

La 3D au service de l'aménagement du territoire

SkyLine, un logiciel de visualisation tridimensionnel issu de développements militaires, est aujourd'hui utilisé pour mesurer l'impact paysager de grands projets civils

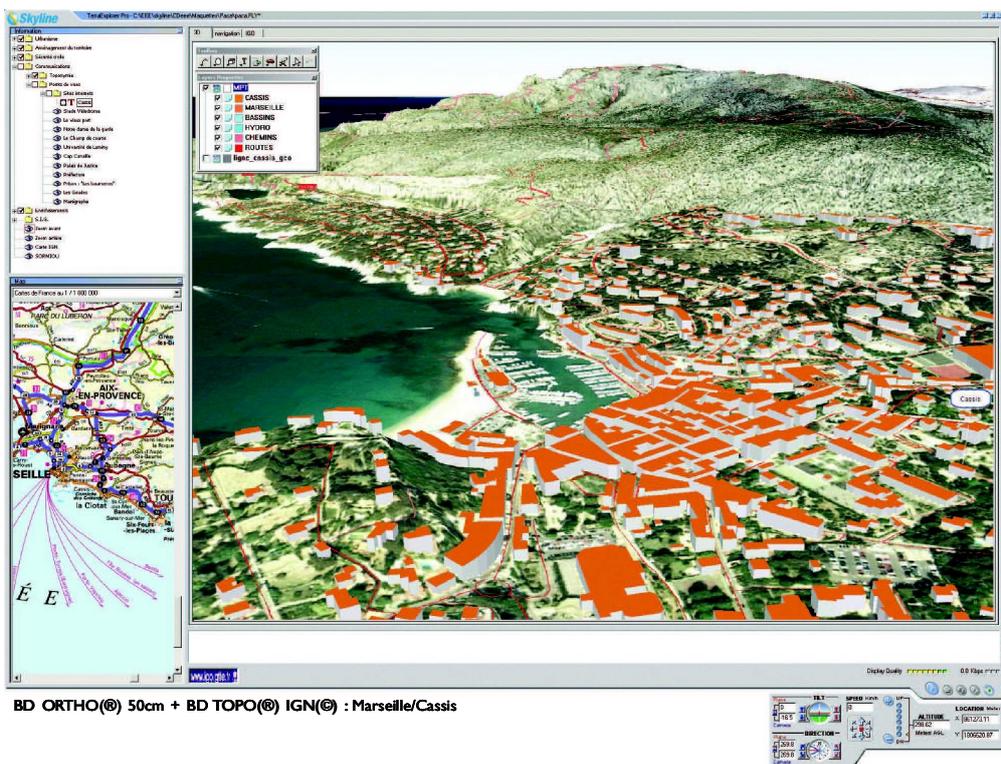
La prise en compte de plus en plus fréquente des considérations esthétiques lors de la réalisation de grands projets d'aménagement (pose de lignes haute tension, construction d'autoroutes, d'échangeurs ou de voies ferrées) a suscité un besoin croissant en outils informatiques de visualisation des paysages. Ces programmes permettent, dès les premières étapes du projet, de mesurer l'impact visuel de l'irruption des éléments à bâtir et de pouvoir aisément diffuser ces images « anticipatives », par impression ou mise en ligne sur Internet, afin de faciliter les démarches d'information et de consultation des riverains.

Exemple de ce genre d'applications, le logiciel SkyLine, édité par la société israélienne éponyme et distribué en France par la société EEE. Initialement développé pour les besoins des simulateurs de vol militaires, le produit est passé dans le domaine civil grâce à un portage sur plate-forme Intel, en réponse à une forte demande internationale. Quant à EEE, cette société du groupe GTIE était au départ spécialisée dans la pose de li-

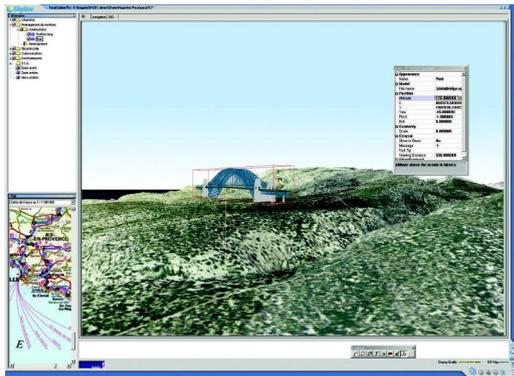
gnes à haute tension pour le compte d'EDF, un métier qui l'a conduit naturellement à s'intéresser aux problèmes délicats d'intégration de ces ouvrages dans les différents environnements naturels.

La synergie de ces deux entreprises a porté ses fruits. Le logiciel possède

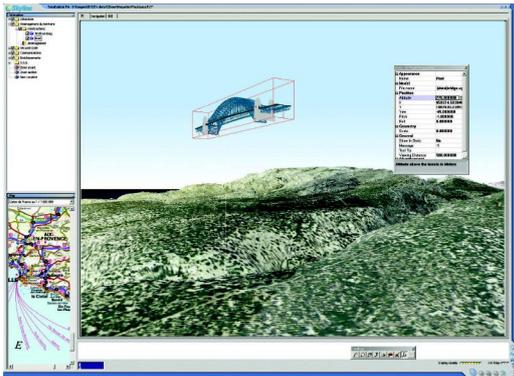
en effet une grande qualité visuelle. À partir d'une base de relevés hypsométriques (le modèle numérique du terrain, MNT), d'un ensemble de cartes / clichés (éventuellement à différentes échelles), et de la position de la « caméra », son moteur de visualisation 3D reconstitue une image en relief du paysage (par un procédé de



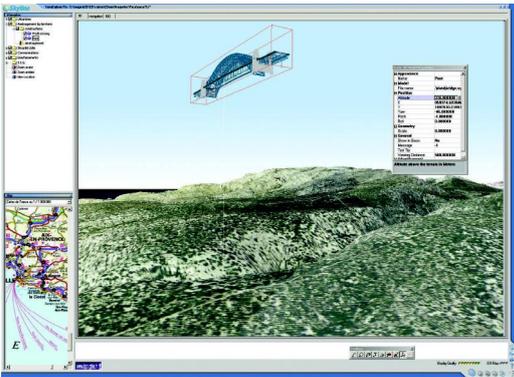
REPRESENTER



© EEE 2002



© EEE 2002



BD ORTHO(®) 50cm + BD TOPO(®) IGN(®) : Marseille/Cassis

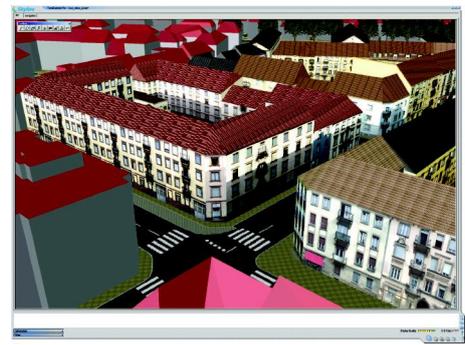
© EEE 2002

« nappage »). À l'intérieur de ce cyber-terrain, il est naturellement possible d'évoluer librement grâce aux touches du clavier (ou à une manette de jeu), depuis le sol jusqu'à une altitude élevée. Avec toutefois la sensation de « placage » caractéristique des textu-

res (le programme ne gère pas encore ? le rendu d'ombrage). Cette imperfection n'est pas trop gênante, puisque le programme prévoit précisément l'ajout d'objets en relief (solides), nous y reviendrons dans la suite. Les performances semblent raisonnables, même sur un PC portable ou moyen de gamme du moment que le nombre d'éléments surajoutés n'est pas trop important. Enfin, pour les applications non-interactives ou les démonstrations « fermées », SkyLine peut générer un ou plusieurs fichiers d'animation. Le programme, afin d'offrir le meilleur rendu possible, utilise un algorithme et un format propriétaire qui compresse les données topographiques.

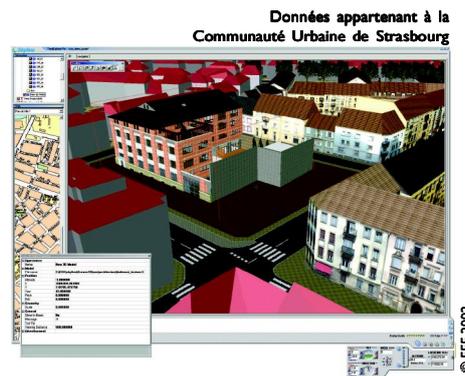
« Nous sommes capables de réduire par un facteur dix environ la taille des fichiers source. Exemple : sur le territoire de la Haute-Savoie, au lieu d'environ 70 Go, nous sommes passés à 6, 7 Go », indique Jean-Louis Marguier, directeur d'EEE.

Ainsi que nous l'avons mentionné, la raison d'être du logiciel réside dans sa faculté d'intégrer facilement au décor issu des données géographiques des maquettes de bâtiments, de la végétation, ou d'autres éléments structurels : ponts, pylônes, remblais, etc. « La représentation tridimensionnelle est naturelle, donc permet immédiatement à l'observateur de prendre la mesure de l'impact visuel des travaux de bâti, poursuit Jean-Louis Marguier. Découvrir sous plusieurs angles ce que deviendra un quartier, par exemple, est un formidable outil



© EEE 2002

Données appartenant à la Communauté Urbaine de Strasbourg



© EEE 2002

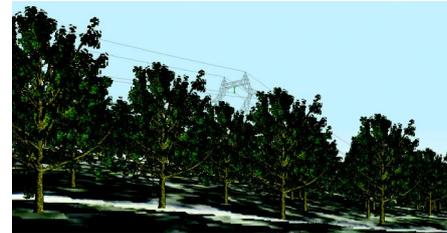
Données appartenant à la Communauté Urbaine de Strasbourg

de travail pour les municipalités. La France a accumulé un retard certain dans ce type de simulation urbanistique. » Pour cela, pas besoin de manœuvres compliquées : un clic pour sélectionner le solide dans une bibliothèque, et un autre pour le placer dans l'image, et le tour est joué.

Parmi les réalisations simulées avec SkyLine, citons, entre autres, le trajet de la ligne électrique aérienne à haute tension Aix-en-Provence / Nice, qui doit traverser des zones protégées hautement touristiques, comme les gorges du Verdon ; la rénovation de l'ensemble d'un quartier urbain de la ville de Strasbourg. Dans les deux cas, l'image de base a été complétée par l'ajout de maquettes d'artefacts : pylônes, câbles et végétation dans le cas de



© EEE 2002



© EEE 2002

REPRESENTER

la ligne électrique, bâtiments, toitures, arbres, panneaux de signalisation, etc. en ce qui concerne la préfecture alsacienne : « Nous achetons des bibliothèques d'objets tridimensionnels à certains partenaires pour peupler les paysages d'élé-



© EEE 2002



BD ORTHO(®) + BD TOPO(®) IGN(©) : Narbonne



© EEE 2002

Données appartenant à la Communauté Urbaine de Strasbourg



© EEE 2002

ments réalistes. Cela va des textures d'immeubles ou de toitures, la signalisation routière, des véhicules, mais aussi la végétation, les différentes essences d'arbres suivant leur âge, les saisons, etc. L'objectif est toujours d'obtenir une image aussi proche que possible de la réalité, si l'utilisateur le désire. » Et là où le détail est insuffisant (lors d'un agrandissement trop important), le logiciel recourt à des fonctions procédurales simples pour combler les vides.

Outre leur intégration dans le décor, les solides ajoutés peuvent servir d'hyperliens vers des sites Internet, de la vidéo, etc. Ils sont

géocodables, ce qui permet de les intégrer aisément dans un SIG ; c'est le cas, par exemple, de l'application développée pour le Conseil général de la Haute-Savoie, qui dispose d'une interface logicielle bidirectionnelle avec un produit ESRI. Des démonstrations sont disponibles sur le site de EEE : www.igo.gtie.fr (Attention, il semble que le logiciel d'exploration à télécharger ne fonctionne pas avec Windows XP).

EEE travaille déjà avec des fournisseurs de données majeurs pour proposer des offres combinant SkyLine avec les bases géographiques *ad hoc*. Dans l'avenir, cette

À propos de EEE

Située à Nîmes, EEE est une société qui compte une trentaine de personnes.

Parmi celles-ci, une équipe est dédiée aux applications SIG tridimensionnel, en partenariat avec la société israélienne SkyLine.

EEE distribue et réalise l'intégration du logiciel SkyLine avec des bases de données géographiques ou des bibliothèques d'éléments 3D.

Cette activité, qui a nécessité l'embauche de quatre personnes en 2001, a dégagé un chiffre d'affaires d'environ 1,8 millions d'euros durant cette même période.

coopération devrait être approfondie, notamment avec les producteurs de clichés à haute-définition. Une initiative essentielle puisque, dans certains cas, le coût des bases d'images revient à plus de la moitié du prix total de la solution. En parallèle, le moteur graphique, qui utilise DirectX version 6 devrait bientôt passer en DirectX version 8.1 et en Open GL, ce qui permettra d'augmenter la fluidité des animations.



© Armands Auseklis

Les mathématiques qui de la reconstitu t

Les données géographiques sont extrêmement gourmandes en mémoire. Quand il s'agit de combiner rendu de précision avec

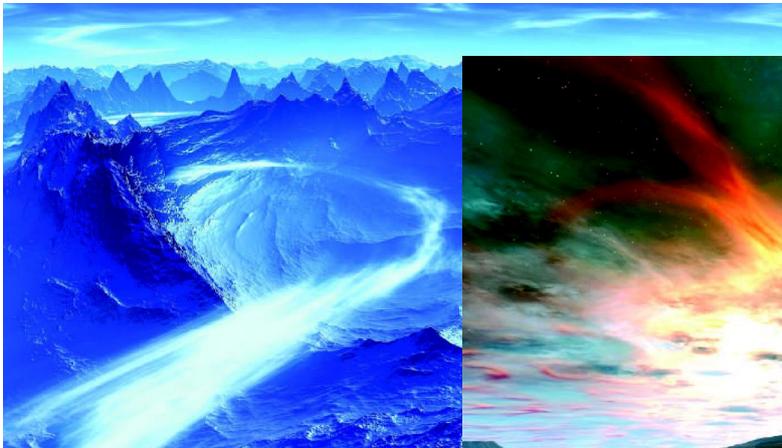
vastitude des zones couvertes, le problème du stockage des informations se pose de façon cruciale. Imaginons, par exemple, que l'on veuille représenter l'altitude de la Terre avec une précision de l'ordre du mètre. Sachant que la surface terrestre mesure (grossièrement) 515 billions de mètres carrés, si chaque altitude se trouve codée sur 2 octets, cela donne une base totale d'environ

1 million de gigaoctets, soit l'équivalent de 10 000 disques durs de la plus grande capacité actuelle (100 Go).

Inutile de dire que manipuler une telle quantité de données relève de la gageure. Il faut donc se contenter de représentations plus grossières, par exemple faire appel à une grille de l'ordre de la centaine de mètres, qui convient bien pour la plupart des applications. Mais, lorsqu'il s'agit de réaliser des environnements virtuels simulant la visite de sites ou des survols à basse altitude, la taille exagérée de la maille se traduit, à l'écran, par l'apparition de gros carrés du plus mauvais effet esthétique.

Une théorie mathématique qui reproduit le réel

Pour obvier à ce problème, il faut recourir à des fonctions d'interpolation plus réalistes, c'est-à-dire des modèles mathématiques qui créent, entre les points de mesure, des terrains imaginaires mais d'apparence réelle. L'une des théories les plus aptes à « inventer » de la nature fictive a été exposée en 1975 par le mathématicien américano-franco-polonais Benoît Mandelbrot dans son livre *Les objets fractals, forme, hasard et dimensions*.



© Armands Auseklis



© Armands Auseklis

Siques au secours de la reconstitution de paysages

Comment une des théories géométrique les plus complexes trouve une application directe dans la reconstitution informatique des terrains.

Dans cet ouvrage, l'auteur formalise une classe particulière de formes géométriques (dites « fractales ») qui sont à l'image des poupées russes : n'importe quelle partie de la figure, aussi petite soit-elle, contient une réplique de la figure entière. Par la suite, Mandelbrot a découvert que ces objets reproduisent étonnamment bien certains objets naturels, comme les arbres, les choux-fleurs, ou le tracé du littoral breton (*The fractal geometry of Nature*, 1982).

Cet ouvrage a marqué la naissance de l'infographie des paysages, théorie informatique appliquée articulée autour d'un ensemble d'algorithmes de modélisation des terrains, baptisés dans le jargon informatique « procéduraux ». Les développements ont été conduits sous l'impulsion de plusieurs chercheurs, dont Richard Voss et Kenton Musgrave. Ce dernier est à l'origine d'un logiciel grand public récent, baptisé *Mojoworld Generator*, qui permet à tout un chacun de créer des environnements factices mais « hyper-réalistes », à l'échelle planétaire. Ce programme pousse l'interpolation jusque dans ses derniers retranchements, puisque qu'ici, très peu de données initiales contraignent le processus de construction. L'algorithme génère donc un terrain suivant un processus majoritairement stochastique. *Mojoworld* utilise, outre ses procédures de calcul, une mé-



© Armands Auseklis

Où trouver ces produits :

Le logiciel *Eingana* sera disponible dès le 18 février chez les principaux vendeurs, la société Hachette Multimédia assurant la distribution du produit. D'autres informations sur *Eingana* sont disponibles sur le site Internet dédié : www.eingana.com (site en français). *Mojoworld*, une réalisation néo-zélandaise, est disponible en téléchargement (payant, par l'intermédiaire d'un outil sécurisé) sur le site Internet www.pandromeda.com (en anglais). Un navigateur (appelé « transporteur ») est proposé gratuitement, il permet d'explorer les mondes créés par le logiciel principal.



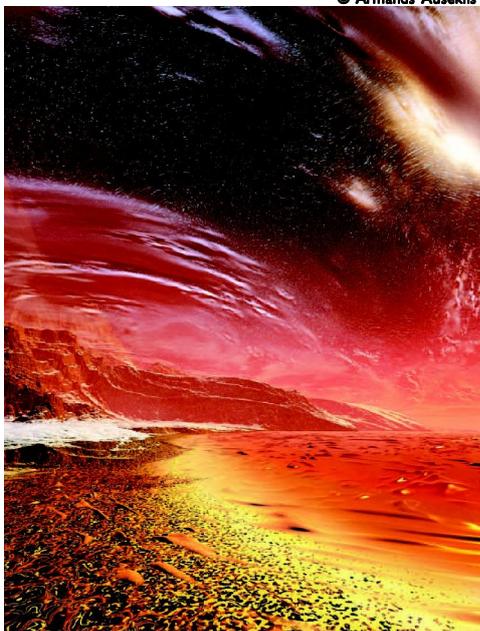
© EMG/ M-Sat

thode d'affichage tridimensionnel sophistiquée, l'algorithme de Reyes.

Créer un univers parallèle de l'alpha jusqu'à l'oméga

Pratiquement, l'explorateur se déplace dans un monde basse résolution, et lorsqu'un endroit lui semble agréable, il lance un calcul de rendu précis. L'élaboration de l'image prend alors de l'ordre de la minute sur une configuration moyennement puissante (type Pentium III 700 MHz), ce qui laisse deviner la

© Armands Auseklis



© EMG/ M-Sat

complexité des opérations sous-jacentes. « Il n'y a théoriquement pas de limites à la résolution de ce logiciel, explique Ken Musgrave, nous pouvons agrandir les terrains à n'importe quel niveau de précision, tout en conservant le même degré de réalisme. Seule la puissance du processeur impose une limite pratique, car les calculs sont extrêmement gourmands en temps de calcul. »

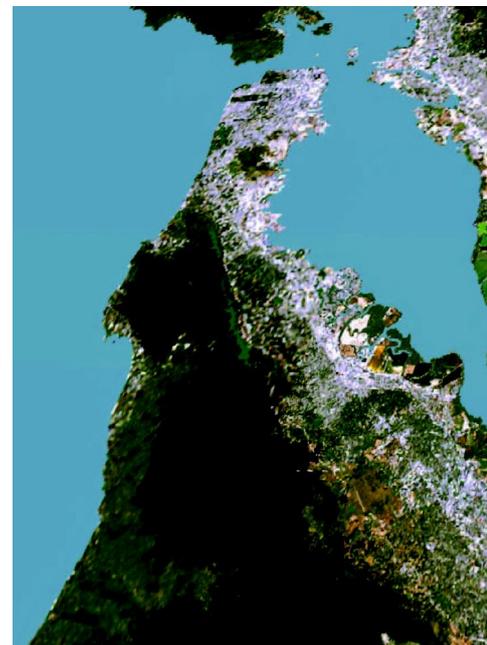
Le but ultime de *Mojoworld* est de transformer son utilisateur en démiurge : « Le programme, en un certain sens, est en développement depuis quinze ans. *Mojoworld* est juste un commencement, poursuit Ken Musgrave, un aperçu de ce que nous souhaitons faire : plus de réalisme dans le rendu, plus de diversité dans le contenu, plus d'interactivité, jusqu'à recréer un univers complet. Chacun y fondera son propre monde, modélisé suivant son goût, et offrira ainsi à tous les autres sa propre contribution à l'ensemble. »

Pour des applications professionnelles ou grand public, *Mojoworld*, qui compterait à l'heure actuelle environ 50 000 utilisateurs, permet d'« exporter » les images soit sous forme graphique (fichiers « raster »), soit comme base de données topographi-

que. Ces fichiers peuvent être traités dans un logiciel tiers, en vue de créer des effets artistiques ou des applications « culturelles », comme la « cyber-visite » de bâtiments réels mais implantés dans un décor inventé, la reconstitution de scènes à partir de données incomplètes, etc. « Nous exportons des images au format DEM ou PNG, plus la plupart des formats de terrain à 8 bits. Et vous pouvez, à l'inverse, importer des fichiers de données mesurées pour les travailler sous *Mojoworld*. »

Un atlas interactif précis jusqu'au centimètre

Plus « terre à terre », mais toujours aussi réaliste, le logiciel *Eingana*, développé conjointement par les deux sociétés françaises M-Sat et EMG. Il s'agit ici d'un atlas terrestre interactif, disponible en deux CD-Rom, qui permet à l'utilisateur de parcourir, ou de survoler à n'importe quelle altitude, n'importe quel lieu à la surface du globe. La base de données géographique est issue de l'exploita-





REPRESENTER

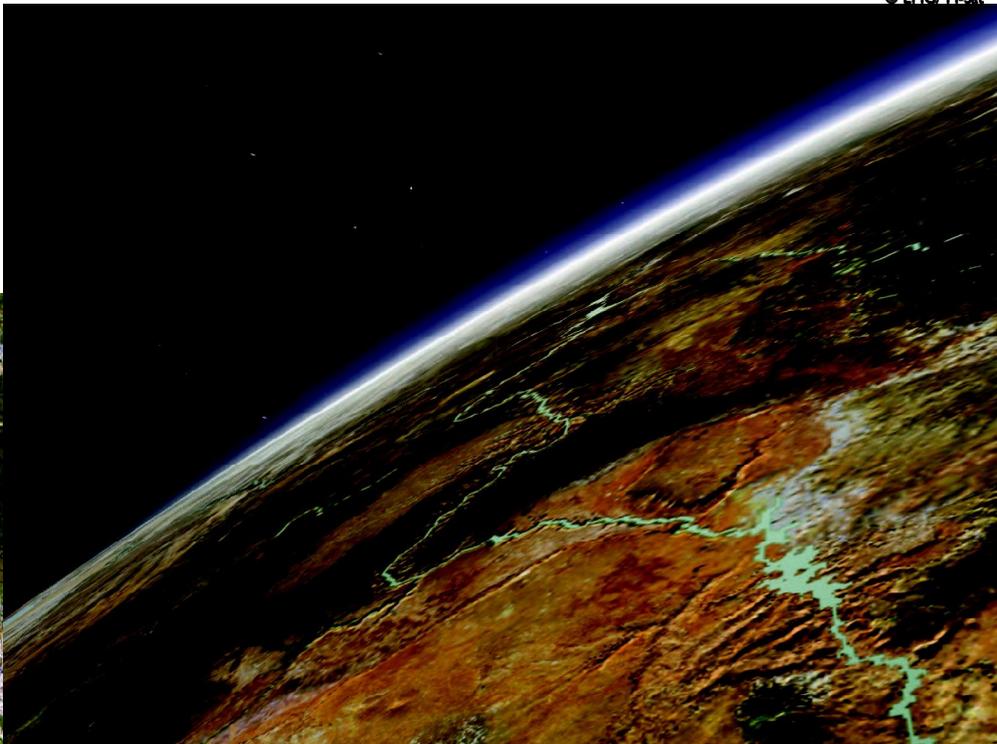
tion des images satellites effectuée par M-Sat. « Le maillage de base atteint un kilomètre partout, trente mètres en Europe et aux Etats-Unis, dix mètres en milieu urbain, voire trois mètres dans certains cas particuliers, précise Hubert Dupont, directeur commercial chez M-Sat. Nous travaillons sans cesse à son enrichissement, en prospectant inlassablement toutes les bases de données disponibles. Eingana est un produit évolutif. »

Comment faire exploser les données

Entre les différents points de la grille, le logiciel Eingana exploite une technique appelée « Scaper », fondée sur l'« explosion de données », qui effectue les interpolations du terrain selon la technique procédurale. L'algorithme exact fait l'objet d'un dépôt de brevet par EMG. Ses performances sont telles qu'il permet d'atteindre une précision de l'ordre du centimètre. Quant à la méthode de rendu tridimension-



© EMG/ M-Sat



© EMG/ M-Sat

Comme si ...vous étiez à bord de la navette spatiale



© EMG/ M-Sat