

# Les apports de la simulation à l'aide de mannequins virtuels

**Les outils de conception modernes permettent d'introduire des mannequins virtuels dans l'environnement de la maquette numérique, afin d'y simuler les interventions humaines entrant en jeu tout au long du cycle de vie d'un produit. Ces approches permettent d'envisager des gains substantiels, toutefois, un certain nombre de limitations demeure. Etat des lieux.**

Source : Ramisis

**D**es hommes et des femmes interviennent tout au long du cycle de vie d'un produit, dans la phase d'exploitation bien sûr, mais également dans les phases de fabrication et de maintenance. C'est donc naturellement que l'étude des interactions avec l'être humain est introduite, à diverses étapes du développement de nouveaux produits. Avant l'apparition des outils de simulation numérique modernes, il fallait attendre que des prototypes physiques aient été construits pour pouvoir valider l'ergonomie d'un produit, la sécurité d'un poste de travail ou encore la faisabilité des opérations de maintenance. Les erreurs coûtaient alors très cher. Les récentes avancées des techniques de réalité virtuelle permettent dorénavant de plonger des individus de chair et de sang au sein de l'environnement virtuel

de la maquette numérique, au travers de systèmes sophistiqués de perception et d'interaction 3D à retour d'efforts haptiques. Mais bien que ces méthodes commencent à fournir des résultats intéressants, elles demeurent très onéreuses et présentent encore d'importantes limitations.

Parallèlement à cela, d'autres approches, entièrement numériques cette fois, ont également été développées. Celles-ci sont basées sur l'introduction au sein de l'environnement de la maquette numérique, de mannequins virtuels pouvant être utilisés pour simuler divers cas de figures d'exploitation, de fabrication ou de maintenance des produits. Aujourd'hui, plusieurs solutions commerciales mettant en œuvre ce type d'approches sont disponibles. Toutes intègrent des bibliothèques de manne-

quins virtuels conformes aux principaux standards anthropométriques (Ansur 88, Nhanes, Ceasar, etc.), permettant la création de sujets sur mesure : par exemple un homme ou une femme typé(e) européen(ne) ou asiatique, représentant un certain centile\*. Ces bibliothèques sont accompagnées d'un panel d'outils de modélisation, d'animation et d'analyse, pour l'étude des temps de cycle (MTM, Méthode des Temps Mesurés), du positionnement, mais également du confort, de la visibilité, de l'accessibilité, etc. Ces outils sont fondés sur diverses méthodes et directives ergonomiques, développées par des scientifiques, ou par des organismes de prévention reconnus mondialement. Il en existe un grand nombre, parmi lesquelles nous pouvons citer : Niosh, Snook & Cirello, Rula, Owas, Burandt-Schultetus ou Garg.

Toutefois, comme le souligne Damien Chablat, chargé de recherches à l'IRCCyN (Institut de Recherche en Communication et Cybernétique de Nantes) : « Dans l'état actuel de leur développement, les solutions commerciales de simulation ne répondent que partiellement aux besoins exprimés par les industriels. Les capacités de contrôle des mannequins et de génération des trajectoires constituent notamment d'importants points faibles de ces outils ». A ce niveau, les techniques mises en œuvre par la plupart de ces solutions paraissent en effet assez peu sophistiquées. La spécification des trajectoires pour des objets ou pour des mannequins est le plus souvent un processus entièrement manuel. La technique d'animation la plus simple est la méthode de contrôle par Cinématique Directe (ou Forward Kine-

\* Les centiles sont des repères particuliers que l'on retrouve dans un modèle de distribution d'un caractère donné. Couramment utilisés en anthropométrie pour déterminer la population visée, ils indiquent le pourcentage de population possédant un paramètre d'une valeur moindre ou égale à la valeur qui est prise en considération.

matics), dans laquelle l'animateur a un contrôle total de l'ensemble des degrés de libertés du mannequin. Il détermine de façon interactive un ensemble de positions clés intermédiaires, le mouvement final étant obtenu par « keyframing », une technique d'animation basée sur l'interpolation des paramètres d'articulation des positions successives. Le positionnement d'un mannequin par la spécification directe des paramètres d'articulation peut être une opération laborieuse pour l'utilisateur. Il s'agit bien souvent d'un processus par essais et erreurs. Afin de contourner ces difficultés, une autre méthode, dite de contrôle par Cinématique Inverse, est parfois utilisée. Celle-ci permet une définition plus aisée des postures : un mouvement est automatiquement généré en fonction d'une position finale donnée, les paramètres d'articulations internes de chaque position intermédiaire étant alors calculés automatiquement. Malheureusement, tout comme avec la méthode Directe, l'obtention de mouvements visuellement corrects relève véritablement du domaine de compétence des artistes.

## La simulation des opérations de maintenance à la Snecma

Les Etats-Généraux du Micado, organisés le 24 novembre dernier à l'ENS Cachan, furent l'occasion pour Bruno Maillé, responsable Maquette Numérique et interfaces coopérant à la

Snecma, de présenter les résultats de ses travaux de thèse, portant sur la simulation des opérations de « maintenance sous l'aile » à l'aide de mannequins virtuels. Comme le précise l'intéressé : « A la Snecma, la conception de turboréacteurs est désormais réalisée entièrement à l'aide de la maquette numérique. Il n'y a donc plus aucun support physique pour valider les opérations de maintenance sous l'aile ». Afin de simuler de façon réaliste les différentes interventions de contrôle, de démontage et de remontage, la Snecma travaille depuis plusieurs années en étroite collaboration avec Dassault Systèmes et l'IRCCyN – Ecole Centrale de Nantes, dans le but d'étendre les possibilités de simulation avec les mannequins virtuels proposés sous environnement Catia.

## Génération de trajectoire pour un objet

Comme l'explique Bruno Maillé : « Une première étape de la vérification de la maintenabilité d'un élément est la validation de la possi-

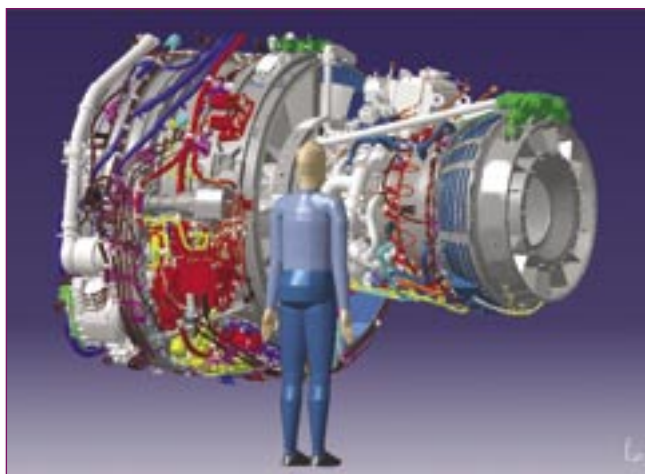
bilité pour cet élément d'être démonté, en ne prenant en compte que l'objet et son environnement ». Pour cela, plusieurs approches étaient envisageables. La plus simple repose sur une manipulation directe de l'objet, grâce aux interfaces usuelles des outils de CAO. Cette approche peut être assistée d'outils de détection de collision, mais elle reste longue et laborieuse. Une deuxième possibilité est l'approche immersive, qui nécessite l'utilisation de systèmes à retour d'effort. Ces méthodes présentent l'inconvénient d'être très onéreuses. « De nombreuses méthodes automatiques ont également été développées : des méthodes locales qui sont très rapides mais qui échouent souvent, et des méthodes globales qui permettent de trouver une trajectoire quand elle existe, mais dont la complexité explose avec la taille du modèle, ce qui les rend inutilisables dans un environnement industriel », explique Damien Chablat.

L'approche qui a finalement été retenue par Snecma consiste en un système multi-

agent permettant la combinaison d'approches automatiques locales, guidées par la vision globale d'un opérateur humain. Le système est constitué de 3 agents principaux. Le premier, baptisé agent Attraction, est chargé d'attirer l'objet vers sa cible. Le second, l'agent Glisseur, est, quant à lui, chargé d'éloigner l'objet des collisions avec l'environnement proche. Enfin, un dernier agent permet à l'opérateur d'agir sur la trajectoire de l'objet. « Celui-ci peut ainsi guider le travail des deux premiers agents en s'inspirant de la vision globale qu'il a de la scène et de son expérience métier du problème, afin d'éviter les blocages », explique Bruno Maillé.

## Génération de trajectoire pour un mannequin

Une fois que la démontabilité de l'élément a été validée, il faut vérifier l'accessibilité de cet élément par un opérateur. « Il est donc nécessaire de générer une trajectoire hors collision pour un mannequin vers cet élément, tout en s'assurant de la faisabilité et du réalisme de cette trajectoire », précise Bruno Maillé. La Snecma a retenu la même approche, basée sur un système multi-agent. Dans ce cas le système est constitué des trois mêmes agents principaux, à la différence que ceux-ci sont eux-mêmes composés d'agents élémentaires ayant chacun un objectif, pour prendre en compte les spécificités d'un opérateur humain et gérer les différents degrés de liberté du mannequin.



A la Snecma les opérations de maintenance sous l'aile sont testées entièrement dans l'environnement de la maquette numérique.

## L'analyse ergonomique chez Faurecia

Faurecia, deuxième équipementier automobile d'Europe, conçoit, développe et produit six modules, pouvant représenter jusqu'à 25 % du coût total de fabrication d'un véhicule : siège, cockpit, porte, module acoustique, bloc avant et échappement. Anne-Isabelle Mallet Da Costa, Responsable Confort, Ergonomie et Acoustique chez Faurecia, a accepté de répondre à nos questions concernant la méthodologie mise en œuvre par le constructeur pour optimiser le confort et l'ergonomie de ses produits.

### Quels sont les enjeux associés à la prise en compte des aspects relatifs au confort postural et à l'ergonomie dans la phase de développement des nouveaux produits chez Faurecia ?

Il s'agit tout d'abord pour nous de démontrer notre niveau d'expertise à nos clients et d'être à même de dialoguer et d'échanger avec leurs experts. Il s'agit également de montrer notre capacité à être force de proposition, grâce à notre expertise dans le domaine du siège complet garni. Enfin, l'un des objectifs primordiaux est également d'optimiser les coûts de développement, par la prise en compte très en amont des attentes de l'utilisateur final : simplicité d'utilisation, posture adaptée aux différents usages, etc.



Anne-Isabelle Mallet Da Costa, responsable confort, ergonomie et acoustique chez Faurecia.

### Quels sont les outils et méthodologies mis en œuvre par Faurecia pour la simulation et l'analyse de l'ergonomie et du confort postural ?

Les outils concernent à la fois le positionnement du siège dans l'habitacle et le choix des courses de réglage. Le but recherché, pour le siège, est d'offrir au plus large pourcentage de la population des futurs conducteurs (trices) la possibilité d'adapter une position compatible

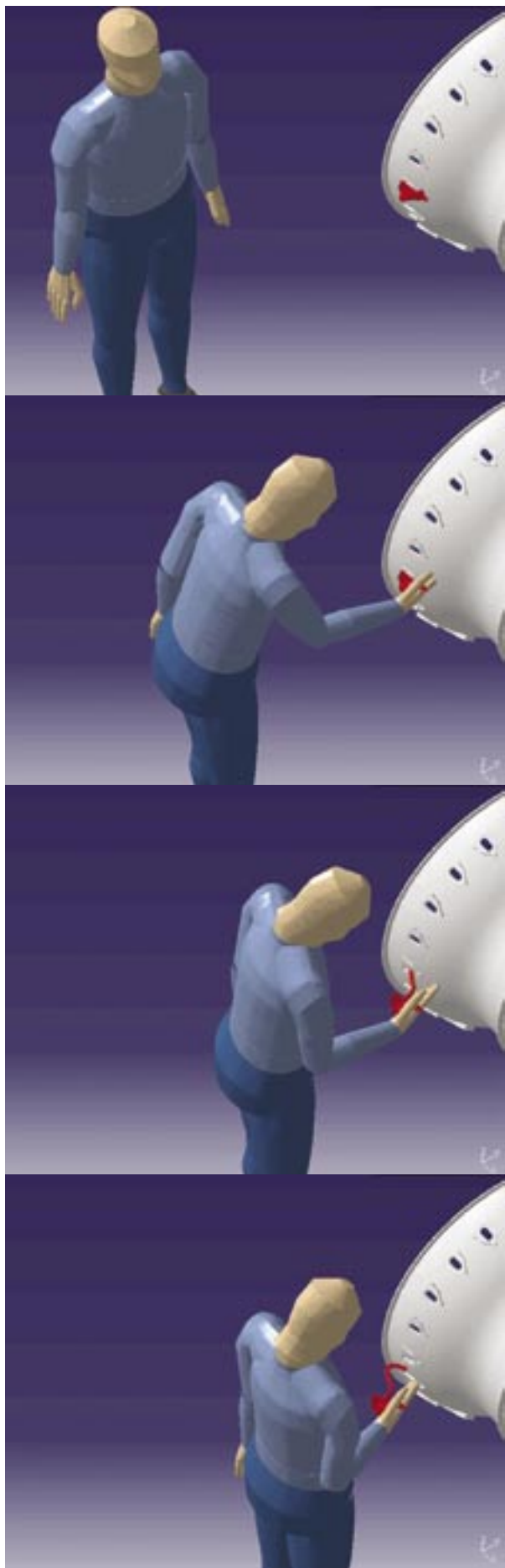
avec des contraintes de confort postural et des contraintes liées à la conduite (maniement du volant, vision, utilisation des pédales). Nous avons également des outils visant à analyser le contact des individus dans le siège et la position des futurs conducteurs dans le siège. Ces outils sont déployés dès le début du développement, voire dès la phase d'acquisition, et grâce à notre propre méthodologie nous suivons l'évolution de la performance tout au long du développement, jusqu'à atteindre 100 % de l'objectif défini avec le client.

### Quels sont les apports des outils de simulation numérique dans ce domaine, comparativement aux méthodes traditionnelles ?

Le premier apport est évidemment de rendre possible une analyse sans la réalisation d'un prototype physique, d'où d'importants gains économiques. Mais le principal apport de la simulation numérique est de ne présenter aucune limitation en terme de choix des paramètres « utilisateur », comme par exemple les données anthropométriques que l'on peut faire varier à loisir. Pour tester l'accessibilité d'un bouton de commande placé sur le siège, nous pouvons choisir non pas trois mannequins en fonction de leur taille (un petit, un moyen et un grand), mais une population entière et cohérente sélectionnée en fonction de données morphologiques. De cette façon il est possible de vérifier la capacité de nos conceptions à satisfaire un pourcentage donné de la future population des utilisateurs de sièges.

### Quelles sont aujourd'hui les limites de ce que l'on peut attendre d'une telle méthodologie, et quels sont les facteurs limitants ?

Aujourd'hui la simulation offre des possibilités d'analyse uniques, mais il n'est pas utile de tout simuler. Son utilisation optimale repose toujours sur la capacité des experts confort, ayant une connaissance expérimentale, à choisir ce qui doit être simulé. Par ailleurs, si les outils permettent de prédire de l'inconfort par des données mathématiques (pression, angle, etc...), on ne sait pas encore mettre en équation le ressenti subjectif.



Ces agents agissent ainsi sur la position du mannequin mais également sur sa cinématique interne afin d'atteindre leur objectif, comme l'attraction de la main vers la cible, et l'évitement des collisions avec l'environnement et entre les membres du mannequin. Des agents ont également été ajoutés pour faire respecter les règles ergonomiques de base comme le maintien de l'équilibre, mais aussi des règles de confort de posture. « La collaboration de ces différents agents, grâce à une gestion judicieuse de leurs priorités respectives, permet, par l'émergence d'un comportement global, la génération d'une trajectoire hors collision pour le mannequin virtuel, tout en lui apportant un comportement beaucoup plus réaliste que par une manipulation directe », précise Bruno Maillé.

## Génération de trajectoire pour un mannequin et un objet

Enfin, pour simuler une opération de maintenance, il est nécessaire de générer une trajectoire, hors collision et réaliste, pour un mannequin manipulant un objet. Pour cela, la Snecma a développé deux méthodes. La première consiste à attacher l'objet au mannequin, en prenant en compte cet objet pour l'évitement des collisions, comme s'il faisait partie du membre du mannequin

sur lequel il est attaché. La seconde consiste à considérer l'objet et le mannequin comme deux éléments indépendants, gérés chacun par un système multi-agent, la liaison entre les deux étant simulée par l'attraction de l'un vers l'autre. « La principale différence vient du fait qu'avec la première approche, on contrôle le mannequin de façon rigide, alors qu'avec la seconde, c'est l'objet qui est principalement contrôlé, et le mannequin suit les mouvements de cet objet. L'utilisation de l'une ou l'autre approche dépend de la tâche à réaliser. En particulier, si la trajectoire à réaliser par l'objet est complexe, la seconde approche sera plus adaptée. Celle-ci permet en outre la manipulation d'un objet avec les deux mains du mannequin, et la manipulation d'un objet avec plusieurs mannequins simultanément », précise Bruno Maillé.

Le système développé par Snecma permet donc la génération interactive de trajectoires complexes dans des environnements industriels très encombrés, avec des gains de temps importants par rapport aux approches utilisées classiquement. Ce système a en outre l'avantage de ne nécessiter aucun périphérique onéreux ou délicat à mettre en œuvre. Son implémentation par Dassault Systèmes au sein de la plateforme Catia est d'ores et déjà à l'étude. ▣

*Le système développé par la Snecma permet la combinaison d'approches automatiques locales, guidées par la vision globale d'un opérateur humain.*