Bases de la modélisation polygonale : le menu spécial

Ce menu est accessible en mode Edit lorsque vous appuyez sur la touche [W]. Il offre alors plusieurs options qui peuvent interagir avec vos maillages, certaines étant accessibles par ailleurs (dans les panneaux de certains menus, ou dans les en-têtes de certaines vues), et ayant été regroupées dans ce menu par souci de convivialité. Les principales options sont décrites ci-dessous.

• Subdivide : toutes les arêtes sélectionnées sont subdivisées en leur centre.



Figure 4–51 À droite, le cube après une simple subdivision

• Subdivide Multi : toutes les arêtes sélectionnées sont subdivisées un certain nombre de fois ; une fenêtre apparaît alors pour demander à l'utilisateur le nombre de coupes (*Number of Cuts*) souhaitées. Par exemple, deux coupes partageront une arête en trois segments.



Figure 4–52 À droite, le cube après une subdivision à 4 coupes

• Subdivide Multi Fractal : identique à Subdivide Multi, sauf qu'une fenêtre supplémentaire apparaît pour demander le pourcentage de perturbation fractale ; en effet, le maillage ainsi produit sera déplacé aléatoirement, sommet par sommet, dans une direction ou l'autre, ce qui est idéal pour la génération de terrains irréguliers.



Figure 4–53 À droite, le cube après subdivision à 4 coupes et déplacement fractal des sommets

Specials
Subdivide
Subdivide Multi
Subdivide Multi Fractal
Subdivide Smooth
Merge
Remove Doubles
Hide
Reveal
Select Swap
Flip Normals
Smooth
Bevel
Set Smooth
Set Solid
Blend From Shape
Propagate To All Shapes
Select Vertex Path

La 3D libre avec Blender

• Subdivide Smooth : identique à Subdivide Multi, sauf qu'une fenêtre supplémentaire apparaît pour demander le taux de lissage du maillage obtenu ; le lissage du maillage obtenu aura pour effet d'atténuer ses creux et reliefs.



• *Merge* : cette fonction fusionne en un seul sommet tous les sommets sélectionnés ; une fenêtre apparaît pour demander à l'utilisateur si la fusion doit avoir lieu au centre théorique de la sélection (*At Center*) ou sur la position du curseur 3D (*At Cursor*).



- *Remove Doubles* : cette fonction recherche dans la sélection de sommets tous ceux qui sont à une distance inférieure ou égale à 0.001 unités de Blender l'un de l'autre (cette valeur peut être réglée, en mode *Edit*, dans le panneau *Mesh Tools*, menu *Editing*, touche [F9], grâce au bouton numérique *Limit*), et supprime les sommets répondant à ce critère. Ce traitement est souvent nécessaire après une opération d'extrusion ou de duplication avortée involontairement par l'utilisateur ; les sommets excédentaires se manifestent souvent, dans la vue 3D (mode ombré, touche [Z]) ou au cours du rendu, par des artefacts dans le lissage des surfaces.
- Hide et Reveal : ces deux options permettent respectivement de masquer la sélection, ou au contraire de la rendre à nouveau visible ; cette opération est souvent utile lorsque l'utilisateur travaille sur un maillage complexe, et qu'il veut n'afficher que la zone qui l'intéresse. À noter que certains outils, comme l'outil d'édition proportionnelle, n'ont aucune influence sur les facettes masquées. Les combinaisons de touches [H] et [Alt]+[H] activent ces deux fonctions en mode Edit, que l'on retrouve également dans le panneau Mesh Tools 1 du menu Editing, touche [F9].
- Select Swap : permet d'inverser la sélection du maillage en cours.

Figure 4–54 À droite, le cube après subdivision simple et adoucissement des angles

Figure 4–55

Les trois sommets du côté au premier plan ont été fusionnés en un seul sommet central.

- *Flip Normals* : les normales d'un maillage pointent en principe toutes vers l'extérieur ou vers l'intérieur de celui-ci. Dans certains cas (radiosité, par exemple), vous souhaiterez pouvoir inverser la direction des normales ; ce bouton vous le permet.
- Smooth : cette fonction permet de lisser la sélection de votre maillage ; ses creux et ses bosses vont s'atténuer, et le maillage semblera légèrement diminuer de volume. Par exemple, si vous partez d'un cube subdivisé plusieurs fois, en appliquant cette fonction à plusieurs reprises, vous allez obtenir un objet aux bords très arrondis.



Figure 4–56 À droite, le cube après plusieurs applications de la fonction Smooth

Bevel : cette fonction permet d'ajouter un chanfrein aux arêtes sélectionnées de votre maillage (un script Python, Bevel Center, permet de spécifier un rayon de congé, à la place d'un simple chanfrein); de façon interactive, en déplaçant la souris (bouton gauche ou touche [Entrée] pour valider, bouton droit ou touche [Echap] pour annuler), vous spécifiez la largeur du chanfrein. Avant de valider, vous pouvez également utiliser le bouton central pour basculer du mode normal (chanfrein appliqué aux arêtes sélectionnées) au mode sommets (chanfrein appliqué aux sommets).





• Set Smooth et Set Solid : vos maillages sont constitués de facettes ; lors du rendu, les facettes seront clairement apparentes. En sélectionnant un groupes de facettes (ou la totalité d'entre elles) et en utilisant la fonction Set Smooth, le rendu donnera l'illusion que la surface de l'objet est parfaitement progressive, au lieu d'être constituée de facettes. Au contraire, Set Solid préserve l'aspect à facettes de l'objet.



Figure 4–58 La moitié supérieure du cylindre est en Set Smooth, l'autre moitié en Set Solid.

3DS MAX Transformation de sélection

Dans 3ds max, la sélection en cours dans l'un des modes (sommet, arête, facette...) n'affecte pas la sélection dans les autres modes de sélection. Il est donc nécessaire de passer par le menu contextuel (*bouton droit*) puis de sélectionner *convert to face, convert to vertex* ou *convert to edge*.

Travailler avec les boucles

Les boucles sont soit une suite continue d'arêtes qui démarrent et terminent sur le même sommet, soit une suite continue de facettes qui démarrent et terminent sur la même arête. Dans le premier cas, il s'agit d'une boucle d'arêtes, dans le second, d'une boucle de facettes.

Outil de transformation de sélection de boucle en région

Lorsqu'une boucle d'arêtes, ou une succession d'arêtes, est sélectionnée, délimitant une région finie, l'option *Loop to Region* du menu *Edge Specials*, combinaison de touches [Ctrl]+[E] (en mode *Edit*) permet d'afficher la sélection de toutes les facettes comprises à l'intérieur de ces frontières virtuelles.



Figure 4–59

Vous pouvez créer des frontières complexes grâce aux sélections multiples (touche [*Maj*]) de boucles ou d'arêtes. Si vous définissez une sous-région enclose dans une plus grande région, les facettes de la sous-région seront soustraites aux facettes de la grande région lors de l'usage de l'outil *Loop to Region*. Vous pouvez ainsi multiplier à loisir les frontières, créant autant de régions et de sous-régions que souhaité, ainsi qu'en témoignent les illustrations suivantes.



Figure 4-60

À noter l'existence de l'outil *Region to Loop*, qui fait exactement l'inverse de l'outil *Loop to Region* : il transforme en boucles des groupes de facettes sélectionnées, n'en retenant que les arêtes constituant la frontière de la région.

Sélection de boucles d'arêtes ou de facettes

Il est possible de sélectionner une boucle d'arêtes en utilisant la combinaison de touches [Alt]+bouton droit de la souris sur une arête particulière. De même, la sélection d'une boucle de facettes s'effectue en utilisant la combinaison de touches [Ctrl]+[Alt]+bouton droit de la souris.



Figure 4–61

À gauche, sélection d'une boucle d'arêtes, et à droite, sélection d'une boucle de facettes

Comme avec toute sélection dans Blender, il est possible d'ajouter à la sélection d'autres boucles (d'arêtes ou de facettes) en maintenant pressée la touche [Maj].

Couper une boucle de facettes

Il s'agit d'une fonction très intéressante, qui permet d'ajouter une boucle d'arêtes au sein d'une boucle de facettes, ce qui revient à séparer en deux (ou plus) la boucle de facettes. L'insertion de nouvelles boucles est une technique communément utilisée en phase de modélisation pour ajouter des détails en un endroit précis, principalement lors de la modélisation d'objets organiques.

Pour couper une boucle de facettes, vous passerez par l'une des deux méthodes suivantes :

- touche [K] pour appeler le menu Loop/Cut ;
- combinaison de touches [Ctrl]+[R] pour lancer directement l'outil Loop Cut.

Dans les deux cas, une boucle d'arêtes couleur magenta apparaît pour indiquer la boucle de facettes qui sera coupée ; vous pouvez alors sélectionner une boucle d'arêtes à un endroit ou l'autre de votre modèle, plus exactement en positionnant le curseur de votre souris sur une arête à séparer, en validant la boucle de facettes choisies avec le *bouton gauche* de la souris ou la touche [*Entrée*] (vous pouvez annuler l'action grâce au *bouton droit* ou la touche [*Echap*]).

Après validation, Blender se place en mode interactif, vous autorisant à positionner précisément la boucle d'arêtes ; ainsi, vous n'êtes pas obligé de séparer une boucle de facettes en son milieu, mais à l'endroit de votre choix, le long d'une arête transversale (en vert) à la future boucle.

ASTUCE Insérer de multiples boucles

À noter que vous pouvez utiliser la *molette* de votre souris ou directement saisir au clavier le nombre de boucles d'arêtes que vous souhaitez insérer.

ASTUCE Supprimer une boucle d'arêtes

Il vous est possible de supprimer une boucle d'arêtes, à condition qu'elle soit elle-même encadrée par deux boucles d'arêtes. Pour cela, sélectionnez la boucle d'arêtes à supprimer grâce à la combinaison de touches [Alt]+bouton droit et appuyez sur la touche [X] ou la touche [Suppr]pour appeler le menu *Erase* : choisissez alors *Edge Loop* dans la liste.



Figure 4–62 La ligne magenta indique la boucle d'arêtes à diviser.



Figure 4–63 La boucle jaune positionne la future boucle par rapport à l'arête verte.

(P)ercentage: -0.020000

Figure 4–64 La barre d'en-tête renseigne l'utilisateur sur la position de la coupe.

Pendant cette phase interactive, vous pouvez positionner à la souris la nouvelle boucle d'arêtes. En bas à gauche de la vue 3D, vous pouvez visualiser la position de la future boucle par rapport à l'arête de référence : 0 correspond au milieu de l'arête, -1 à une extrémité, et +1 à l'autre. En maintenant la touche [Ctrl] pressée, l'arête se positionnera selon un pas grossier; pour un placement plus fin, pressez la touche [Maj].

Opérations spéciales sur les arêtes

Outils couteau (Knife)

Loop/Cut Menu Loop Cut (CTRL-R) Knife (Exact)

Knife (Midpoints)

Knife (Multicut)

L'outil couteau est un autre moyen d'ajouter des détails à un modèle. Il ne fonctionne toutefois que sur un ensemble de facettes sélectionnées. En appuyant sur la touche [K], un menu flottant apparaît vous demandant quel type de coupure réaliser. Le curseur de la souris se change alors en un petit couteau.

Figure 4–65 Le menu Loop/Cut

- *Knife (Exact)* : le couteau est utilisé pour insérer des sommets aux endroits exacts où sa trajectoire coupe une arête sélectionnée ; seule la première intersection est prise en compte.
- *Knife (Midpoints)* : le couteau est utilisé pour insérer des sommets au milieu des arêtes traversées.
- *Knife (Multicut)* : le couteau est utilisé pour insérer le nombre de sommets déterminés au milieu des arêtes traversées (une boîte de dialogue flottante apparaît pour déterminer le nombre de coupures).

Number of Cuts: 2 OK

Figure 4–66

Bien sûr, l'outil couteau peut traverser un nombre indéfini d'arêtes distinctes, mais un seul comportement (*Exact*, *Midpoint*, *Multicut*) est retenu pour chacune de ces arêtes.



ASTUCE Couper à travers un sommet

Si vous appuyez sur la touche [*Ctrl*] pendant que vous dessinez la ligne de coupure, le couteau devient aimanté et son tracé passe automatiquement par la position exacte du sommet le plus proche. Lorsque la touche n'est pas pressée, l'outil *Knife* conserve son comportement habituel.

Figure 4–67 Respectivement, la trajectoire du couteau, puis les résultats en mode Exact, Midpoint et Multicut

Rotation d'arêtes

Vous pouvez faire tourner une arête sur elle-même, soit dans le sens des aiguilles d'une montre (CW), soit dans le sens inverse (CCW), sans modifier la géométrie générale de votre modèle. Normalement, si vous faites tourner une arête, elle conserve sa longueur, et donc, modifie la forme de votre modèle. Dans ce cas particulier, la forme extérieure du modèle ne change pas; c'est la longueur de l'arête qui se modifie en fonction de son angle de rotation.

> **Edge Specials** Mark Seam Clear Seam Rotate Edge CW Rotate Edge CCW Loopcut Edge Slide Edge Loop Select Edge Ring Select Loop to Region Region to Loop Mark Sharp Clear Sharp

Figure 4–68 Le menu Edge Specials

Pour accéder à cette fonction, sélectionnez l'arête à faire tourner et utilisez la combinaison de touches [Ctrl]+[E] pour afficher le menu spécial des arêtes. Choisissez ensuite Rotate Edge CW ou Rotate Edge CCW. Vous validerez la nouvelle position de l'arête grâce au bouton gauche de la souris (ou à la touche [Entrée]).



À gauche, le modèle original, au centre, rotation de l'arête dans le sens CW, et enfin, à droite, rotation de l'arête dans le sens CCW

BON À SAVOIR Les arêtes attenantes

Blender ajoute autant de sommets, d'arêtes et de

faces que nécessaire pour préserver la géométrie

existante, avant l'usage de la fonction Rotate Edge. Par exemple, sur la figure 4–69, nous

voyons clairement, en comparant le cube d'origine

à gauche et le cube après une opération de rotation CCW à droite, que l'arête a pivoté, mais que

les arêtes horizontales anciennement contiguës à

celle-ci n'ont pas bougé.

Figure 4–70 À gauche, le modèle original, au centre, avec l'arête en cours de glissement, et à droite, l'arête après glissement





Dans le même ordre d'idée que la rotation d'arêtes, il va s'agir de faire glisser la position de l'arête sans modifier la forme extérieure du modèle : c'est la longueur des arêtes liées à celle en cours d'édition qui variera pour préserver la forme extérieure du modèle.

Pour accéder à cette fonction, sélectionnez l'arête à faire glisser et utilisez la combinaison de touches [Ctrl]+[E] pour afficher le menu spécial des arêtes. Choisissez ensuite Edge Slide pour faire glisser l'arête sélectionnée le long de l'arête verte de référence. Vous validerez la nouvelle position de l'arête grâce au bouton gauche de la souris (ou à la touche [Entrée]).



Déchirer un maillage

Il est possible de déchirer un maillage très simplement. En mode *Edit*, sélectionnez un sommet, et appuyez sur la touche [V]. Vous êtes désormais dans un mode interactif, et le sommet sélectionné est déplacé à la souris (validation de la position grâce au *bouton gauche* ou à la touche *[Entrée]*), laissant un trou dans le maillage.



Figure 4–71 Déchirure du maillage en un sommet précis

Vous pouvez également sélectionner un ou plusieurs sommets contigus à la fois, et même des arêtes contiguës.

Les espaces ainsi créés peuvent servir d'ouverture (manches, bouches, paupières) ou être par la suite remplis grâce à de nouvelles facettes pour former des rides ou des plis.

Maillages multirésolution

Les maillages multirésolution permettent de stocker différents niveaux de subdivision, tout en garantissant que chaque niveau soit éditable, et que les modifications apportées à un niveau soient communiquées aussi bien aux niveaux inférieurs que supérieurs de résolution. Quelques avantages parmi les plus évidents :

- possibilité de travailler (mise en place d'armatures, mise au point d'animations, etc.) sur un modèle de faible résolution dans la vue 3D sans ralentissement excessif et d'effectuer des rendus avec des maillages de haute (voire très haute) résolution avec tous les détails qui y ont été intégrés;
- correction aisée de la forme générale d'un maillage sur une version basse résolution par action sur quelques sommets seulement, plutôt que par modifications laborieuses (à coups d'outils de sélection et d'outils d'édition proportionnelle) sur des quantités massives de sommets.

Une limitation importante à saisir est qu'il n'est pas possible d'ajouter à la géométrie des formes. On peut seulement les éditer et les subdiviser. Cela veut dire que, à un niveau de résolution donné, il est impossible d'ajouter ou de supprimer des sommets, arêtes ou facettes.

Les maillages multirésolution sont particulièrement utiles lorsqu'ils sont employés conjointement à l'outil de sculpture 3D, le Sculpt mode. Il est possible d'activer la multirésolution d'un maillage grâce au bouton Add Multires du panneau Multires du menu Editing [F9].

Multires				Multires		
Apply	Multires			Apply	Multires	
Add Level	Catmull-Clark	\$	Γ	Add Level	Catmull-Clark	\$
				Del Lower	Del Higher	
				Lev	el: 2	
				4 Edg	es: 1	►
			1	Rendering		
				Pi	n: 1	\rightarrow
				Ren	der: 2	

- *Apply Multires* : applique le niveau de résolution actuel au maillage, tout en supprimant tous les autres niveaux, supérieurs comme inférieurs.
- Add Level : accroît d'un niveau le niveau de résolution du maillage. Ce nouveau niveau devient le niveau courant de résolution. Il est possible de choisir le type de subdivision conduisant à ce nouveau niveau : *Catmull-Clark* ou *Simple Subdiv.*, exactement comme avec le modificateur *Subsurf*.

Dès qu'au moins un niveau de résolution a été ajouté, d'autres boutons apparaissent pour permettre à l'utilisateur de gérer les différents niveaux de résolution.

- Del Lower, Del Higher : supprime *tous* les niveaux de résolution inférieurs (Del Lower) ou supérieurs (Del Higher) au niveau courant.
- *Level* : détermine le niveau de résolution courant, visible et éditable dans la vue 3D.
- *Edges* : affiche les arêtes du maillage conformément au niveau de résolution précisé, ce qui permet d'afficher la topologie du maillage sans que la vue soit encombrée par un trop grand nombre d'arêtes pour les hauts niveaux de subdivision.

Le deux dernières options sont relatives au rendu de l'objet multirésolution :

- *Pin* : impose le niveau d'effet des modificateurs à appliquer à l'objet au moment du rendu ;
- *Render* : définit le niveau de subdivision à prendre en compte au moment du rendu.

Enfin, vous noterez que la carte UV et les informations comme les *seams* (coutures de dépliage) et les *creases* (dureté des arêtes) ne peuvent être stockées qu'au premier niveau de subdivision. De plus, les *Shape Keys* (formes clé d'animation) ne peuvent pas être utilisées avec un maillage multirésolution.

Figure 4–72

Le panneau Multires, après activation de la fonction, et après ajout d'un premier niveau de subdivision

Retopologie

La retopologie est une méthode permettant de construire un nouveau maillage sur les bases de la surface d'autres objets qui peuvent être aussi bien des maillages que des métaballes ou encore des surfaces NURBS. L'emploi de la retopologie peut répondre à divers besoins :

- conversion manuelle d'un objet procédural (métaballes) ou mathématique (NURBS) en un maillage ;
- reconstruction d'un maillage mal modélisé en vue de permettre sa bonne déformation lors des animations ou d'un simple nettoyage ;
- aide à la modélisation d'éléments devant s'ajuster finement aux formes d'un autre objet (modélisation de vêtements ou de parures, par exemple).

La retopologie est une technique qui peut nécessiter de solides bases de modélisation pour en tirer un meilleur parti que la modélisation traditionnelle, en particulier lorsque l'objectif est de reproduire un objet existant tout en optimisant le maillage ou en le rendant propre à l'animation à l'aide d'armatures, par exemple.

Lorsque vous entrez en mode *Edit ([Tab])*, l'onglet *Mesh* du menu *Editing* [F9] présente un bouton *Retopo*. Si vous l'activez, une paire de boutons supplémentaires apparaît.

- Retopo : active/désactive le mode de retopologie.
- *Paint* : active/désactive les outils de peinture de polygone, permettant de dessiner des lignes dans la vue 3D.
- *Retopo All* : déplace les sommets sélectionnés sur la surface de l'objet modèle.



Figure 4–73 Les options Retopo du panneau Mesh

Retopologie par modélisation

La méthode pour effectuer une retopologie est simple, mais atypique : affichez votre modèle (ou la portion du modèle qui vous intéresse) et ajoutez un nouvel objet *Mesh* (peu importe lequel ; par exemple, un plan : *Add>Mesh>Plane*). Tout en restant en mode *Edit*, assurez-vous que tous

Bon à savoir La retopologie et la complexité des objets modèles

La retopologie fonctionne sur la base du tampon de profondeur de la vue 3D active ; l'objet modèle aura beau être complexe, il n'affectera en rien la vivacité des outils de retopologie.

ASTUCE Retopologie avec des courbes ?

Le bouton *Retopo* est également disponible en mode édition pour des objets de type *Curves* ou *Surfaces* (*Add>Curves>...* ou *Add>Surfaces*)...). Il apparaît alors dans le panneau *Curve Tools1*.

ASTUCE L'option X-ray

Si vous avez du mal à visualiser le nouveau maillage parce qu'il se confond avec le modèle, ou parce que certaines facettes passent totalement ou partiellement sous sa surface, vous trouverez avantage à activer le bouton X-ray (panneau Draw, Object buttons, menu Object, touche [F7]).

les sommets sont bien sélectionnés (touche [A], une à deux fois, si nécessaire) puis, supprimez-les (touche [X]). Oui, vous avez bien lu, il faut les supprimer mais rester en mode *Edit* : enclenchez le bouton *Retopo* du panneau *Mesh*, puis ajoutez un premier sommet avec la combinaison de touches [*Ctrl*]+bouton gauche de la souris, puis un autre, etc. Vous êtes désormais dans un cadre de modélisation polygonale classique, à l'exception que tous les sommets ajoutés seront « déposés » à la surface de l'objet modèle.

Tant que le bouton *Retopo* est actif, les opérations affectant les sommets (déplacement, touche [G], rotation, touche [R] et redimensionnement, touche [S]) les maintiendront sur la surface de l'objet modèle. L'ajout de nouveaux sommets a lieu avec la combinaison de touches [Ctrl]+bouton gauche, une arête étant automatiquement créée entre le nouveau sommet et le dernier sommet sélectionné, et positionnée sur la surface de l'objet modèle. Il en est de même si la technique d'extrusion (touche [E]) est employée pour construire le nouveau maillage.

Retopologie par peinture des polygones

Le mode *Paint* n'est disponible que lorsque l'objet en cours de création est de type *Mesh* (les objets de type *Curve* ou *Surface* ne peuvent donc en bénéficier). Il permet de dessiner des traits à main levée, des segments de droite ou des ellipses, les traits résultants étant bien sûr automatiquement positionnés à la surface du modèle ; un sommet est positionné à chaque intersection de deux traits, et l'usage de la touche [*Entrée*] permet de générer les triangles ou les quadrangles correspondant à ce qui a été peint. Si le polygone formé par les traits se croisant comprend plus de 4 côtés, la facette n'est pas créée, Blender n'acceptant que des triangles ou des quadrangles. L'utilisateur doit alors recourir aux outils traditionnels de modélisation polygonale pour compléter les facettes manquantes.



Pen	Line	Ellipse	Hotspot
Pen	Line	Ellipse	LineDiv 25
Pen	Line	Ellipse	EllDiv 25 🕨

Les outils de peinture disponibles sont relativement primitifs :

 Pen : permet de tracer des traits à main levée ; il est possible d'activer l'option Hotspot, qui permet à l'outil Pen de détecter l'extrémité d'un autre trait de type Pen, et de démarrer directement à partir de celui-ci. Si une extrémité est détectée à proximité du pointeur de la souris, elle est automatiquement encerclée ;

- *Line* : permet de tracer un segment de droite ; le paramètre *LineDiv* permet de déterminer le nombre de subdivisions du segment, une valeur importante lui permettant de se conformer plus facilement à un modèle complexe ;
- *Ellipse* : permet de tracer une ellipse ; le paramètre *EllDiv* détermine le nombre de segments constituant l'ellipse ; trois segments produisent un triangle, quatre un carré, et ainsi de suite, un nombre élevé tendant à produire une ellipse parfaitement continue.

Exemple simple d'usage de la fonction de retopologie

Il n'est pas nécessaire d'avoir à rebâtir un maillage entier pour trouver des applications utiles au quotidien de la fonction *Retopo*. Un exemple simple est la modélisation de vêtements ou de parures pour des personnages, comme le montre l'exercice suivant : lancez une nouvelle session de Blender, ou réinitialisez la scène courante (combinaison de touches [Alt]+[X]). Supprimez (touche [X]) le cube par défaut, remplacez-le par la tête de Suzanne (Add>Mesh>Monkey) et quittez le mode *Edit* (touche [Tab]). Zoomez dans la vue et faites-la pivoter pour avoir une bonne vision du front de Suzanne. Idéalement, ajoutez un modificateur de type *Subsurf* (panneau *Modifiers*, *Add Modifier>Subsurf*) et lissez l'ombrage des facettes (bouton *Set Smooth* du panneau *Link and Materials*), le tout dans le menu *Editing*, touche [F9]. L'objectif va être simple : ajouter un serre-tête à Suzanne.

ASTUCE Bouclage des lignes

La touche [*C*] permet de déterminer si le trait courant (qu'il soit obtenu par les outils *Pen*, *Line* ou *Ellipse*) boucle sur lui-même ou non. Par exemple, tracez une forme non close avec l'outil *Pen*, et appuyez sur la touche [*C*] pour la clore.

Figure Notre o il ne res

Figure 4–75 Notre objet modèle est en place, il ne reste plus qu'à esquisser un serre-tête.

Ajoutez maintenant un maillage quelconque (*Add>Mesh>Plane*) et tant que tous les sommets sont sélectionnés, supprimez-les (touche [X]) pour obtenir un objet vierge, mais toujours en mode *Edit* (ne touchez donc pas à [*Tab*] !). Activez ensuite le bouton *Retopo*, puis le bouton *Paint*. Dans l'en-tête de la vue 3D, sélectionnez l'outil de dessin à main levée, *Pen*. Dessinez un bandeau grâce à deux lignes vaguement horizontales (suivant quand même la courbure de la tête) que vous quadrillez de lignes verticales, relativement rapprochées.



Validez la création des polygones grâce à la touche [Entrée] et observez le maillage qui a été créé par le mode *Retopo* : à chaque intersection de ligne, un sommet à été positionné, et les facettes créées à partir de chacun des sommets. Dans le menu *Object*, touche [F7], activez l'option X-ray dans le panneau *Draw* pour mieux visualiser l'ébauche de serre-tête, puis revenez dans le menu *Editing*, touche [F9]. Dans l'onglet *Modifiers*, ajoutez un modificateur de type miroir (*Add Modifier>Mirror*) qui, par défaut, devrait convenir à vos besoins si vous avez suivi les instructions pas à pas (ajustez tout de même la valeur *Merge Limit* à 0.1000 environ).



Malheureusement, le serre-tête ne couvre pas la tempe, nous allons donc le prolonger un peu : en sélectionnant la dernière arête (ou les deux sommets

Figure 4–76 L'outil Pen permet de dessiner à main levée la topologie du futur serre-tête en plaçant un sommet à chaque intersection.

Figure 4–77 Le serre-tête commence à se dessiner, en suivant la courbure du crâne de Suzanne.

la constituant), en vue de côté *opposée* (combinaison de touches [Maj]+[3] du pavé numérique), extrudez cette arête grâce à la touche [E], à deux ou trois reprises, en choisissant l'option *Only Edges* (attention, le bouton *X-ray* peut être trompeur et provoquer l'ajout des arêtes du mauvais côté de la tête, d'où l'usage de la vue de côté *opposée*, combinaison de touches [Maj]+[3], au lieu de la vue de côté *classique*, touche [3]).



Figure 4–78 Les bases du serre-tête sont désormais en place, ajustées au plus près du crâne de Suzanne.

Nous allons maintenant donner de l'épaisseur au serre-tête grâce à un script d'aide à la modélisation : sélectionnez tous les sommets formant la base du bandeau (touche [A]) et, dans l'en-tête de la vue 3D, choisissez Mesh>Scripts>Solidify Selection ; vous pouvez accepter les paramètres par défaut, ou jouer avec si vous le souhaitez.



Figure 4–79 Et voilà, Suzanne est désormais parée d'un serre-tête rudimentaire.

Nous avons dans cet exercice réalisé quelque chose de grossier, certes, mais très facilement. Les polygones peints ont automatiquement été ajustés à la surface de l'objet en modèle ; de même pour les facettes qui ont été ajoutées par extrusion. La même technique fondamentale peut être appliquée pour habiller un personnage (pantalon, ceinture, bracelet, montre, collier, etc.), peaufiner un décor (route goudronnée, etc.) ou tout autre travail nécessitant de démarrer avec des polygones épousant les formes d'un autre objet.

Boolean Tools Intersect Union Difference Add Intersect Modifier Add Union Modifier Add Difference Modifier

Figure 4–80 Le menu des opérations booléennes

ASTUCE En cas de faces coplanaires

Si vous cherchez à appliquer une opération booléenne sur deux objets dont une ou plusieurs faces sont coplanaires, l'opération se soldera par un échec. Généralement, faire pivoter l'un des deux objets d'un angle très faible pour rompre le caractère coplanaire suffit pour que l'opération soit un succès à la seconde tentative.

> **Figure 4–81** Les objets d'origine de nos opérations booléennes

Opérations booléennes

Par le biais des opérations booléennes, il est possible de considérer les maillages comme des volumes et, à ce titre, de réaliser des opérations élémentaires entre ces volumes. Les opérations booléennes disponibles sont les suivantes :

- union les volumes sont ajoutés les uns aux autres ;
- intersection seuls les volumes communs aux différents objets sont conservés;
- différence l'un des volumes est soustrait au second.

Dans Blender, une opération booléenne ne peut être employée que sur deux objets à la fois. Autant que possible, ils ne doivent pas avoir de faces coplanaires, ce qui risquerait d'entraîner l'échec de l'opération. Sélectionnez un objet (*bouton droit* de la souris), puis ajoutez un second objet à la sélection (touche [*Maj*] pressée, *bouton droit* de la souris). Appuyez sur la touche [*W*] pour appeler le menu des opérations booléennes.

Quelle que soit l'opération utilisée, le résultat sera présenté sous forme d'un maillage totalement indépendant des maillages d'origine ; les objets résultants et d'origine se superposeront donc, mais vous pouvez sélectionner les objets d'origine et les expédier un à un sur un calque invisible (touche [M], sélectionnez un calque inactif, puis appuyez sur la touche [Entrée] ou cliquez sur le bouton OK).

Considérons une scène très simple, constituée d'une sphère noire et d'un cube blanc.



• Union : avec cette opération, les deux maillages sont fondus en un seul, en ne conservant que les facettes constituant l'enveloppe extérieure. Les sommets, arêtes et faces en surplus à l'intérieur des deux volumes sont supprimés.



Figure 4–82 Le résultat d'une opération Union

• *Difference* : pour cette opération, l'ordre de sélection a une importance, car l'objet actif (le dernier sélectionné) sera soustrait au premier objet sélectionné. Vous noterez que la surface résultante commune aux deux anciens objets hérite de la couleur de l'objet qui se soustrait.



Figure 4–83 Sélection du cube, puis de la sphère : la sphère se soustrait au cube.



Figure 4–84 Sélection de la sphère, puis du cube : le cube se soustrait à la sphère.

• *Intersection* : pour cette opération, seul le volume commun aux deux objets est retenu comme résultat de l'opération booléenne.



Figure 4–85 Intersection de la sphère et du cube

Figure 4–86 Le passage au mode de sculpture se fait en un clic de souris.

REMARQUE Normales des volumes lors des opérations booléennes

Il est très important, pour obtenir des résultats prévisibles et satisfaisants, que toutes les normales des volumes impliqués dans des opérations booléennes pointent, de façon consistante, de préférence vers l'extérieur. En mode *Edit*, dans le panneau *Mesh Tools 1* du menu *Editing*, touche [F9], se trouve un bouton *Draw Faces*; en l'activant, chaque face de votre objet se voit assigner un petit vecteur décrivant la normale, et pointant vers l'intérieur ou vers l'extérieur. S'ils ne pointent pas toujours dans la même direction, vous pouvez forcer Blender à les recalculer de façon homogène grâce à la combinaison de touches [*Ctrl*]+[*N*]. Enfin, dans le panneau *Mesh Tools* se trouve un bouton *Flip Normals*, qui vous permet d'inverser les normales de l'extérieur vers l'intérieur, et réciproquement.

Si les opérations booléennes semblent être particulièrement utiles, elles sont surtout le fruit de la facilité, en ce sens que l'algorithme de génération des facettes, formant les volumes calculés, doit être optimisé. À ce jour, les maillages résultants des opérations booléennes sont tout sauf propres. Souvent, un grand nombre de facettes inutiles peuvent même être générées, nécessitant soit le nettoyage « manuel » du modèle, soit l'usage du modificateur de décimation.

Sculpture en 3D

Le mode *Sculpt* est une méthode de modélisation très différente de ce qui a été présenté jusqu'à présent. Plutôt que d'éditer les sommets, arêtes et facettes individuels d'un maillage, l'utilisateur fait usage de pinceaux et de brosses pour manipuler la surface de l'objet. Quelques informations de base sur ce mode particulier :

- l'ajout ou la suppression de nouveaux sommets, arêtes ou facettes n'est pas permise ;
- l'usage des brosses est particulièrement adapté au travail avec des maillages très denses ;
- le mode Sculpt est surtout adapté au façonnage de formes organiques et courbes, plutôt qu'à celui de surfaces plus mécaniques, planes, régulières ou dotées d'arêtes vives.

Le mode *Sculpt* fonctionne particulièrement bien conjointement aux maillages multirésolutions avec un niveau de subdivision élevé. La possibilité de naviguer d'un niveau de résolution à l'autre permet de sculpter rapidement et facilement la forme générale du maillage à de faibles niveaux de résolution, et de donner d'incroyables détails à leur surface aux niveaux de résolution les plus élevés.

Pour activer le mode *Sculpt*, il suffit de changer le mode dans l'en-tête de la vue 3D de votre choix. Trois nouveaux onglets (*Sculpt*, *Brush* et *Tex-ture*) font alors leur apparition aux côtés du panneau *Multires*, dans le menu *Editing*, touche [F9].

۷	Multires	1	Sculpt	Brusi	1	Texture	
	Brush						
	Draw	S	mooth	Pincl	n I	Inflate	
	Grab		Layer			Flatten	
	Shape						
	Add		S	ub	- 1	Airbrush	
	Size: 50 Strength: 25						
	Symmetry			LockA	xis		
	XV		Ζ	X	1	(Z	

Figure 4–87 Le panneau Sculpt

Le panneau *Sculpt* est divisé en trois parties : *Brush*, pour déterminer le type d'outil de sculpture à employer ; *Shape*, pour en déterminer les propriétés et caractéristiques ; et enfin *Symmetry* pour en déterminer le mode d'application sur la surface.

Dans la vue 3D, lorsque le mode *Sculpt* est activé, le curseur de la souris change de forme et est entouré d'un cercle dont la dimension peut être déterminée grâce au paramètre *Size*. Le principe est simple : en maintenant enfoncé le *bouton gauche* de la souris, déplacez le curseur pour que la surface balayée soit déformée par la brosse. Il faut que la brosse soit en mouvement pour affecter la surface : maintenir le curseur immobile audessus de la même position tout en maintenant le *bouton gauche* appuyé n'affecte la surface que si l'option *Airbrush* est active.



Figure 4-88 La taille de la brosse est matérialisée.

Les outils de sculpture

Les outils sont au nombre de sept et permettent des effets variés ; il suffit de déplacer la brosse en maintenant enfoncé le *bouton gauche* de la souris et de déplacer le curseur : la géométrie change.

• *Draw* : dessine un relief aux pentes douces sur la surface. Parfait pour ajouter des collines à un paysage, ou des bosses à une peau.

ASTUCE Masquer une partie de l'objet

Le mode sculpture est redoutable avec des maillages très denses, comme ceux que l'on obtient en multirésolution à des niveaux élevés. En conséquence, vous pouvez observer un ralentissement de votre ordinateur lors de la manipulation de tels objets (rotation du point de vue ou zoom dans la vue 3D).

En mode Sculpt, utilisez la combinaison de touches [Maj]+[Ctrl]+bouton gauche pour masquer l'intégralité de l'objet à l'exception de la portion encadrée par la souris ; alternativement, utilisez la combinaison de touches <math>[Maj]+[Ctrl]+bouton droit pour ne masquer que la portion encadrée par la souris. La combinaison de touches [Alt]+[H] permet de restaurer la visibilité de toutes les portions masquées.

Bon à SAVOIR Quelques options du menu Sculpt

Lorsque vous êtes en mode Sculpt, l'en-tête de la vue 3D présente un menu Sculpt. En particulier, il est possible d'y spécifier si la taille de la brosse doit être matérialisée (Display Brush) ou de ne rafraîchir que les surfaces balayées par la brosse plutôt que la totalité du modèle (Partial Redraw) si vous avez des soucis de performance (sur certaines cartes graphiques, l'activer peut engendrer des ralentissements : à n'utiliser que si vous en avez vraiment besoin). Le sousmenu Input Devices vous permet de régler le comportement de vos périphériques d'entrée. Plus précisément, si vous possédez une tablette graphique, les options Tablet Size Adjust et Tablet Strength Adjust permettent de relier la sensibilité à la pression du stylet à la taille (Size) et/ou la force (Strength) de la brosse.

- Smooth : adoucit la surface du maillage, atténuant les aspérités. Permet d'éroder les angles vifs d'un paysage, ou de lisser des rides trop marquées sur une peau.
- *Pinch* : aspire les sommets (ou les repousse) vers le centre de la brosse, permettant de pincer la surface. Permet de resserrer les parois d'un canyon, les rides d'un visage ou les lèvres d'une personne.
- *Inflate* : repousse les sommets dans la direction de la normale à la surface. Permet de creuser des cratères, ou de provoquer des éruptions de verrues sur une peau.
- *Grab* : sélectionne un groupe de sommets et les déplace en même temps que la brosse. Permet de sculpter directement la forme générale d'un relief ou d'un visage.
- *Layer* : permet de sculpter un plateau dont la hauteur est limitée. Pratique pour délimiter une route ou un plateau.
- *Flatten* : permet d'aplatir les sommets sous la brosse jusqu'à obtenir une surface plane.

La forme de la brosse peut évidemment être paramétrée. Toutes les brosses ne possèdent pas toutes les mêmes réglages. Certaines en ont moins que d'autres.

- *Add*, *Sub* : détermine si la brosse attire la matière, ou la repousse, permettant de façonner des aspérités ou des cavités.
- *Airbrush* : actionne la modification continue du terrain lorsque le *bouton gauche* de la souris est maintenu enfoncé, que le curseur de la souris soit déplacé ou non.
- *Size* : définit la taille de la brosse par rapport à la vue 3D. En conséquence, si vous zoomez en avant ou en arrière de la vue 3D, la taille relative de la brosse semble augmenter ou diminuer proportionnellement, par rapport à la surface sculptée.
- Strength : détermine la force de répulsion ou d'attraction de la brosse sur la surface balayée.

Enfin, les boutons X, Y et Z de la section Symmetry permettent d'appliquer les coups de brosse symétriquement aux axes sélectionnés, ce qui peut être très utile lorsque vous sculptez des modèles symétriques, comme un visage ou une créature. Pour les détails, qui ne devront probablement pas être repris de façon symétrique, ainsi que pour des sculptures volontairement asymétriques, il suffit à l'utilisateur de décocher les boutons activés pour revenir à un comportement normal des outils.

Personnaliser les brosses

Il est possible de personnaliser les brosses, afin qu'elles prennent des formes spécifiques et permettent de sculpter de façon très pointue cer-

taines surfaces. Blender permet de travailler à deux niveaux : l'aire d'effet de la brosse et son rendu.



Figure 4–89

Exemple de transition douce de l'aire d'effet sur la brosse par défaut, et une brosse spéciale à laquelle a été attribuée une texture procédurale Clouds, pour un rendu de la surface très différent !

Paramétrer l'aire d'effet

Il est possible de contrôler l'effet de la brosse grâce à une courbe qui permet de définir interactivement son influence sur la surface et d'obtenir ainsi des formes plus ou moins originales. Les points existants se déplacent directement avec le *bouton gauche* de la souris (cliquerglisser), et il est possible de créer des points supplémentaires (*bouton gauche* sur la courbe) ou d'en supprimer (petite icône de suppression en forme de X, juste au-dessus de l'éditeur de courbe).



Figure 4–90 L'éditeur de courbes qui pilote l'aire d'effet d'une brosse

- *Curve* : définit la transition entre la zone affectée et la surface non affectée. Par défaut, l'option *Curve* est active et la transition déterminée par la courbe de l'onglet *Brush* ; désactivée, la transition est de type *Spherefalloff* mais cela n'est pas paramétrable différemment. Le bouton *Reset* permet bien évidemment de rétablir la courbe de transition par défaut.
- Space : définit un espacement minimal (en pixels, le résultat étant alors variable en fonction de la taille d'affichage ou du zoom de la vue 3D) entre deux zones affectées par la brosse lors de la même opération (bouton gauche et déplacement, jusqu'à ce que le bouton soit relâché). Cela permet de répéter des motifs à intervalles réguliers lorsque cela est nécessaire.

- *View* : définit la vue vers laquelle la brosse est tirée lorsque le *bouton gauche* de la souris est pressé.
- Anchored : lorsque cette option est active, le centre de la brosse ne suit pas les mouvements de la souris, mais reste ancré sur sa position initiale, le mouvement de la souris définissant alors l'amplitude de la déformation appliquée par la brosse.



Figure 4–91

Les mêmes brosses que précédemment, mais avec une transition beaucoup plus abrupte de la brosse !

Le rendu de la brosse

La brosse par défaut affecte uniformément la surface dans l'aire d'effet, mais en associant une texture à une brosse (onglet *Texture*), vous personnalisez celle-ci et lui permettez de sculpter de façon irrégulière l'objet, reproduisant les motifs de la texture sur sa surface. Les brosses acceptent divers types de texture ; elles peuvent être procédurales, ou être des images bitmap (voir chapitre 5).

Pour créer une nouvelle brosse personnalisée, cliquez sur un canal disponible en-dessous de la brosse nommée *Default*. Appuyez sur le bouton *Add New* qui fait son apparition, avec de nouvelles options, en prenant soin de la renommer de façon pertinente (champ *TE*:) afin de vous y retrouver si vous créez plusieurs brosses personnalisées. Appuyez sur la touche [*F6*] pour afficher les *Texture buttons* et, dans le panneau *Preview*, choisissez *Brush*. Un onglet *Texture* fait son apparition, avec la texture créée dans l'onglet *Brush*. Utilisez le menu déroulant *Texture Type* et choisissez *Image* si vous souhaitez utiliser une image bitmap pour personnaliser la brosse, ou l'une des nombreuses textures procédurales proposées.

Une fois une nouvelle texture ajoutée, l'onglet présente de nouvelles options qui permettent de régler plus finement le comportement de cette brosse personnalisée.



Figure 4–92 Les options liées à l'usage de textures pour la personnalisation de brosses

- *Drag* : la texture suit la brosse, comme si elle était tirée par celle-ci. Utilisez des points alignés en guise de texture, et vous creuserez la matière comme si l'outil était un peigne ou un râteau.
- *Tile* : les coordonnées de la texture sont positionnées par rapport à la vue 3D et non plus par rapport à la brosse. Cette option vous permet de carreler la surface de l'objet sculpté avec la texture utilisée (un peu comme l'option *Repeat* du panneau *Map Image* des *Texture buttons* lorsqu'une texture de type *Image* est employée). À utiliser en particulier avec des textures (bitmap ou procédurales) qui sont jointives.
- 3D : les textures procédurales peuvent être définies en 3D. Cette option permet d'en tirer parti et d'avoir un positionnement de la texture par rapport aux sommets de l'objet sculpté plutôt que par rapport aux coordonnées de la brosse.
- *Angle* : détermine l'angle optionnel de rotation de la texture dans son plan propre.
- *Rake* : lorsque cette option est activée, la brosse se comporte comme un rateau ou un peigne dans le sable ; cela veut dire que les sillons tracés changent d'orientation pour suivre le mouvement du curseur de la souris. Associée à une texture de type *Wood* (option *Bands*), cette fonction est très utile pour sculpter des poils ou de la fourrure !

Modéliser un paysage grâce au mode Sculpt

Il s'agit en fait d'un excellent exercice permettant d'appréhender très rapidement le mode *Sculpt*, procurant toutes les bases indispensables à la sculpture de projets plus conséquents, comme un visage ou une créature.

Ouvrez une nouvelle session de Blender, ou réinitialisez la scène courante (combinaison de touches [*Ctrl*]+[X]). Supprimez le cube par défaut (touche [X]), ajoutez un objet de type *Grid* (Add>Mesh>Grid) et acceptez les résolutions X et Y proposées (res: 32). Quittez le mode *Edit* (touche [*Tab*]), appuyez sur la touche [S] et, en maintenant la touche [*Ctrl*] enfoncée, redimensionnez l'objet *Grid* jusqu'à ce qu'il atteigne six fois sa taille précédente. Faites pivoter la vue 3D pour voir le plan en légère perspective.

Nous allons commencer à façonner les caractéristiques générales de notre paysage. Activez le mode *Sculpt* et affichez l'onglet *Sculpt*. Choisissez l'outil *Draw* (*Add*, *Size* 50, *Strength* 25) et ajoutez quelques reliefs vallonnés à votre paysage. Grâce à l'outil *Inflate* (*Sub*, *Size* 20, *Strength* 85), dessinez un lit de rivière ; l'outil *Pinch* (*Add*, *Size* 50, *Strength* 25) vous permettra d'en resserrer les bords. Grâce à l'outil *Grab* (*Size* 50), accentuez un peu le relief d'un côté de la rivière, par grosses touches, puis rendez-le un petit peu plus accidenté (*Size* 20) un peu partout, par petites touches.





Figure 4–93 Les principales caractéristiques sont sculptées à de faibles niveaux de subdivision.

> La topologie générale ayant été définie, nous allons nous intéresser aux détails. Dans le panneau Multires, activez la multirésolution grâce au bouton Add Multires, puis appuyez sur Add Level (vous êtes désormais au niveau 2). Dans le panneau Texture, choisissez un canal vide, ajoutez une nouvelle texture (Add New) de type Clouds (touche [F6], bouton Brush, *Texture type* : *Clouds*) puis revenez dans le menu *Editing* (touche [F9]). S'agissant d'une police procédurale, activez l'option 3D. Sélectionnez l'outil Draw (Add, Airbrush, Size 100, Strength 5) et balayez légèrement toute la surface de la carte, en évitant le lit de rivière, pour rendre le terrain un peu plus accidenté encore. Dans le panneau Multires, cliquez sur Add Level (vous êtes désormais au niveau 3) et répétez l'opération précédente avec le même outil Draw. Ajoutez un nouveau niveau de résolution (Add Level, niveau 4) et toujours avec l'outil Draw (Add, Airbrush, Size 50, Strength 5), ajoutez ici ou là un peu plus de détails, plus localisés. La surface devrait désormais ressembler à une peau d'orange. Ajoutez maintenant une nouvelle brosse (touche [F6], bouton Brush, Texture type: DistortedNoise) et ajoutez un peu partout des détails, toujours avec l'outil Draw; éventuellement, ajoutez une dernière brosse (touche [F6], bouton Brush, Texture type : Noise) pour disposer de nombreux petits rocs et cailloux.



Dans le panneau *Texture*, sélectionnez à nouveau la brosse *Clouds* et dans le panneau *Sculpt*, sélectionnez *Grab* (*Size* 75); par petites touches, rehaussez encore le niveau de relief. Le terrain est désormais très chaotique, mais il ne vous reste qu'à renforcer l'effet d'érosion grâce à l'outil *Inflate* (*Sub*, *Airbrush*, *Size* 25, *Strength* 5) en déplaçant la brosse entre les reliefs proéminents, et/ou en resserrant les lèvres de ces mêmes ravines grâce à l'outil *Pinch* (*Add*, *Size* 10, *Strength* 25).



Figure 4–95 La texture même du terrain est suggérée aux niveaux de subdivision les plus élevés.

Figure 4–94

Les détails du terrain sont progressivement introduits.

Courbes et objets textes

De même que les méta-éléments, les courbes et les surfaces sont des outils de modélisation hautement mathématiques. Ils ont l'avantage de pouvoir décrire des surfaces courbes, éventuellement complexes, avec peu de points de contrôle (ou « sommets », pour respecter l'analogie avec la modélisation polygonale).

Blender propose de travailler avec deux types de courbes distinctes : les courbes de Bézier et les NURBS (*Non Uniform Rational B-Splines*). Chacune fonctionne sur la base de points de contrôle permettant de façonner la courbe, mais chacune se conforme à ses propres lois. Les NURBS (courbes ou surfaces) ne seront toutefois pas abordées dans cet ouvrage.

BON À SAVOIR L'avenir des NURBS

Si elles sont parfaitement fonctionnelles à ce jour dans Blender, tant les surfaces que les courbes NURBS devraient faire l'objet d'une refonte totale dans le cadre d'une prochaine version de Blender. Elles ne sont pas abordées dans cet ouvrage en raison du retard pris par rapport à la modélisation polygonale, au profit des courbes de Bézier, étudiées un peu plus en profondeur.