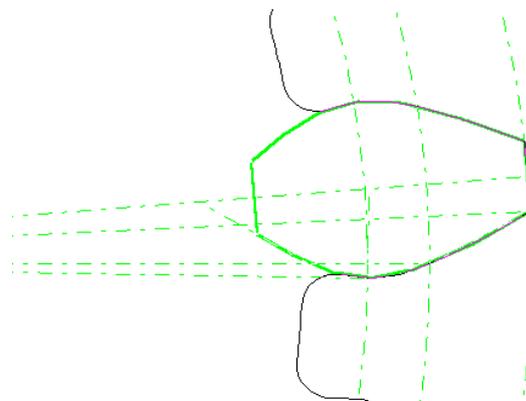
Cette dernière est définie par l'angle φ_s mesuré au niveau du diamètre de départ D_o :

$$D_o = m.Z + 2. \delta \quad \text{et} \quad \varphi_s = \frac{\pi}{2 \times Z}$$

Cette solution permet de garder une tangente horizontale de la courbe Bspline au niveau du point B et d'assurer une implantation suffisante de la dent dans le cas des nombres réduits de dents ($D_p < D_b$).



Exemple d'esquisse obtenue dans Solidworks.
En violet : Bspline de base
En vert : Diamètre de pied



Profil de la denture après extrusion finale et mise en place d'un congé de raccordement.

DENT A DEFINITION MOYENNE (5 points)

On ajoute aux trois points de base B,P et T définissant la partie utile de la denture, deux points intermédiaires supplémentaires I et J intersections entre la développante de cercle et les cercles

$$D_i = \frac{D_p + D_b}{2} \quad \text{et} \quad D_j = \frac{D_t + D_p}{2} \quad I : \left(\frac{D_i}{2}; \varphi_i \right) \quad J : \left(\frac{D_j}{2}; \varphi_j \right)$$

DENT A DEFINITION IMPORTANTE (9 points)

On ajoute aux cinq points de base B, P, T, I et J définissant la partie utile de la denture, quatre points intermédiaires supplémentaires K, L, M et N intersections entre la développante de cercle et les cercles

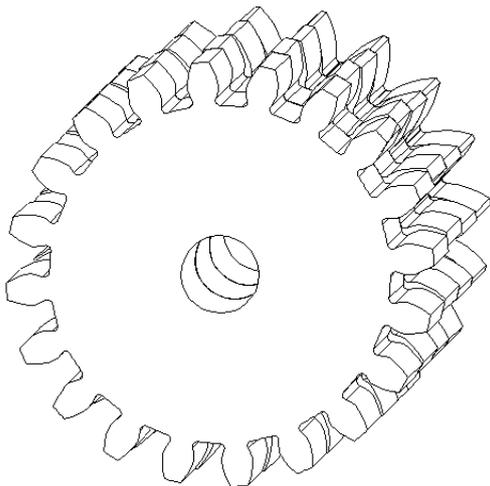
$$D_k = \frac{D_i + D_b}{2} \quad D_l = \frac{D_p + D_i}{2} \quad D_m = \frac{D_j + D_p}{2} \quad D_n = \frac{D_t + D_j}{2}$$

$$K : \left(\frac{D_k}{2}; \varphi_k \right) \quad L : \left(\frac{D_l}{2}; \varphi_l \right) \quad M : \left(\frac{D_m}{2}; \varphi_m \right) \quad N : \left(\frac{D_n}{2}; \varphi_n \right)$$

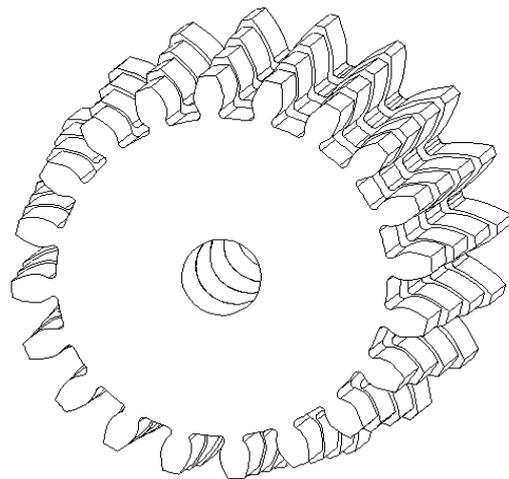
Rotation et positionnement angulaire de la roue :

On peut ramener le plan de symétrie de la dent la plus à droite de la roue (celle représentée ci-dessus) dans le plan horizontal en faisant tourner la roue dans le sens trigonométrique inverse d'un angle égal à $\varphi_s + \varphi_p$

A partir de la version 1.5, les plans « plan médian dent » et « plan médian creux » permettent de faciliter le positionnement angulaire de la roue.



Variation de la denture en fonction de l'angle de pression



Variation de la denture en fonction du coefficient de déport

Autres types de dentures

La même démarche est adoptée pour définir les autres types de dentures en adaptant toutefois les formules de base suivant les cas. Seul la précision de denture à 3 points de base sera utilisée pour ces types de dentures.

ROUE A DENTURE DROITE INTERIEURE

Inversion des formules donnant diamètre de tête et diamètre de pied soit :

$$\text{Diamètre de pied : } D_p = D + 2,5m + 2.\delta$$

$$\text{Diamètre de tête : } D_t = D - 2m + 2.\delta$$

ROUE A DENTURE HELICOÏDALE et ROUE POUR VIS SANS FIN

Utilisation des formules sur module apparent pour tracer le profil de denture soit :

Module réel : m

Angle de pression réel : α

Angle d'hélice : β

Déport de denture : $\delta = x.m$

Module apparent : $m_t = m / \cos \beta$

Angle de pression apparent : α_t

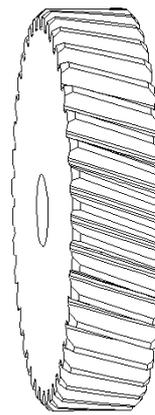
avec $\tan \alpha = \tan \alpha_t \cdot \tan \beta$

Diamètre primitif : $D = m_t \cdot Z$

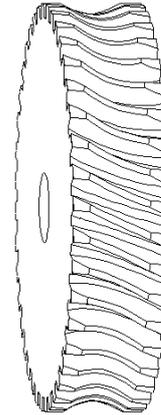
Diamètre de tête : $D_t = D + 2m + 2.\delta$

Diamètre de pied : $D_p = D - 2,5m + 2.\delta$

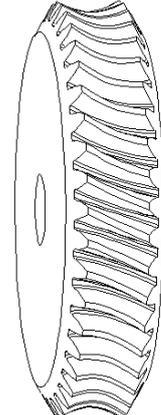
Diamètre de base : $D_b = D \cdot \cos \alpha_t$



roue à denture
hélicoïdale



roue pour vis sans
fin - modèle 1



roue pour vis sans
fin - modèle 2

ROUE CONIQUE

Définition des dentures sur le cône complémentaire :

Module : m

Angle de pression : α

Déport de denture : $\delta = x.m$

Angle primitif : δ

Diamètre primitif : $D = m Z$

Diamètre primitif sur cône complémentaire : $D_o = D / \cos \delta$

Diamètre de tête sur cône complémentaire : $D_{o_t} = D + 2m + 2.\delta$

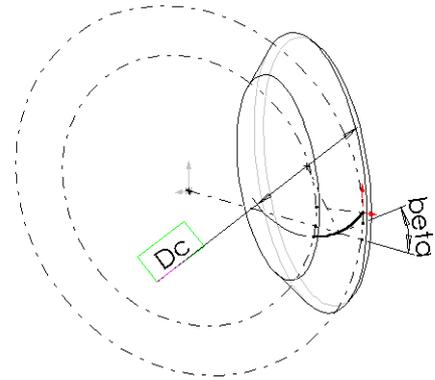
Diamètre de pied sur cône complémentaire : $D_{o_p} = D - 2,5m + 2.\delta$

Diamètre de base sur cône complémentaire : $D_{o_b} = D \cos \alpha$

ROUE SPIRO-CONIQUE

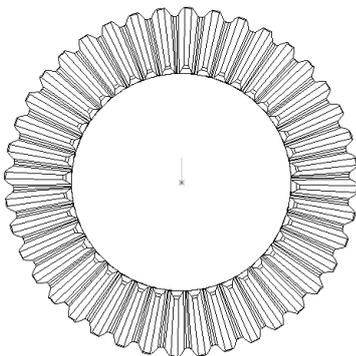
Utilisation de la géométrie classique des dents spirales Gleason, soit les mêmes formules que pour un engrenage conique avec en plus :

Angle de spirale : β
 Diamètre de fraise de taille : D_c

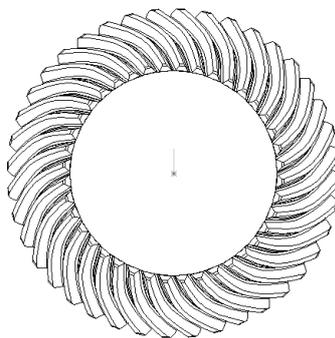


ROUE A DENTURE ZEROL

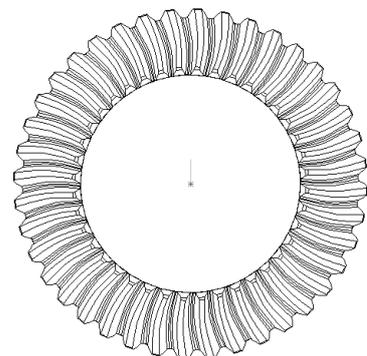
Cas particulier de la denture spirale avec $\beta = 0^\circ$



roue conique



roue spiro-conique



roue à denture zerol

Crémaillère

Définie à partir des caractéristiques d'une crémaillère de référence.

Crémaillère droite :

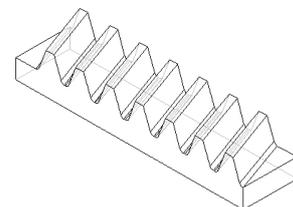
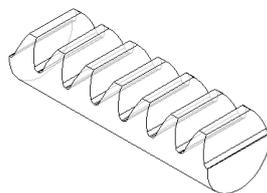
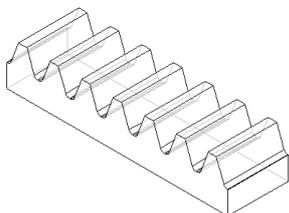
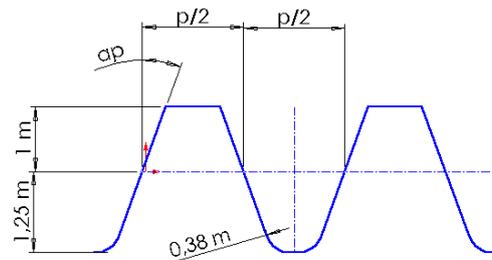
Module : m
 Angle de pression : α
 Nombre de dents : N_d

Positionnement de la ligne de référence :

$$P = \pi \cdot m \quad a_p = \alpha$$

Crémaillère pour roue hélicoïdale :

Le module m est remplacé par le module apparent m_t
 Module apparent : $m_t = m / \cos(\alpha_h)$
 Angle d'hélice de la roue : α_h



Bibliographie et sources

Techniques de l'ingénieur

B 635 à 638

BM 5 621 à 624

Etude géométrique des engrenages cylindriques

Jacques Dufailly – éditions Ellipses

Sites :

www.qtcgears.com

Quality Transmission Components ; accès à une librairie technique intéressante sur les engrenages.

www.bostongear.com

Documentation su les engrenages en anglais.

www.graessner.de

Fabriqueur de roues. Catalogues sur les roues coniques, spiro-coniques et hypoïdes.

www.gleason.com

Site fabricant de machines de taillage des engrenages spiro-coniques et hypoïdes.

Esquisses d'assemblage

Il existe plusieurs façons de mettre en position deux roues dentées (ou plus) dans un fichier assemblage Solidworks. Les méthodes retenues dans la bibliothèque ENGRENAGES sont les suivantes :

❑ Cas de systèmes à structure cinématique plane :

Construction d'une esquisse plane et mise en place de contraintes entre les plans principaux des roues et certains segments de l'esquisse. Chaque fichier contient de plus des équations permettant de gérer les points suivants :

- Equations géométriques liant les entre-axes et les diamètres.
- Condition de roulement sans glissement entre roues permettant d'assurer la bonne mise en place relative des dents.
- Equations cinématiques complémentaires (formule de Willis dans le cas des trains épicycloïdaux).

Voici la liste des fichiers assemblages prototypes utilisant cette méthode :

- [Esquisse d'engrènement d'un train épicycloïdal à un satellite](#)
- [Esquisse d'engrènement d'un train épicycloïdal à deux satellites](#)
- [Esquisse d'engrènement d'un train épicycloïdal à trois satellites](#)
- [Esquisse d'engrènement d'un train épicycloïdal à quatre satellites](#)
- [Esquisse d'engrènement d'une roue et d'une crémaillère](#)

❑ Cas général :

Construction d'une ou plusieurs esquisses de base, coplanaires ou non, et construction à partir de celles-ci des axes et des plans de référence de mise en position des roues (ou vis sans fin). Les contraintes sont ensuite définies entre les plans principaux des roues (ou vis sans fin) et ces axes et plans de référence.

Cette méthode reste plus souple car il est possible d'inverser le sens des associations de plans ou d'axes dans les contraintes mises en place et d'ajuster ainsi l'assemblage si des problèmes d'alignements ou d'orientation se produisent.

Ceci n'est pas possible par exemple dans le cas d'une contrainte faisant intervenir l'association d'une droite d'esquisse et d'un plan (contrainte non orientable).

Voici la liste des fichiers assemblages prototypes utilisant cette méthode :

- Esquisse d'engrènement de deux roues à denture extérieure (depuis version 1.5)
- Esquisse d'engrènement d'une roue à denture extérieure avec une roue à denture intérieure (depuis version 1.5)
- Esquisse d'engrènement d'une roue hélicoïdale et d'une vis sans fin
- Esquisse d'engrènement de deux roues coniques
- Esquisse d'engrènement de deux roues hélicoïdales gauches

La définition et le contenu de chaque fichier esquisse sont décrits en détail plus loin.

Ces fichiers sont générés grâce à la bibliothèque ENGRENAGES, à partir des paramètres des roues à insérer dans l'assemblage.

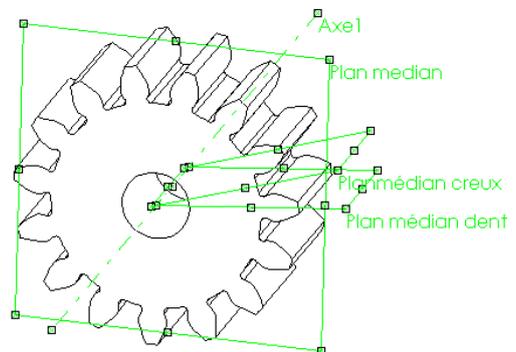
Une fois un de ces fichiers générés, il suffit d'y insérer les roues dentées ou autres éléments après les avoir générés avec la bibliothèque ENGRENAGES et de rajouter les contraintes géométriques les liant à l'esquisse. Les caractéristiques des roues doivent bien sûr correspondre à celle de l'esquisse du fichier généré.

Chaque composant de type roue est muni de deux plans médians de référence.

Un « plan médian dent » passant par le plan de symétrie de la dent de référence et

Un « plan médian creux » passant par le creux contigu à cette dent.

Ces deux plans permettent de positionner angulairement facilement la roue dans l'esquisse d'engrènement correspondante. Cette nouvelle méthode diffère de celle utilisée dans les versions précédentes de la bibliothèque.



Un exemple complet de création d'assemblage est décrit plus loin.

Plusieurs [fichiers exemples d'assemblages terminés](#) sont fournis avec le CD d'installation de la bibliothèque.

Esquisse d'engrènement de deux roues à denture extérieure

Nom du fichier assemblage prototype : [EngrenDroitExtExt_Esquisse.SLDASM](#)

Nom du fichier exemple d'assemblage terminé : [EngrenDroitExtExt.SLDASM](#)

$M = 0,5$; $Z1 = 20$; $Z2 = 16$; $k = 7$; $ap = 20^\circ$

Esquisse d'assemblage :

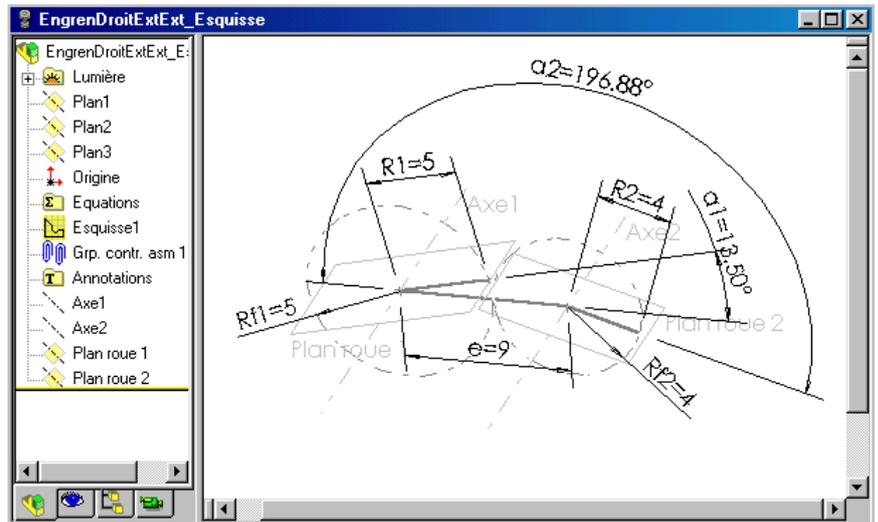
L'esquisse fait apparaître des éléments géométriques (axes et plans) permettant de mettre en place les contraintes de position des roues.

Valeurs à fournir à l'esquisse :

- Angle de rotation roue 1 : a_1
- Rayon primitif roue 1 : R1
- Rayon primitif roue 2 : R2

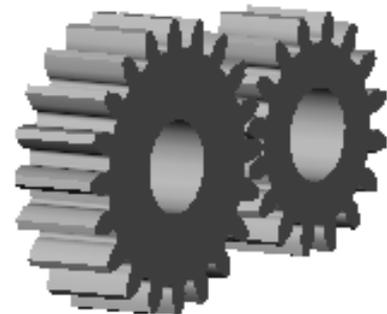
La valeur de a_1 est calculée de manière que la roue 1 ait sa dent la plus à droite coupée en deux parties symétriques par l'axe horizontal.

La valeur a_2 est calculée par les équations de roulement sans glissement. La valeur e est calculée par l'équation d'entre-axes.



Exemple de contraintes géométriques à rajouter :

- Plan 1 de l'assemblage et plan 1 de la roue 1 coïncidents
- Plan 1 de l'assemblage et plan 1 de la roue 2 coïncidents
- Axe 1 de la roue 1 et axe 1 de l'esquisse coïncidents
- Axe 1 de la roue 2 et axe 2 de l'esquisse coïncidents
- «Plan médian dent » de la roue 1 et « plan roue 1 » de l'esquisse parallèles
- «Plan médian creux » de la roue 2 et « plan roue 2 » de l'esquisse parallèles



Esquisse d'engrènement d'une roue à denture intérieure avec une roue à denture extérieure

Nom du fichier assemblage prototype :

[EngrenDroitExtInt_Esquisse.SLDASM](#)

Nom du fichier exemple d'assemblage terminé :

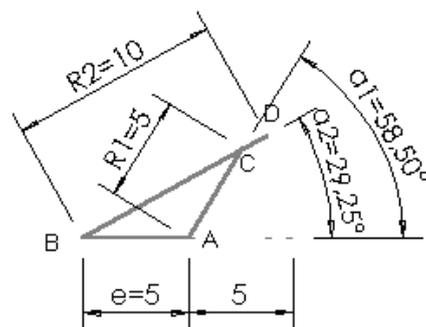
[EngrenDroitExtInt.SLDASM](#)

$M = 0,5 ; Z_1 = 20 ; Z_2 = 40 ; k = 7 ; a_p = 20^\circ$

Esquisse d'assemblage :

Valeurs à fournir à l'esquisse :

Angle de rotation roue 1 : a_1



Rayon primitif roue 1 : R1

Rayon primitif roue 2 : R2

La valeur de a_1 est calculée de manière que la roue 1 ait sa dent la plus à droite coupée en deux parties symétriques par l'axe horizontal.

La valeur a_2 est calculée par les équations de roulement sans glissement.

La valeur e est calculée par l'équation d'entre-axes.

Exemple de contraintes géométriques à rajouter :

Plan 1 de l'assemblage et plan 1 de la roue 1 coïncidents

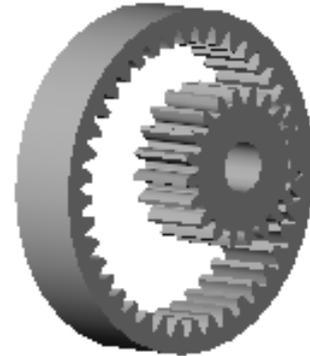
Plan 1 de l'assemblage et plan 1 de la roue 2 coïncidents

Axe 1 de la roue 1 et axe 1 de l'esquisse coïncidents

Axe 1 de la roue 2 et axe 2 de l'esquisse coïncidents

«Plan médian dent » de la roue 1 et « plan roue 1 » de l'esquisse parallèles

«Plan médian creux » de la roue 2 et « plan roue 2 » de l'esquisse parallèles



Esquisse d'engrènement d'un train épicycloïdal à un ou plusieurs satellites

Nom des fichiers assemblage prototype :

- EngrenDroitEpicycl1_Esquisse.SLDASM (un satellite)
- EngrenDroitEpicycl2_Esquisse.SLDASM (deux satellites)
- EngrenDroitEpicycl3_Esquisse.SLDASM (trois satellites)
- EngrenDroitEpicycl4_Esquisse.SLDASM (quatre satellites)

Nom des fichiers exemple d'assemblage terminé :

- EngrenDroitEpicycl1.SLDASM (un satellite)
- EngrenDroitEpicycl2.SLDASM (deux satellites)
- EngrenDroitEpicycl3.SLDASM (trois satellites)
- EngrenDroitEpicycl4.SLDASM (quatre satellites)

1 : planétaire ; 2 : satellite ; 3 : couronne

$M = 0,5$; $Z_1 = 20$; $Z_2 = 16$; $Z_3 = 52$; $k_1 = k_3 = 10$; $k_2 = 7$; $\alpha_p = 20^\circ$

Esquisse d'assemblage :

Valeurs à fournir à l'esquisse :

Angle du porte-satellite avec l'horizontale : α_{ps}

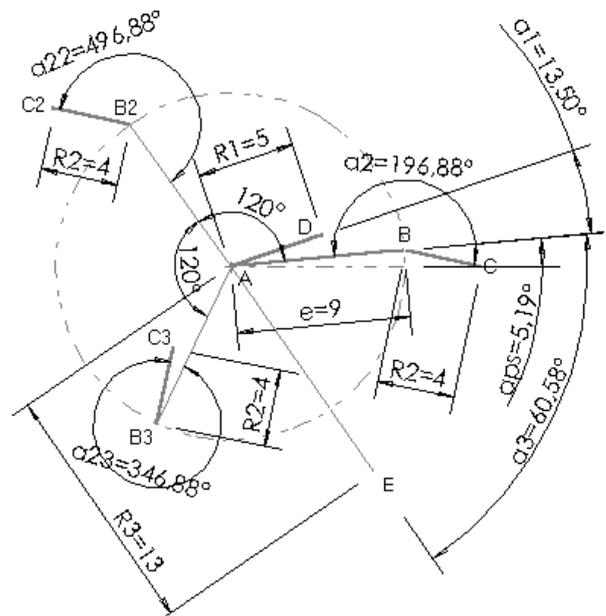
Angle de rotation roue 1 / porte satellite : a_1

Rayon primitif roue 1 : R1

Rayon primitif roue 2 : R2

Equations Solidworks :

La valeur de a_1 est calculée de manière que la roue 1 ait sa dent la plus à droite coupée en deux parties symétriques par l'axe du porte satellite.



Les valeurs a_2 , (a_{22}, a_{23}, \dots dans le cas de plusieurs satellites) et a_3 sont calculées par les équations de roulement sans glissement.

Les valeurs e et R_3 sont calculées par les équations d'entre-axes.

La valeur aps est calculée par la formule de Willis. La présence de cette équation permet de simuler le mouvement cinématique d'un train épicycloïdal. En supprimant cette équation, on obtient le mouvement d'un train simple à porte-satellite fixe.

Exemple de contraintes géométriques à rajouter :

- Plan 1 de l'assemblage et plan 1 de la roue 1 coïncidents.
- Plan 1 de l'assemblage et plan 1 de la roue 2 ($2', 2'', \dots$) coïncidents.
- Plan 1 de l'assemblage et plan 1 de la roue 3 coïncidents.

- Axe1 de la roue 1 et point A de l'esquisse coïncidents.
- Axe1 de la roue 2 (premier satellite) et point B de l'esquisse coïncidents.
- Axe1 de la roue $2'$ (deuxième satellite) et point B2 de l'esquisse coïncidents
- Axe1 de la roue $2''$ (troisième satellite) et point B3 de l'esquisse coïncidents...
- Axe1 de la roue 3 et point A de l'esquisse coïncidents.
- Plan 2 de la roue 1 et droite AD de l'esquisse parallèles.
- Plan 2 de la roue 2 et droite BC de l'esquisse parallèles.
- Plan 2 de la roue $2'$ et droite B2C2 de l'esquisse parallèles.
- Plan 2 de la roue $2''$ et droite B3C3 de l'esquisse parallèles.
- ...
- Plan 2 de la roue 3 et droite AE de l'esquisse parallèles (attention au sens : deux possibilités ...).



Un satellite



Deux satellites



Quatre satellites

Esquisse d'engrènement d'une roue hélicoïdale et d'une vis sans fin

Nom du fichier assemblage prototype :

[Roueviss_esquisse.SLDASM](#)

Nom des fichiers exemple d'assemblage terminé : [Roue-vis1F.SLDASM](#) (vis sans fin à 1 filet)
[Roue-vis2F.SLDASM](#) (vis sans fin à 2 filets)
[Roue-vis3F.SLDASM](#) (vis sans fin à 3 filets)
[Roue-vis4F.SLDASM](#) (vis sans fin à 4 filets)

$m = 1 ; Z = 20 ; Z_v = 1 \text{ filet} ; a_p = 20^\circ ; a_h = 20^\circ$

Esquisse, axes et plans d'assemblage :

Valeurs à fournir :

Entre-axes : e

Angle de rotation initial de la vis : a20 (entre Plan2 assemblage et Plan2-vis)

Equation donnant l'angle a1 (entre Plan2 assemblage et Plan2-roue) en fonction de a2

Position initiale de la roue :

Plan de symétrie de la dent la plus haute = plan3 ; d'où :

$$a_{10} = 90^\circ - \delta_s (*)$$

$$a_{20} = 180^\circ / Z_v$$

Equation d'engrènement :

Hélice à droite :

$$a_1 = a_2 \cdot Z_v / Z + K \text{ avec } K = a_{10} - a_{20} \cdot Z_v / Z$$

Hélice à gauche :

$$a_1 = -a_2 \cdot Z_v / Z + K \text{ avec } K = a_{10} + a_{20} \cdot Z_v / Z$$

Contraintes géométriques à rajouter :

Origine de la roue et point A de l'esquisse coïncidents.

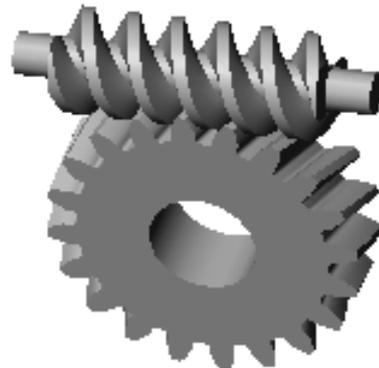
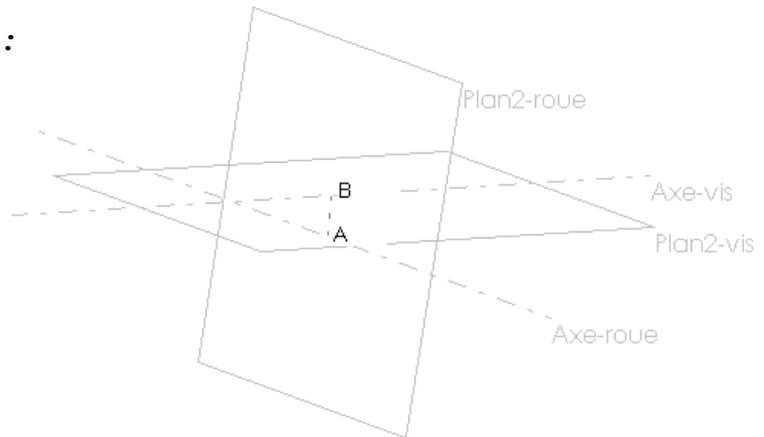
Axe1 de la roue et Axe-roue coïncidents.

Plan2 de la roue et plan2-roue coïncidents.

Origine de la vis et point B de l'esquisse coïncidents.

Axe1 de la vis et Axe-vis coïncidents.

Plan2 de la vis et Plan2-vis coïncidents.



Esquisse d'engrènement de deux roues coniques

Nom du fichier assemblage prototype :

[RouesConic_Esquisse.SLDASM](#)

Nom du fichier exemple d'assemblage terminé :

[RouesConic.SLDASM](#)

$m = 1 ; Z_1 = 20 ; Z_2 = 30 ; a_p = 20^\circ ; \text{Delt} = 90^\circ$

Esquisse, axes et plans d'assemblage :

Valeurs à fournir :

- Angle entre les axes des roues : $\Delta\alpha_0$
- Diamètres primitifs des roues 1 et 2 D_1 et D_2
- Angle de rotation initial de la roue1 : α_{10} (entre Plan1 assemblage et Plan1-roue1)
- Equation donnant l'angle α_2 (entre Plan1 assem

Position initiale de la roue1 :

Plan de symétrie de la dent la plus haute = plan1 assemblage ; d'où :

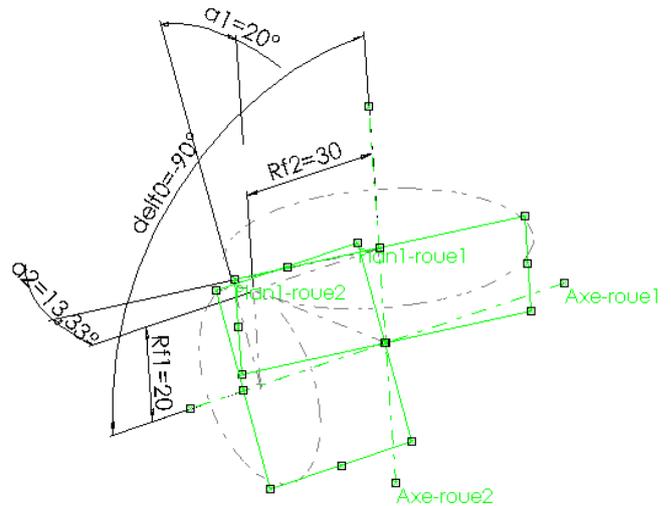
$$\alpha_{10} = 90^\circ - \delta_{S1} (*)$$

$$\alpha_{20} = 270^\circ - \delta_{S2} (*)$$

Equation d'engrènement :

Hélice à droite :

$$\alpha_2 = \alpha_1 \cdot Z_1/Z_2 + K \quad \text{avec } K = \alpha_{20} - \alpha_{10} \cdot Z_1/Z_2$$



Contraintes géométriques à rajouter :

Origine de la roue1 et origine de l'assemblage coïncidents.

Axe1 de la roue1 et Axe-roue1 coïncidents.

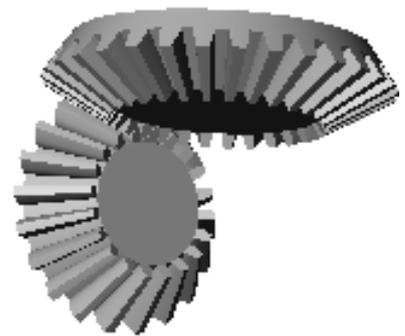
« Plan médian dent » de la roue1 et plan1-roue1 coïncidents.

Origine de la roue2 et origine de l'assemblage coïncidents.

Axe1 de la roue2 et Axe-roue2 coïncidents.

« Plan médian creux » de la roue2 et plan1-roue2 coïncidents.

(*) voir chapitre I 'Définition de la denture' pour la valeur et la définition de δ_s



Esquisse d'engrènement d'une roue et d'une crémaillère

Nom du fichier assemblage prototype :

[Rouescrem_esquisse.SLDASM](#)

Nom du fichier exemple d'assemblage terminé :

[RouesCremcyl.SLDASM](#)

$m = 1$; $Z = 16$; $N_d = 8$; $\alpha_p = 20^\circ$

Esquisse d'assemblage :

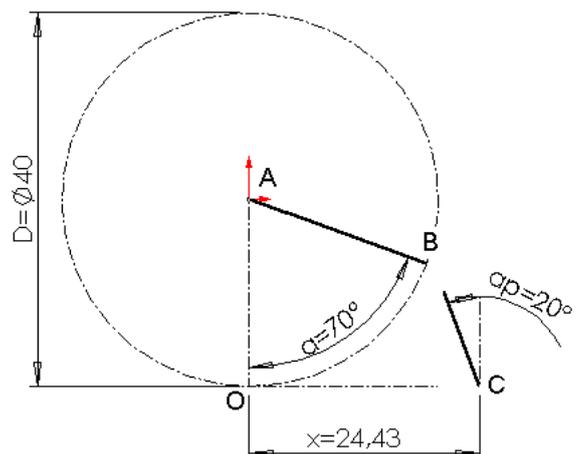
Valeurs à fournir à l'esquisse :

Module commun : m

Nombre de dents de la roue : Z

Angle de pression : α_p

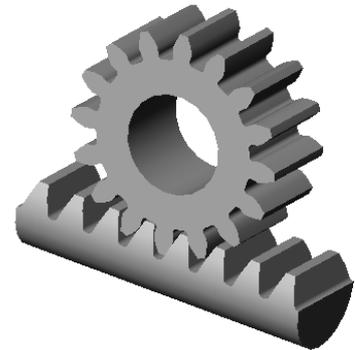
Angle d'hélice de la roue : α_h



Type de pilotage pour une éventuelle animation de l'assemblage (roue ou crémaillère pilotante).

Contraintes géométriques à rajouter :

- Plan 1 de l'assemblage et plan médian de la roue coïncidents.
- Plan 1 de l'assemblage et plan médian de la crémaillère coïncidents.
- Axe1 de la roue et point A coïncidents.
- Plan 2 de la crémaillère et droite OC coïncidents.
- Plan 2 de la roue et droite AB parallèles.
- Un des plans inclinés de la crémaillère et point C coïncidents .



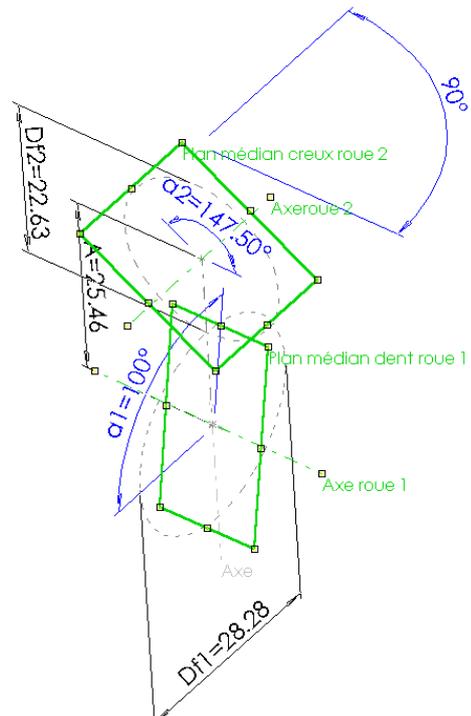
Esquisse d'engrènement de deux roues gauches

Nom du fichier assemblage prototype : ENgrenGauche_esquisse.SLDASM
 Nom du fichier exemple d'assemblage terminé : RouesGauches.SLDASM

$m = 1$; $Z1 = 16$; $Z2 = 16$ $Nd = 8$; $ah1 = ah2 = 45^\circ$ sens : D

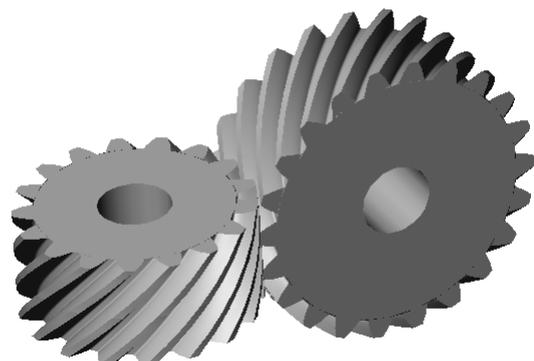
Esquisse d'assemblage :

- Valeurs à fournir à l'esquisse :
- Module commun : m
- Nombre de dents de la roue 1 : Z1
- Nombre de dents de la roue 2 : Z2
- Angle d'hélice de la roue 1 : ah1
- Angle d'hélice de la roue 2 : ah2
- Sens des hélices



Contraintes géométriques à rajouter :

- Axe1 de la roue1 et Axe-roue1 coïncidents.
- Axe1 de la roue2 et Axe-roue2 coïncidents.
- Origine roue 1 et centre cercle Esquisse1 assemblage coïncidents.
- Origine roue 2 et centre cercle Esquisse2 assemblage coïncidents.
- « Plan médian dent » de la roue1 et « plan médian dent roue 1 » assemblage coïncidents.
- « Plan médian creux » de la roue2 et « plan1 médian dent roue 2 » assemblage coïncidents.



Exemple de création d'un assemblage

Création des roues d'un train épicycloïdal ayant les caractéristiques suivantes :

Module $m = 1$

Angle de pression $\alpha = 20^\circ$

Nombre de dents du planétaire : $Z1 = 20$

Nombre de dents d'un satellite : $Z2 = 16$

Nombre de satellites : 3

Coefficient de largeur de denture commune : $k = 7$

Etape 1 : Création de l'esquisse et du fichier Assemblage

- Choisir dans la bibliothèque 'Engrenages' l'élément 'Assemblage train épicycloïdal'.
- Choisir ensuite les dimensions correspondant à l'exemple : $m=1$ $Z1=20$ $Z2=16$ $ns = 3$. L'esquisse étant plane, le coefficient k n'est pas demandé ici.
- Appuyer sur la touche 'Calculer' . Ceci permet de calculer les dimensions manquantes. Noter le nombre de dents de la couronne $Z3 = 52$. Le programme de calcul vérifie au passage, la possibilité de montage du train (loi du 'haricot' - essayez par exemple $Z1=20$; $Z2=15$; $ns = 3$...).
- Si le calcul est valide, un nom de fichier est généré et la touche 'Insérer' activée. Vous pouvez éventuellement modifier le nom de fichier.
- Appuyer sur la touche 'Insérer' pour lancer la génération de l'assemblage dans *Solidworks*.

Etape 2 : Création des roues du montage (fichiers pièces).

- Choisir dans la bibliothèque 'Engrenages' l'élément 'Engrenage droit à denture extérieure'
- Choisir ensuite les dimensions correspondant au planétaire : $m=1$; $Z1=20$; $\alpha=20^\circ$; $k = 7$. Si vous ne choisissez pas de diamètre de pré-perçage de la roue 'Pp', celui-ci sera calculé automatiquement.
- Appuyer sur la touche 'Calculer' pour calculer les dimensions manquantes.
- Appuyer sur la touche 'Insérer' pour lancer la génération du fichier Pièce *Solidworks* correspondant au planétaire
- Refaire le même travail pour le satellite : $m=1$ $Z1=16$ $\alpha=20^\circ$ $k = 7$. Ne générer qu'un seul satellite.
- Choisir dans la bibliothèque 'Engrenages' l'élément 'Engrenage droit à denture intérieure'.
- Choisir ensuite les dimensions : $m=1$ $Z3=52$ $\alpha=20^\circ$ $k = 7$. Si vous ne choisissez pas de diamètre extérieur 'Dc' pour la couronne, un diamètre minimal sera calculé automatiquement.
- Appuyer sur la touche 'Calculer' puis sur la touche 'Insérer' pour lancer la génération du fichier Pièce *Solidworks* correspondant à la couronne.

Etape 3 : Assemblage des roues dans le fichier Esquisse-assemblage

- Utiliser la fonction *Solidworks* 'Fenêtre / Mosaïque horizontale' pour faire apparaître à l'écran l'ensemble des fichiers. Faire glisser les trois fichiers pièces (planétaire, satellite, couronne) dans le fichier Esquisse-assemblage. Agrandir la fenêtre du fichier Esquisse-assemblage.
- La première pièce insérée dans un assemblage *Solidworks* est considérée comme fixe dans le repère principal et un petit (f) apparaît devant son nom dans l'arbre de création. Libérer cette pièce en cliquant sur son nom dans l'arbre de création avec le bouton droit de la souris et en choisissant l'option de menu 'Libérer'.
- Dupliquer deux fois la pièce correspondant au satellite en la sélectionnant dans l'arbre de création puis en utilisant les fonctions du menu 'Edition / Copier' puis 'Edition / Coller' (deux fois).
- Rajouter les contraintes géométriques de la manière expliquée précédemment à la rubrique 'ESQUISSE D'ENGRENEMENT D'UN TRAIN EPICYCLOÏDAL A UN OU PLUSIEURS SATELLITE'. Attention aux conditions d'alignement lors de la mise en coïncidence d'un plan (d'une roue) et d'une droite (de l'esquisse). *Solidworks* choisit la solution 'la plus proche' rapprochant plan et droite. Dans certains cas, vous devrez faire tourner manuellement la roue autour de son axe avant d'appliquer la contrainte d'assemblage pour obtenir la bonne mise en coïncidence.
- Sauvegarder le fichier Assemblage final.

Animation des engrenages

A partir des esquisses d'assemblage créées par la bibliothèque ENGRENAGES, il est possible d'animer facilement des systèmes de plusieurs roues ou vis sans fin. Les assemblages étant entièrement contraints, il suffit de modifier une cote pour faire varier la position relative des roues ou vis sans fin. La cote choisie sera la cote angulaire précisant la position de la roue ou de la vis sans fin d'entrée du mécanisme.

L'utilitaire [d'animations](#) fourni avec la bibliothèque *SwCadV4*, permet de faire varier par programmation de manière interactive et itérative une cote Solidworks. Son fonctionnement est décrit en détail plus loin.

Un exemple complet de création d'un fichier animation au format AVI à partir de l'utilitaire [d'animations](#) et de *SolidWorks Animator* est présenté en détail à la fin de ce chapitre.

Exemples de réalisations

Les fichiers animation au format AVI présentés ci-après ont été réalisés à partir de la bibliothèque ENGRENAGES, de *PhotoWorks* pour les textures, de l'utilitaire d'animations et *Solidworks Animator* pour l'animation et l'enregistrement. Ces fichiers sont téléchargeables sur le site SwCadDb.

Note : *les fichiers au format vidéo AVI présents sur le CD, utilisent le codec de compression Intel Indeo R3.2.*

Roue et vis sans fin à deux filets :

Paramètre Photoworks :

Scène : fond Style dégradé
 Couleur de dessus : Rouge
 Couleur de dessous : Blanc
 Lumière : Afficher les ombres
 Matériaux : Textures calculées
 Vis sans fin : laiton poli



Roue : Chrome

Paramètres de variation de l'angle d'entrée :

Nom de la cote : D1@Plan2-vis

Valeur initiale : 10°

Incrément : 15°

Nombre de positions : 24

Paramètres Solidworks Animator :

Nom de fichier : CRoue-vis2F.avi

Saisie à partir de : Mémoire tampon Photoworks

Compression : Intel Indeo (R) Video R 3.2 Qualité de compression : 100%

Engrènement de deux roues coniques :

Paramètre Photoworks :

Scène :fond Style dégradé

Couleur de dessus : Vert

Couleur de dessous : Blanc

Lumière : Afficher les ombres

Matériaux : Textures calculées

Les deux roues : acier usiné

Paramètres de variation de l'angle d'entrée :

Nom de la cote : D1@Plan1-roue1

Valeur initiale : 10°

Incrément : 15°

Nombre de positions : 24

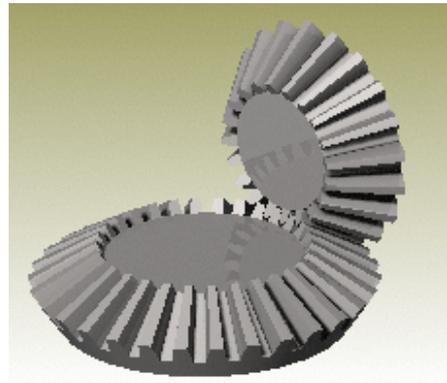
Paramètres Solidworks Animator :

Nom de fichier : CRouesConic.avi

Saisie à partir de : Mémoire tampon Photoworks

Compression : Intel Indeo (R) Video R 3.2

Qualité de compression : 100%



Train épicycloïdal à trois satellites :

Paramètre Photoworks :

Scène :fond Style dégradé

Couleur de dessus : Bleu

Couleur de dessous : Blanc

Lumière : Afficher les ombres

Matériaux : Textures calculées

Satellites : laiton poli

Planétaire et couronne : Chrome

Paramètres de variation de l'angle d'entrée :

Nom de la cote : a1@Esquisse1

Valeur initiale : 10°

Incrément : 5°

Nombre de positions : 30

Paramètres Solidworks Animator :

Nom de fichier : CTrainEpicycl3.avi

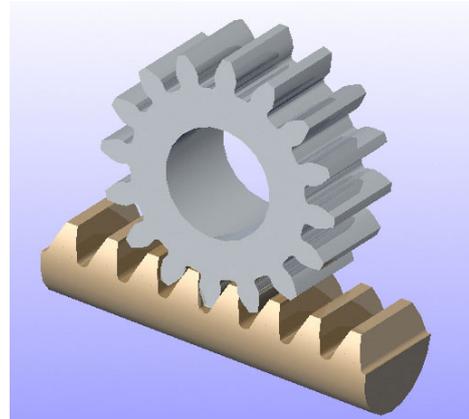
Saisie à partir de : Mémoire tampon Photoworks



Compression : Intel Indeo (R) Video R 3.2 Qualité de compression : 100%
Engrènement d'une roue et d'une crémaillère :

Paramètre Photoworks :

Scène :fond Style dégradé
Couleur de dessus : Blanc
Couleur de dessous : Bleu
Lumière : Afficher les ombres
Matériaux : Textures calculées
Crémaillère : laiton poli
Roue : Chrome



Paramètres de variation de l'angle d'entrée :

Nom de la cote : a@Esquisse1

Paramètres Solidworks Animator :

Nom de fichier : Roucrem.avi
Saisie à partir de : Mémoire tampon Photoworks
Compression : Intel Indeo (R) Video R 3.2 Qualité de compression : 100%

AUTRES REALISATIONS :

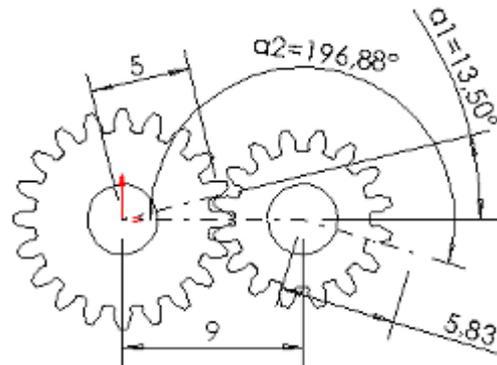


Exemple de création d'un fichier d'animation au format AVI

Nous allons utiliser pour cela un des fichiers d'exemples d'assemblages fourni avec la bibliothèque ENGRENAGES.

Le fichier 'EngrenDroitExtExt.SLDASM' représente l'assemblage de deux roues dentées à denture droite extérieure. Les roues sont entièrement immobilisées dans l'assemblage par des contraintes et des équations liant les différentes cotes.

La modification de la cote angulaire $a1$ entraîne la rotation de la roue gauche (contrainte d'assemblage) et la modification de l'angle $a2$ (Equation) qui entraîne la rotation de la roue droite (contrainte d'assemblage).



Le nom complet de la cote $a1$ est obtenu en regardant le menu propriété d'une cote soit : `a1@Esquisse1`

Simulation du mouvement :

Lancer le programme d'animation et entrer les paramètres ci-dessous :

- Nom complet de la cote à modifier : `a1@Esquisse1`
- Type de cote : Cote angulaire
- Valeur initiale : $13,5^\circ$
- Incrément : 15°
- Nombre de positions : 24

Démarrer la simulation à partir de la barre d'animation intuitive du module d'animation. On obtient la rotation complète de la roue gauche entraînant la roue droite.

Enregistrement de l'animation :

Régler la rotation de la vue et les dimensions de la fenêtre pour obtenir l'image désirée

Démarrer la capture d'écran *Solidworks Animator*

- Nom de fichier : EngrenDroitExtExt.avi
- Saisie à partir de : l'écran Solidworks
- Compression : Intel Indeo (R) Video R 3.2 Qualité de compression : 100%

Appuyer sur la touche 'Modifier' de l'utilitaire d'animation.

A la fin de l'animation, arrêter la capture d'écran.

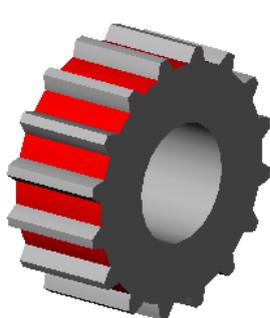
Utilisation avec Méca3D et MotionWorks

Chacun des composants de type 'pièce' de la bibliothèque contient une surface primitive, permettant de l'utiliser avec les logiciels de mécanique *Méca3D* et *MotionWorks*. Ces surfaces primitives permettent de définir facilement les liaisons entre roues ou entre roue et crémaillère.

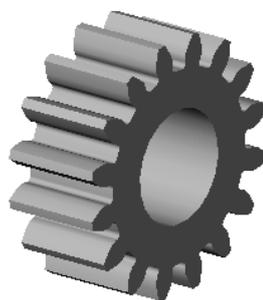
Les composants concernés sont les suivants :

- | | |
|--------------------------------------|-------------------|
| ▪ Engrenage à denture extérieure | Cylindre primitif |
| ▪ Engrenage à denture intérieure | Cylindre primitif |
| ▪ Engrenage à denture hélicoïdale | Cylindre primitif |
| ▪ Engrenage conique et spiro-conique | Cône primitif |
| ▪ Crémaillère | Plan primitif |

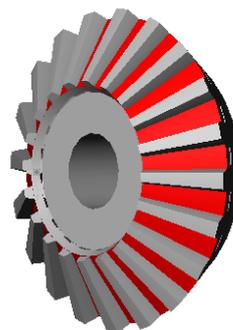
La surface primitive existe dans chaque composant avec l'attribut « supprimé » ; elle n'est donc pas visible. Pour créer une liaison *Méca3D* ou *MotionWorks* il suffit de rendre la surface primitive visible le temps de la définition de la liaison puis de valider de nouveau le mode « supprimé » de manière à rendre au composant ses formes initiales. Les surfaces primitives sont représentées en rouge dans les composants.



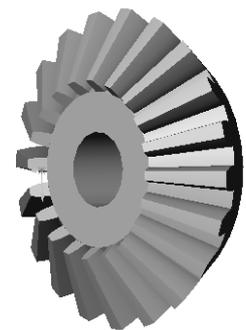
Cylindre primitif visible



Engrenage normal



Cône primitif visible



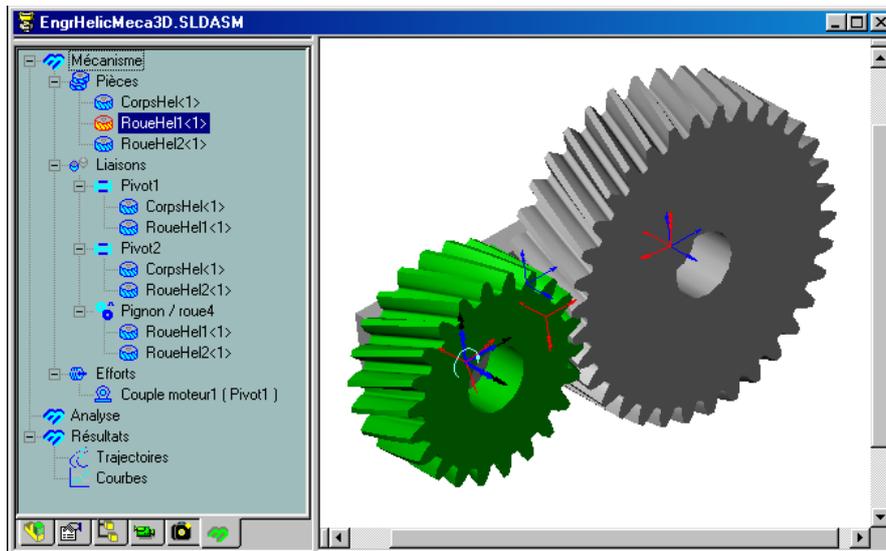
Engrenage conique normal

Exemples de réalisations avec le logiciel MECA3D

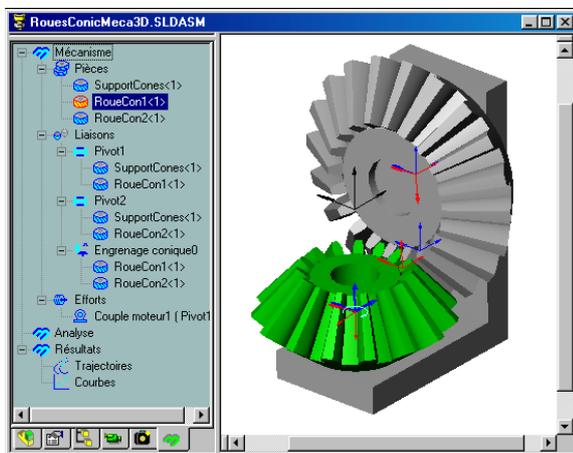
Ces exemples se trouvent sur le CD d'installation de la bibliothèque « Engrenages ».

Les liaisons *Méca3D* concernées sont les suivantes :

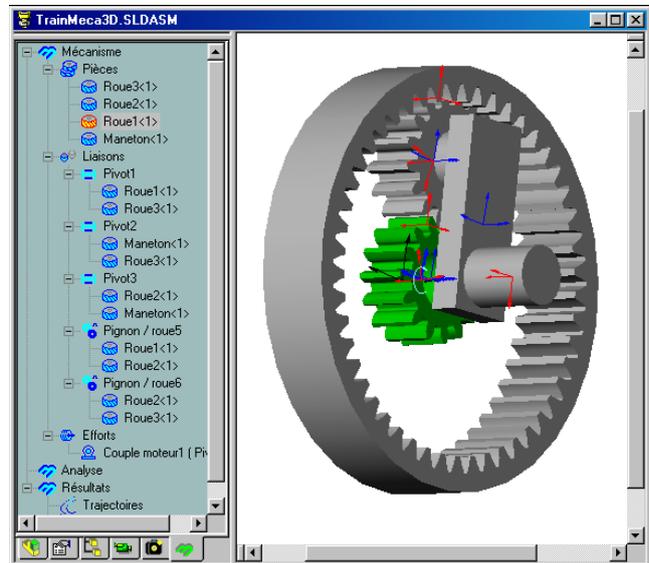
- Engrenage cylindrique
- Engrenage conique
- Roue / vis
- Pignon / crémaillère



Fichier : *EngrHelicMeca3D.SLDASM*



Fichier : *RouesConicMeca3D.SLDASM*



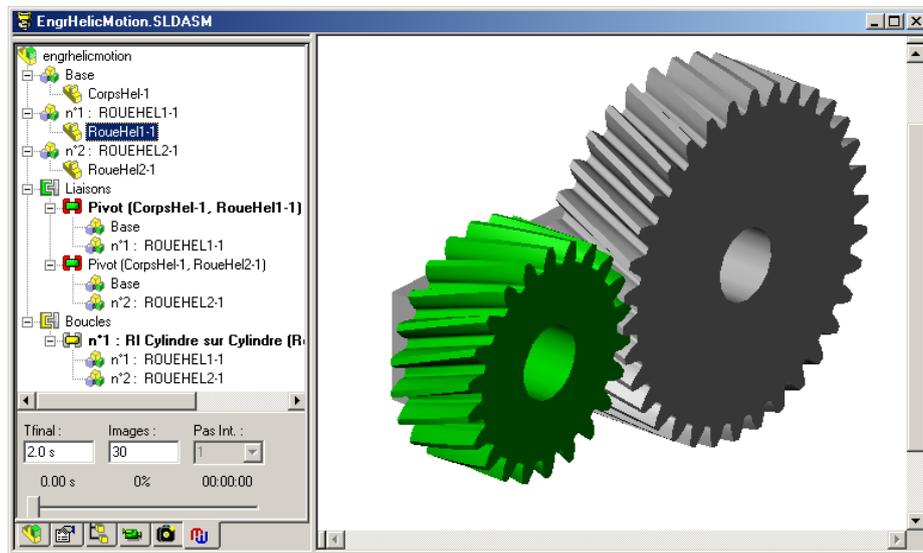
Fichier : *TrainMotion.SLDASM*

Exemples de réalisations avec le logiciel MOTIONWORKS

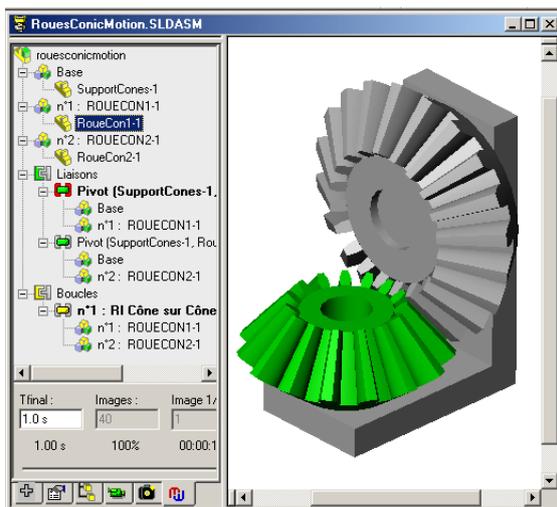
Ces exemples se trouvent sur le CD d'installation de la bibliothèque « Engrenages ».

Les liaisons *MotionWorks* concernées sont les suivantes :

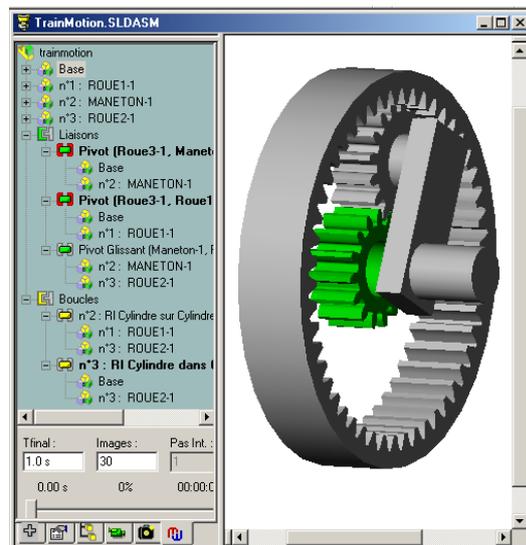
- Roulement Cylindre sur cylindre
- Roulement Cylindre dans cylindre
- Roulement Cylindre sur plan
- Roulement Cône sur Cône



Fichier : EngrHelicMotion.SLDASM



Fichier : RouesConicMotion.SLDASM



Fichier : TrainMotion.SLDASM

Informations 'texte' dans les fichiers

Lors de la génération d'un composant SwCad, des informations textuelles sont insérées dans le fichier généré sous forme de propriétés Solidworks.

Ces propriétés sont accessibles à partir du menu Solidworks :

Fichier/Propriété/Personnaliser

Il est alors possible de retrouver, pour chaque composant généré, les caractéristiques et paramètres de création du composant.

