

Une conception sans histoire ?

PHILIPPE GAUDIN^[1]

Les principaux modeleurs volumiques du marché sont basés sur un historique de conception, grâce auquel il est possible de modifier la géométrie en remontant dans le processus de son élaboration. Depuis maintenant deux ans sont apparus des logiciels avec lesquels seul le résultat est conservé. Ils rendent accessible le modelage 3D à des utilisateurs non spécialistes, libérés des contraintes liées à l'ordre de construction. Faut-il pour autant jeter par-dessus bord plus de deux décennies de conception basée sur l'historique ?

La révolution « historique »

Il y a vingt-cinq ans, PTC (Parametric Technology Corporation) bousculait le monde de la CAO en lançant, avec son logiciel Pro-Engineer, un nouveau concept : la CAO paramétrée. Il venait concurrencer des systèmes certes robustes mais plus lents et peu flexibles, basés sur la **modélisation explicite**^[2] (*explicit modeling*)... de retour aujourd'hui.

Grâce à la conception basée sur l'historique et le paramétrage, PTC rendait possible la modification de formes en manipulant des paramètres qui propageaient leurs évolutions tout le long de l'historique de l'arbre de construction. Ses concurrents durent suivre cette évolution. Elle fut longue et difficile pour les éditeurs qui avaient un nombre de clients important et pour les utilisateurs auxquels on imposait un changement de culture (la migration de modeleurs explicites vers des modeleurs paramétriques s'achève seulement dans certains secteurs industriels).

Ce fut une révolution extraordinaire : on pouvait faire entrer de la **connaissance** dans la création de formes. Relations, paramètres, règles métier intégrés à la géométrie

[1] Professeur agrégé de mécanique au lycée Diderot de Paris (75019).

[2] Les termes en gras renvoient au lexique en encadré.

mois-clés

CAO et DAO, innovation, logiciel

permettaient de créer des **features** intelligentes, qui sont avec les **squelettes** fonctionnels la base de toute la CAO structurée actuelle **1**.

Les contraintes de l'historique

Pourtant, dans certaines applications, cet historique de construction est parfois devenu trop contraignant, et, depuis quelques années, le bien-fondé de son hégémonie est remis en cause, essentiellement pour trois raisons :

- Dans la conception basée sur l'arbre historique de conception (*history-based modeling*), toute conception fonctionnelle demande une méthodologie de conception. À tel point que l'expertise peut apparaître souvent davantage dans la méthode que dans la conception de la solution technique. Toute modification demande alors d'identifier la filiation des données dans l'historique de conception, ce qui est souvent complexe, en particulier si la conception a été faite sans cohérence, si cette méthodologie n'a pas été documentée (par des fichiers annexés) et si personne n'en a plus le souvenir.

- Dans une conception orientée « fonction » (*functional modeling*), les fonctions auxquelles la pièce doit satisfaire n'ont pas vocation à être

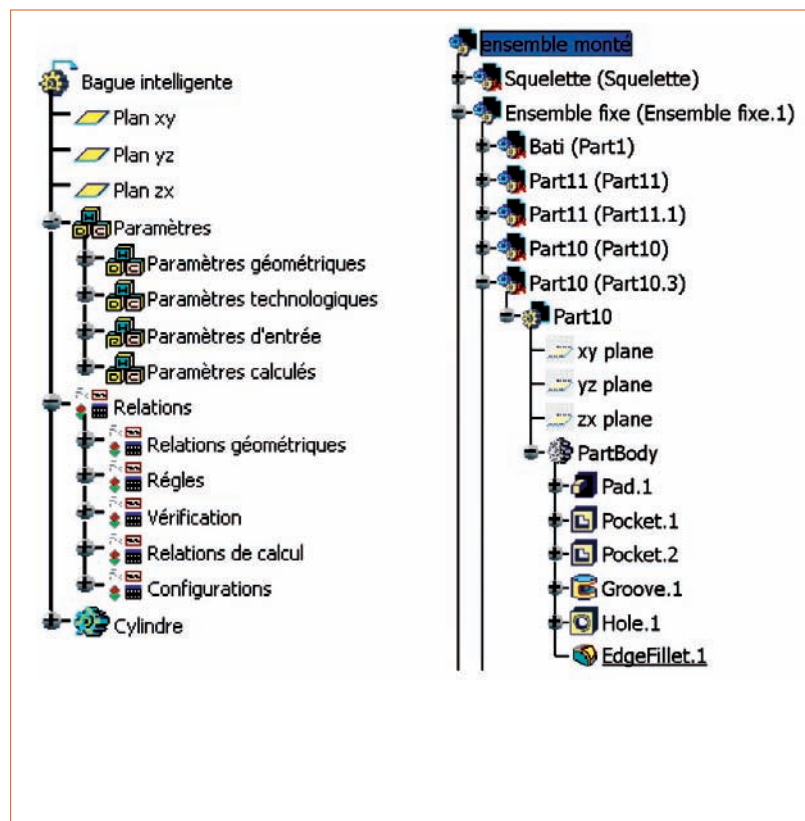
hiérarchisées. Les arrondis doivent-ils être faits avant ou après les nervures ? La rainure de clavette, avant ou après le trou de goupille ?

- La troisième raison (et non la moindre) prend en compte l'évolution des utilisateurs de CAO 3D. Aujourd'hui, il ne s'agit plus uniquement de concepteurs avec une approche technique et géométrique de la conception, mais d'un éventail bien plus varié d'acteurs, de l'entreprise ou pas (plus de 70 % des utilisateurs de maquettes numériques ne sont pas des spécialistes), pour qui la CAO 3D est davantage un outil de communication qu'un outil de conception. Pour ceux-là, disposer d'un outil intuitif qui permet le *see and show what you mean* devient indispensable.

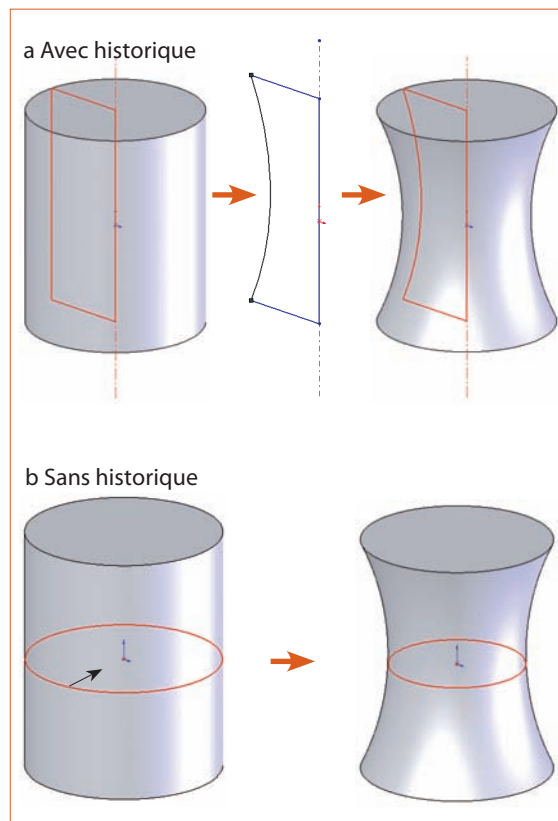
Les atouts de la conception sans historique

De nombreux logiciels s'appuient maintenant sur la modélisation sans historique, qu'on l'appelle *dynamic modeling*, *explicit modeling*, *direct modeling*, *natural modeling* ou *history free modeling* : SpaceClaim, KeyCreator, CoCreate (OneSpace Designer), etc. Ils visent surtout le marché des sous-traitants et des PME. Sans entrer dans la technologie (qui peut être différente d'un éditeur à l'autre), leur point commun est de travailler un modèle CAO « brut ».

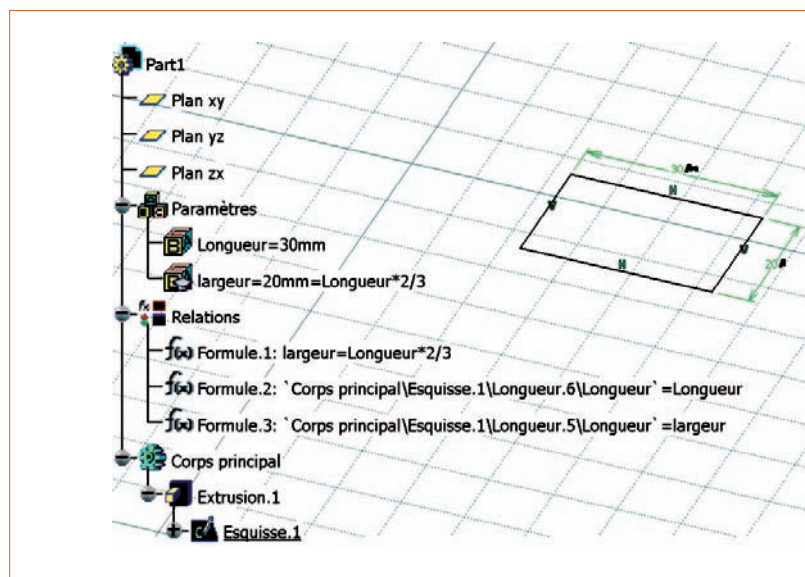
Avec la conception basée sur l'historique, les méthodes de création sont connues : des contours plans sont dessinés, des opérations 3D sont créées et des habillages (arrondis, dépouilles...) sont ajoutés, mais l'historique de création structure les données et la relation **parent-enfant** est au cœur du concept. Les relations entre les paramètres de l'esquisse



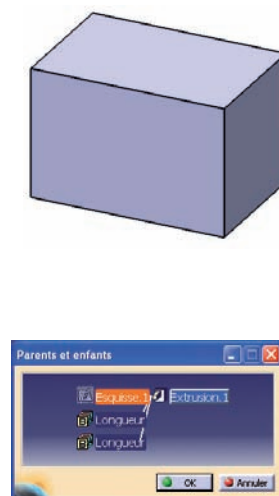
1 Arbres de construction incluant relations, paramètres et squelette (Catia)

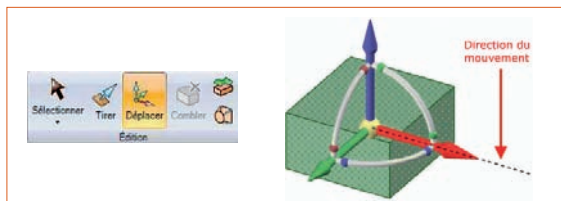


3 Modification avec et sans historique (SpaceClaim)

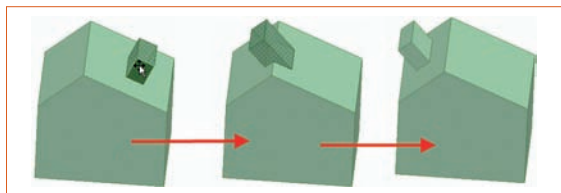


2 Relations parent-enfant entre les paramètres, l'esquisse et le volume (Catia)

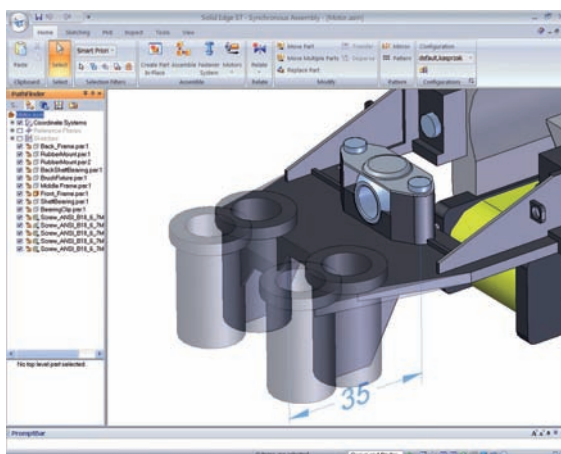




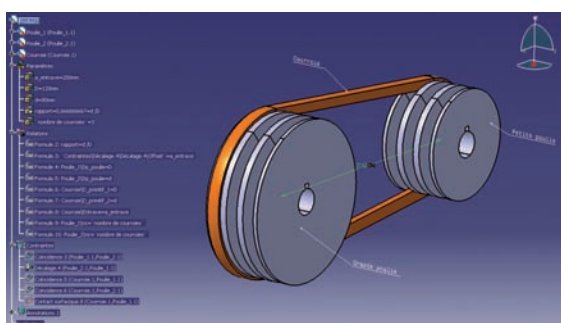
4 La fonction « Déplacer » de SpaceClaim



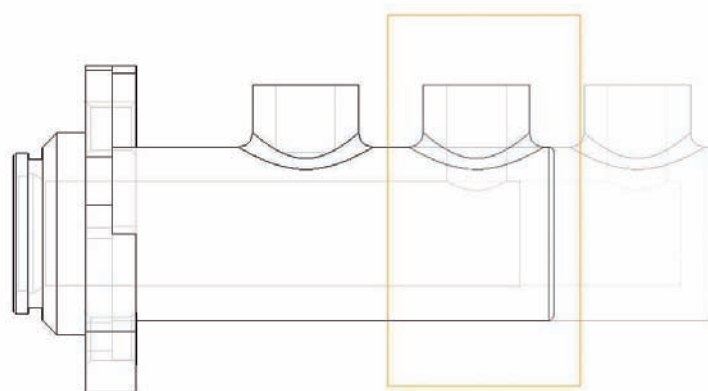
6 Un déplacement de protrusion avec adaptation sous SpaceClaim



7 Pilotage lors de la fonction de déplacement (Solid Edge ST)

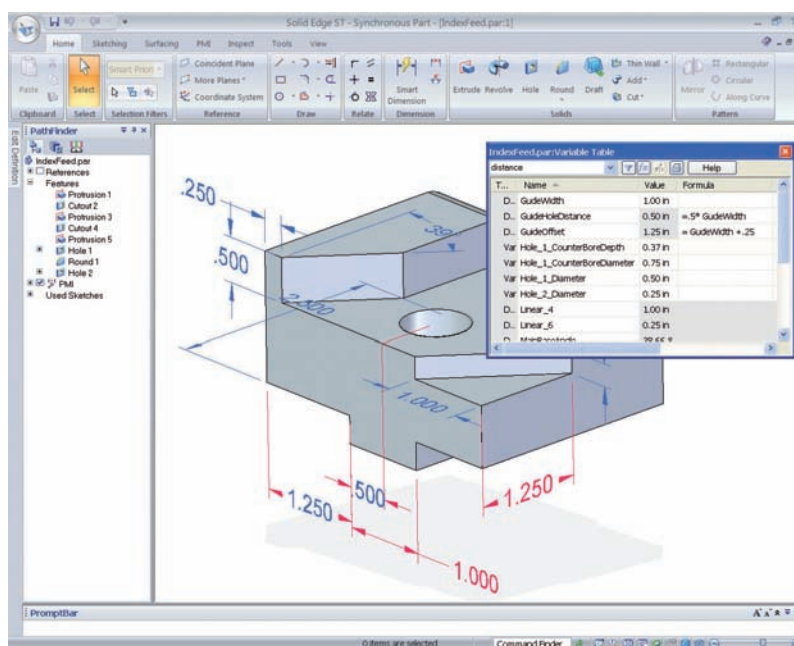


8 Pilotage par paramètres, relations et équations (Catia)



a Depuis la mise en plan (Solid Edge ST)

5 Un déplacement d'entités sélectionnées avec Solid Edge ST et CoCreate



9 La fusion des features et de l'explicite (Solid Edge ST)

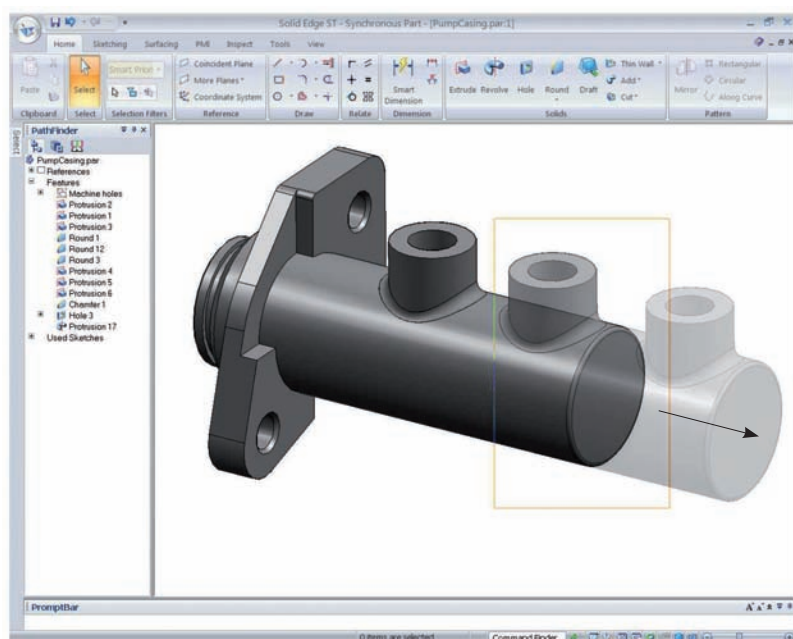
ainsi que la filiation esquisse-extrusion garantit le respect des conditions sur le solide 2.

Ce type de modélisation implique l'existence d'un processus de conception, les modifications ultérieures possibles des formes devant être pensées au moment même de la création du produit. Pour les modifications impré-

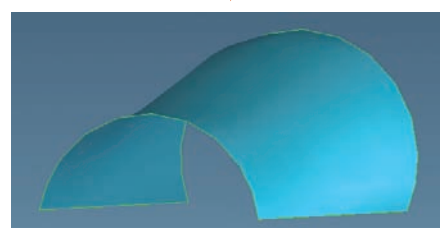
vues, la conception basée sur l'historique peut être un vrai casse-tête et demande, outre l'identification du volume dans l'historique, l'édition et la modification d'esquisse 3 puis la reconstruction du volume.

Avec la conception sans historique, rien de tel. Le concepteur peut façonner les formes simplement avec des

fonctions telles que déplacer 4, tirer, arrondir appliquées sur des arêtes, des surfaces ou des volumes 5 6, sans se soucier de la façon dont ils ont été créés. L'objectif est de générer ou modifier des formes (natives ou importées d'autres logiciels), en ignorant leurs paramètres et leur historique de construction.



b Depuis le volume par sélection des surfaces (Solid Edge ST)



c Depuis le volume par sélection des arêtes (CoCreate)

Ces systèmes peuvent retrouver certaines caractéristiques du modèle initial (les valeurs de chanfrein, par exemple), proposent une modification cohérente du modèle (en tirant sur une face, on ne crée pas un trou, on ne déchire pas la pièce) et préservent même les relations de la géométrie 3D brute (coplanéarité, symétrie, tangence, concentricité, horizontalité...) autorisant un pilotage partiel par mesures et contraintes **7**.

De plus, ce type d'outils est d'une utilisation relativement simple et rapide. La mise en œuvre de modifications ne nécessite pas de recalculer tout l'arbre historique de conception, d'où un gain de temps. Le concepteur peut consacrer toute sa compétence au design et non à la méthode.

L'historique condamné ?

L'usage d'ateliers de conception sans historique semble très séduisant pour retravailler rapidement des formes, présenter plusieurs aspects en avant-projet, communiquer à partir d'un 3D, modifier des outillages, faire du prototypage..., c'est-à-dire pour mettre l'accent sur

la forme ou la géométrie de la pièce ou de l'assemblage en question. Mais la conception de la maquette numérique ne se limite pas à cela.

Dans le cycle de vie de la maquette numérique, sa réalisation n'arrive qu'après les analyses structurelles et fonctionnelles. Ce sont les fonctions à remplir par le produit qui pilotent la géométrie, et non l'inverse.

Par exemple, dans la culasse d'un moteur à explosion, c'est la circulation d'eau qui détermine les formes autour des chambres de combustion. Faire évoluer de façon planifiée le jeu de paramètres qui pilotent les formes des conduits afin d'optimiser les échanges de chaleur est un enjeu majeur.

Dans les grandes entreprises (et par voie de conséquence chez leurs sous-traitants), il est rare de voir des concepteurs travailler à partir de « l'écran vierge », car pourquoi refaire ce qui a été conçu et validé dans des conceptions antérieures ? La tendance est à l'utilisation d'entités paramétrées qui encapsulent connaissances métier et règles de calcul et permettent une capitalisation du savoir-faire. Par exemple, les conditions de cintrage d'un tube d'une structure en fonction du maté-

riau, du processus de cambrage, de ses diamètres interne et externe, des rayons de courbure, etc., sont encapsulées dans une *feature* intelligente qui laisse peu de liberté au concepteur final.

Le travail collaboratif et l'ingénierie simultanée organisés autour de squelettes et de *features* paramétrés, non définitifs et évolutifs demandent une constante adaptation de la géométrie s'appuyant sur ces éléments de base. Pour être automatique, cette adaptation nécessite l'utilisation de la relation parent-enfant caractéristique de la conception basée sur l'historique. Par exemple, la détermination de la courroie nécessaire à une transmission de puissance **8** nécessite entre autres la connaissance des entraxes des poulies, entraxes qui ne sont, au début de la vie de la maquette, que des paramètres de positions en évolution dans le squelette de base.

Pour la conception d'un produit, le travail sous contraintes, l'utilisation de paramétrage et la gestion de la connaissance, l'existence de la relation parent-enfant est un élément indispensable. C'est en cela que la modélisation sans historique est mal adaptée.

Dans l'enseignement

L'aspect intuitif de la conception sans historique est un aspect non négligeable.

Dans un contexte où la motivation des élèves (en particulier en prébac) ne va pas de soi, un outil relativement facile à prendre en main, dépourvu de stratégie de conception et immédiatement valorisant pour l'utilisateur saura séduire et amener vers des spécialisations en conception toute une population d'élèves plus habitués à zapper d'icônes en icônes qu'à respecter la rigueur de la conception basée sur l'historique.

Cependant, l'usage exclusif de ce type de conception ne saurait être suffisant (en particulier dans les formations postbac). Le travail sous contraintes, l'évolution de la géométrie en fonction de nécessités fonctionnelles, l'utilisation de structuration de la maquette numérique à base de squelettes, de *features* intelligentes, de *knowledge* et de règles métier ne peuvent, pour l'instant, s'en satisfaire.

Vers la mixité

En conception routinière, qui demande surtout une optimisation de processus connus, la modélisation basée sur l'historique est mieux adaptée, alors qu'en conception innovante, lorsque les routines sont encore mal établies, la modélisation sans historique a toute sa place – et elle se développe très rapidement. CoCreate revendique plus de 57 000 entreprises dans le monde utilisant cette technologie, toutes industries confondues.

Les grands éditeurs ont bien compris l'intérêt qu'il y a à proposer les deux technologies intégrées : PTC a racheté CoCreate (éditeur de OneSpace Designer) ; Dassault Systèmes propose l'atelier Catia Live Shape dans la plate-forme Catia V6.

D'ici à quelques années, les éditeurs de logiciels proposeront des modes de modélisation mixtes où l'utilisateur, de façon transparente, passera d'un mode à l'autre en fonction de ses besoins ou du contexte de conception. En effet, les deux appro-

Lexique

Connaissance (*knowledgeware*)

On désigne par ce terme l'ensemble des fonctionnalités (relations, règles...) qui vont permettre de mettre en œuvre lois physiques, savoirs métier, habitudes d'entreprise, etc., afin d'optimiser le dimensionnement de la pièce (ou de l'assemblage de pièces).

Feature

Terme utilisé pour caractériser une entité géométrique 3D préconstruite répondant à une fonction. Les *features* peuvent être des géométries simples (trou) ou des structures élaborées (pignon arbré). De nombreuses *features* sont paramétrées, c'est-à-dire que leurs caractéristiques sont pilotables par l'utilisateur (chanfrein, perçages, nervures...). Un bossage percé dont les hauteur, diamètre, arrondi, trou de perçage sont reliés par des fonctions et pilotables par l'utilisateur est une *feature* paramétrée.

Modélisation explicite / modélisation implicite

On parle de modélisation explicite lorsque le concepteur décrit directement, par action sur la forme de base (en général au moyen de la souris), la modification qu'il souhaite apporter à l'objet. Par exemple, en poussant sur une arête vive, il indique qu'il veut générer un arrondi ou un congé. Par opposition, la modélisation implicite est celle qui est obtenue par mise en œuvre d'une opération. Par exemple, en demandant la révolution d'un segment autour d'un axe, le concepteur indique qu'il veut obtenir un cylindre ou une surface cylindrique.

Parent/enfant

Cette notion de filiation doit être comprise dans le cadre d'une construction déductive. Le point qui va permettre de construire la droite est parent de cette droite, elle-même enfant du point. L'esquisse est parent du volume généré sur sa base. Une entité peut avoir plusieurs parents et/ou plusieurs enfants. Par exemple, dans la relation $L = 1,5 \times d$ pour un guidage cylindrique, L est enfant de d. La destruction d'un parent entraîne la destruction de tous les enfants qui suivent dans la généalogie.

Squelette fonctionnel

C'est le terme employé pour désigner dans la maquette numérique d'un produit le modèle géométrique de base (géométrie en général paramétrée) sur lequel les différentes pièces du mécanisme vont s'appuyer pour construire un ensemble cohérent et robuste.

En ligne

Sites dédiés aux modelleurs sans historique :

Solid Edge ST : www.solid-edge.fr/synchronous-technology.php

KeyCreator : www.keycreator.fr

SpaceClaim : www.rhino3d-fr.com

CoCreate : www.cocreate2008.com

ches peuvent cohabiter, car elles présentent chacune des avantages selon la phase de vie du produit et selon le point de vue de conception utilisé. Pour une même pièce, on peut très bien imaginer que certaines formes, très contraintes par des savoir-faire encapsulés, soient modélisées en conception basée sur l'historique, tandis que d'autres, peu contraintes, le seraient sans historique.

Dans ce domaine, le plus avancé semble être Siemens PLM Software,

qui a lancé en juin 2008 Solid Edge avec *Synchronous Technology*. Cette solution propose un mode de conception qui synchronise de façon simultanée la géométrie et les règles de conception à l'aide d'un nouveau moteur d'inférence **9**. Cette nouvelle version permet le modelage direct, mais aussi de définir des paramètres, des règles de conception, et de figer des dimensions, pour un temps de développement cent fois plus rapide au dire de l'éditeur. ■