

La conception fonctionnelle

ÉRIC FRICOT^[1]

Les modelleurs volumiques sont des outils indispensables de la modélisation géométrique. Ils ont franchi un nouveau cap en présentant des fonctions d'aide à la conception permettant d'intégrer directement un engrenage, un ressort, un arbre sans qu'on ait à le dessiner, avec en prime une aide au dimensionnement.

Les modelleurs volumiques paramétrés ont fortement évolué ces dernières années, mais qu'est-ce que ces évolutions ont apporté de vraiment novateur ?

Certes, les interfaces se sont sophistiquées et sont devenues plus ergonomiques (bandeaux, limitation des barres d'outils). Certes, la plupart des modelleurs ont intégré des simulateurs dynamiques, des bibliothèques, du routage de fils et tuyaux, des simulations d'éléments finis, des applications de tôlerie et soudage, de surfaces, de rendus réalistes, d'éco-conception... Mais la base reste la même ; il s'agit toujours d'assembler des pièces, paramétriques ou non, en vue d'établir des documents de communication ou de simuler un mécanisme.

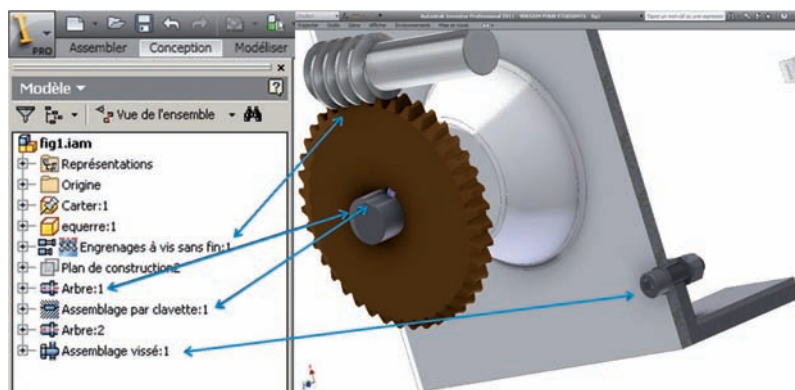
Certains logiciels fonctionnent à partir d'un historique, d'assemblage ou de création de pièces, apparaissant sous la forme d'un arbre de construction afin que l'on puisse l'éditer pour le modifier. D'autres permettent les modifications par accrochage

mots-clés

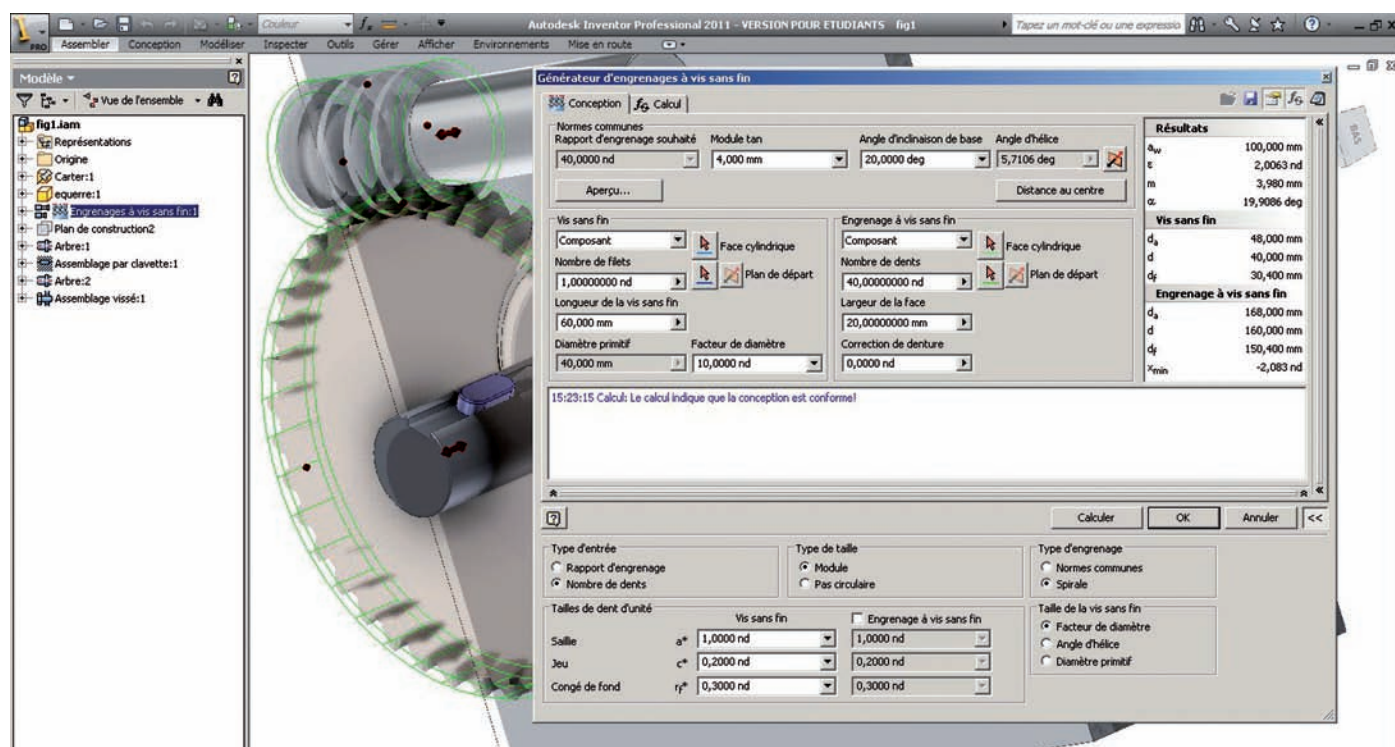
CAO, conception, pédagogie

et déplacement d'une arête, d'une surface ou d'un groupe d'éléments.

Autodesk, dès les premières versions d'Inventor, a apporté quelques innovations intéressantes en mode « assemblage », comme des contraintes automatiques de mouvements de types vis-écrou, crémaillère, engrenage, came, ou même une détection en temps réel des mouvements possibles des pièces en fonction de leurs formes en contact. Il est de surcroît très facile de piloter ces contraintes en mode « assemblage » afin de créer une vidéo du fonctionnement du mécanisme.



1 Les fonctions mécaniques dans l'arbre de construction



2 La boîte de dialogue de la fonction « engrenage à vis sans fin »

avec Autodesk Inventor

Mais ce qu'apporte de vraiment nouveau Autodesk Inventor, depuis quelques années déjà, c'est ce que je nommerais la *conception fonctionnelle*. Dans l'arbre de construction, on voit toujours apparaître des pièces et leurs contraintes mécaniques associées, mais aussi des fonctions mécaniques telles que des liaisons complètes ou des transmissions de mouvement **1**. Il ne s'agit plus de modifier des pièces ou des contraintes, mais bien de définir des fonctions mécaniques à assurer. L'édition de ces fonctions s'effectue, par le biais de simples boîtes de dialogue **2**, en en modifiant les données d'entrée ou de sortie **3**. On peut aussi accéder à la configuration de la fonction elle-même **4**, en changeant par exemple le type d'un boulon d'écrou ou d'une rondelle, ou encore le passage de un à deux filets pour un système roue et vis sans fin.

L'intérêt pédagogique

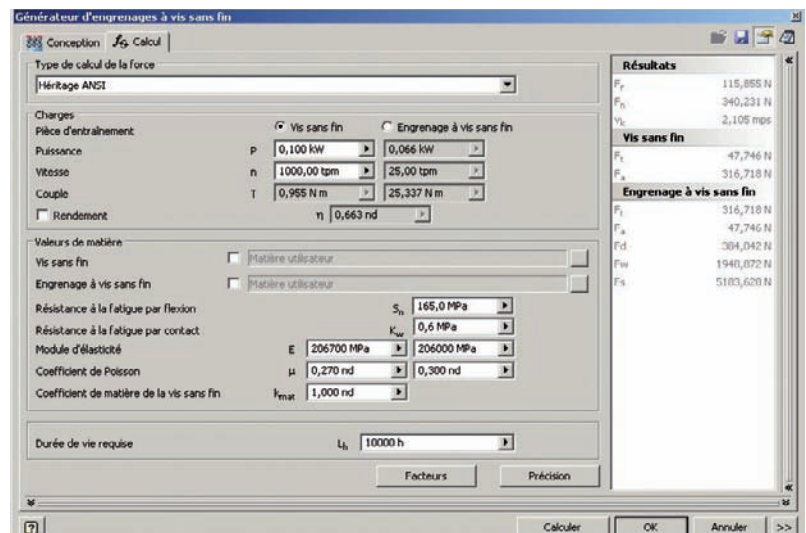
Avec la rénovation des sciences industrielles au lycée, nous allons devoir trouver des solutions pour que les élèves abordent la conception en 3D rapidement, en minimisant le temps de formation sur les logiciels, sans s'écarter des fondamentaux. Autodesk Inventor peut nous y aider.

L'enseignant ayant préparé des modèles numériques comportant les fonctions mécaniques qu'il désire aborder avec les élèves **5**, ces derniers peuvent, avec très peu d'informations préalables, consulter ces fonctions et y apporter des modifications dont ils constateront les résultats dans des boîtes de dialogue simples sans passer par une simulation dynamique complexe **6**.

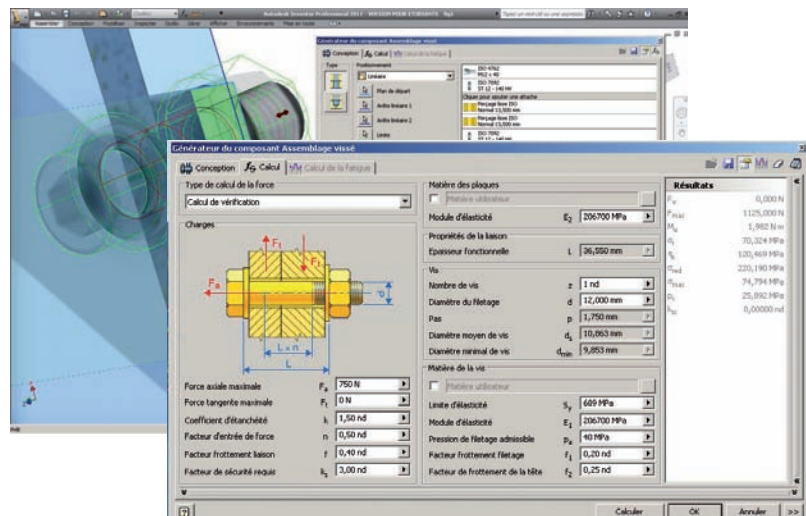
Toutefois, l'un n'empêche pas l'autre, et la transmission par engrenage cylindrique (droit ou hélicoïdal) est directement récupérée en simulation dynamique. L'élève n'a qu'à se soucier du rapport dans la boîte de dialogue, puis à passer en mode « simulation dynamique » afin de constater l'effet sur les courbes.

Le nombre des fonctions mécaniques modélisables est tel que l'enseignant n'a que l'embarras du choix pour préparer son cours. La figure **7** présente un échantillon des fonctions disponibles, avec chaque fois le même principe de calcul via la boîte de dialogue et une aide vidéo contextuelle.

La modélisation de pièces n'est pas à la traîne. Le générateur d'arbre permet la réalisation rapide des volumes. Il suffit de renseigner les diamètres, les longueurs des parties cylindriques de l'arbre souhaité et les efforts appliqués sur ces parties pour que le modèle 3D soit automatiquement créé, avec les calculs de RdM et graphes associés **8**.



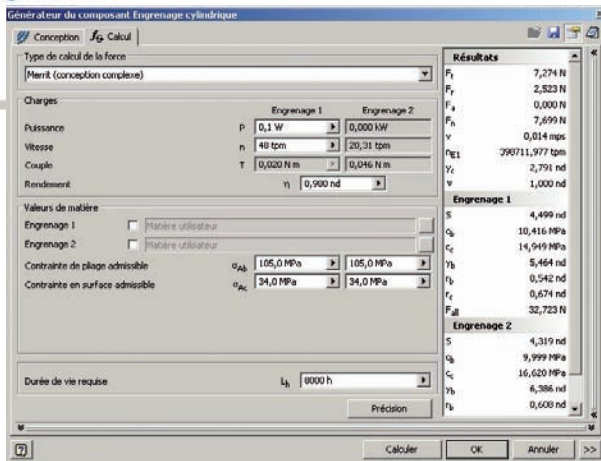
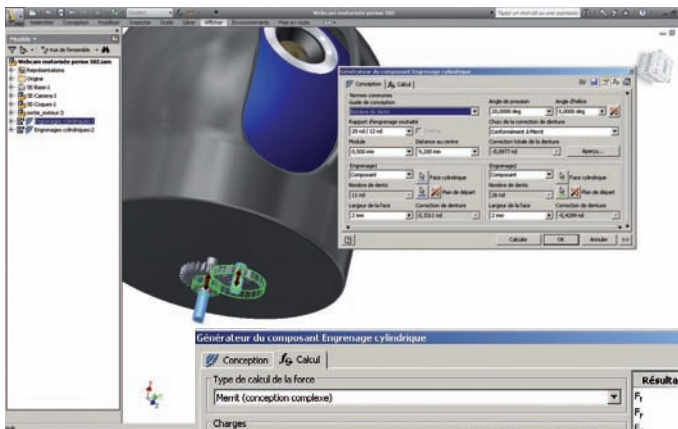
3 Les données de la fonction « engrenage à vis sans fin »



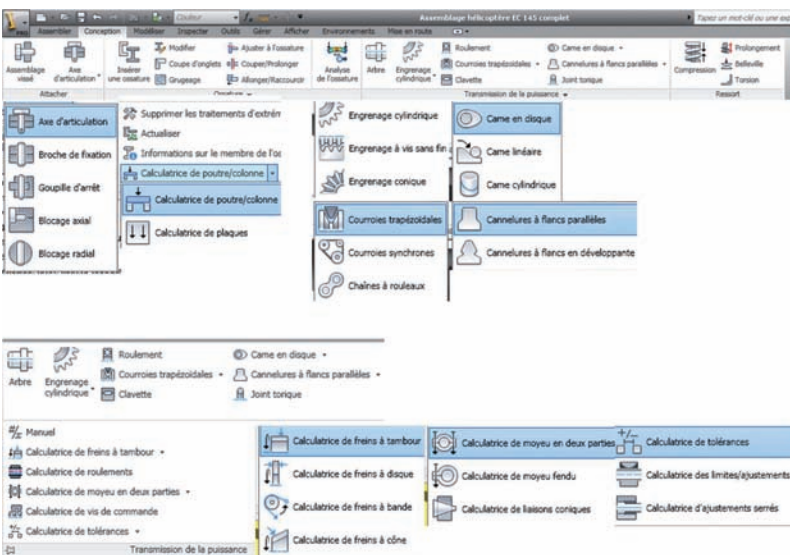
4 La modification de la fonction « assemblage vissé »



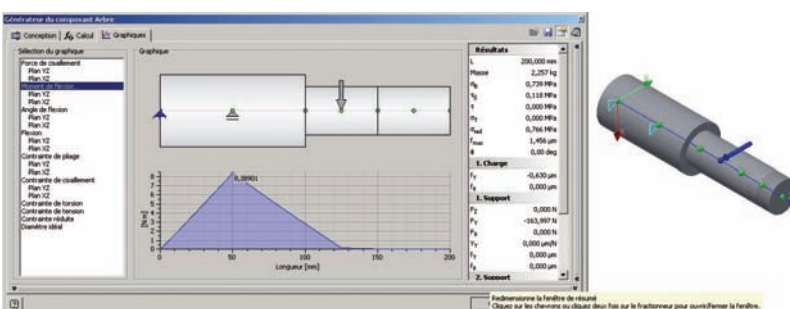
5 La fonction « engrenage » sur un modèle réduit d'hélicoptère



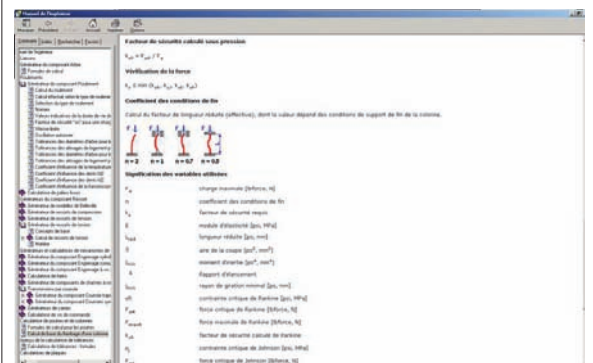
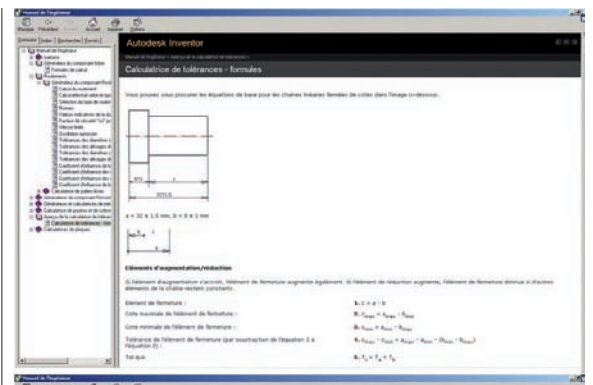
6 Les paramètres et résultats de calcul d'un engrenage de webcam



7 Les fonctions mécaniques modélisables



8 La réalisation rapide des volumes, et les calculs de RdM associés



9 Les explications relatives aux chaînes de cotes, aux roulements, aux ressorts et au flambage de poutre

Générateur du composant Clavette parallèle (Version: 2011 (Build 150239000, 239))

23/09/2010

Informations sur le projet**Guide**

Méthode de calcul de la charge - Calculs de couple pour la puissance et la vitesse spécifiées

Type de calcul de la force - Vérification de la force pour les propriétés de charge, de cotes et de liaison spécifiées

Charges

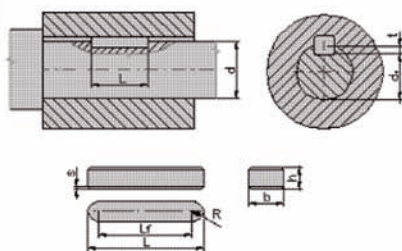
Puissance P	0,001 kW
Vitesse n	3600,000 tpm
Couple T	0,003 N m

Cotes

Diamètre d'arbre	d	20,0000 mm
Diamètre interne de l'arbre creux	d _h	0,000 mm

Clavette

Largeur de la clavette	b	6,000 mm
Hauteur de la clavette	h	4,000 mm
Longueur de la clavette	l	14,000 mm
Longueur fonctionnelle	l _f	8,000 mm
Chanfrein de la clavette	s	0,400 mm
Rayon de la clavette	R	0,160 mm

**La publication des résultats au format Web**

L'élève peut valider ces calculs et utiliser le guide de l'ingénieur intégré afin de comprendre comment ils sont effectués par le logiciel. Ce guide contient par ailleurs des explications sur des thèmes allant de la chaîne de cotes jusqu'à des notions plus complexes comme le flambage d'une poutre [9](#), en passant par les conditions d'emploi des roulements.

Des exemples d'utilisation

Cette approche pédagogique de la CAO procure un gain de temps non négligeable, mais quelle stratégie adopter avec les élèves ?

● En première S, au cours d'un TP sur le thème du robot tondeur RL500, nous abordons la notion de réduction de vitesse. Les élèves utilisent le modèle numérique du réducteur seul, que j'ai très rapidement préparé. Le but est de déterminer les vitesses en sortie de chaque étage, puis de conclure sur une relation entre les nombres de dents et les vitesses de rotation. Le logiciel permet d'obtenir les informations nécessaires au raisonnement directement dans les boîtes d'édition des fonctions « engrenages », sans passer par un outil de calcul dynamique. La

démarche est donc claire, débarrassée des obstacles de la représentation indispensable à la simulation dynamique.

Par un questionnaire plus ouvert, je leur demande ensuite comment faire pour augmenter la vitesse en sortie du réducteur, en cas de modification du CdCF. Ils modifient instantanément le modèle CAO en changeant le rapport de réduction dans la boîte de dialogue, puis constatent les résultats, visuels sur le modèle CAO, et numériques dans l'onglet de calcul. Certains d'entre eux ont même eu l'intuition qu'il fallait non pas modifier seulement un étage de réduction, mais répartir la modification sur plusieurs.

● En terminale S, le PPE est une autre occasion d'utiliser les possibilités de la conception fonctionnelle. Au lycée Alfred-Kastler, c'est un peu une course contre la montre qui s'engage chaque année. En effet, ce sont les élèves qui, après accord des professeurs, choisissent leur thème. Là encore, dans de nombreux cas, la création rapide d'un modèle numérique basé sur des fonctions mécaniques est un passage obligé. Des élèves ayant besoin d'un accouplement seront amenés à choisir en fonction de critères mécaniques entre plusieurs solutions de liaisons complètes (goupille, clavettes, cannelures...), à valider certains calculs à l'aide du guide de calcul intégré (formules de RdM...), puis à intégrer un rapport au format Web [10](#) dans leur soutenance afin de justifier leur choix. Les solutions intégrées leurs permettent alors de se concentrer sur les fonctions envisagées et non pas sur l'exécution des géométries relatives à ces solutions techniques : la réalisation des rainures, des trous de goupilles, des formes des dents des cannelures, etc., est prise en charge automatiquement par le logiciel. Plus besoin, donc, d'être des spécialistes de la CAO.

Un recentrage sur les fondamentaux

Avec Autodesk Inventor – qui conserve toutefois le mode conventionnel de travail avec un modèleur –, les élèves peuvent se concentrer sur la fonction mécanique réalisée plutôt que se focaliser sur des soucis de maniement d'un logiciel, ce qui est positif en termes d'apprentissage et de mise en œuvre des savoirs fondamentaux.

De plus, nos élèves de lycée sont bien des utilisateurs ; les nouveaux programmes parlent d'« investigation sur maquette numérique ». Il faut que celle-ci soit simple, et que les données, que devront croiser les élèves, soient le plus claires possible, en rapport avec la construction mécanique, et non avec des fonctionnalités de logiciels.

Alors, gageons qu'avec les réformes en cours et le croisement des matières technologiques (GE, GM, GC...) certains, non spécialistes de la CAO 3D, se tourneront vers cette forme de conception. ■