

est renvoyée selon la loi de diffusion de la particule concernée.

À l'aide de ces idées, nous avons modélisé la peau et résolu aussi un problème important de l'infographie. Le rendu de la peau est particulièrement difficile, à la fois parce qu'elle possède une structure complexe et parce que le système de vision humain a acquis une aptitude particulière pour discriminer les visages : nous obtenons un aspect plus proche de la réalité que pour les autres objets. Les modèles de diffusion sur des couches superposées surmontent ces difficultés avec efficacité.

La peau humaine est constituée de deux couches principales : le derme, à l'intérieur, et l'épiderme à l'extérieur. Le derme contient beaucoup de sang, ce qui le rend rouge. L'épiderme, beaucoup plus mince, contient de la mélanine qui, selon sa concentration, rend la peau claire, brune ou noire. De surcroît, l'épiderme peut être recouvert d'huile, de saleté ou de produits cosmétiques.

Afin d'engendrer des visages réalistes, nous choisissons les concentrations de sang et de mélanine, ainsi que les épaisseurs relatives du derme

et de l'épiderme. Par exemple, la mineur de la couche d'épiderme, sur les lèvres, explique que ces dernières sont plus rouges que le reste du visage. Les taches de rousseur sont modélisées par des «éclaboussures» de mélanine réparties aléatoirement sur les joues (voir la figure 2).

La simulation de la corrosion

Aux débuts de l'infographie, les modèles étaient idéalisés : on négligeait les changements dus à l'environnement et au temps. Toutefois, l'aspect des objets est déterminé par les phénomènes de vieillissement : les murs en brique patinés par les ans, les métaux rouillés, les pierres recouvertes de mousse, les poutres desséchées et fendillées résultent de phénomènes physiques, chimiques ou biologiques : corrosion, érosion, croissance biologique, sédimentation... L'évolution d'un matériau dépend étroitement de sa structure ; la pierre, le bois et les métaux évoluent différemment, parce qu'ils ont des structures distinctes. Les

méthodes de préparation, comme la taille, le polissage ou la teinture, ont également une influence. Depuis quelques années, nous simulons des mécanismes qui modifient l'aspect des matériaux d'abord en identifiant le phénomène physique à l'origine d'une modification spécifique de l'apparence, puis en élaborant les modèles appropriés.

Les patines métalliques sont un exemple classique de modification de l'apparence d'un matériau par interaction avec son environnement. Une patine est une pellicule sur une surface, qui résulte de la modification chimique de la surface, ou bien de l'adjonction ou de la disparition de matière. Les patines apparaissent naturellement, par corrosion atmosphérique (comme la pluie), ou artificiellement, par la peinture ou d'autres traitements de surface. La composition d'une patine et sa vitesse de croissance dépendent de l'environnement. Par exemple, les patines croissent en général plus vite en ville qu'à la campagne, car l'air contient plus de composés soufrés.

L'un de nos modèles reproduit la formation des patines de cuivre. La

La modélisation de la réflexion

La manière dont une surface réfléchit la lumière peut être caractérisée par une «fonction de distribution de réflectance bidirectionnelle». Cette fonction mathématique définit la proportion de la lumière qui est réfléchie dans les diverses directions de l'espace, en fonction de la direction d'incidence.

La plus ancienne loi de réflexion, connue des Grecs anciens, stipule que l'angle de réflexion est égal à l'angle d'incidence. La distribution de réflectance bidirectionnelle est nulle dans toutes les directions, excepté dans l'unique direction où toute la lumière repart.

La loi de Lambert décrit la réflexion sur les surfaces mates : la lumière se réfléchit de manière isotrope, quelle que soit la direction de la lumière incidente. La loi de Lambert est un bon exemple de modèle phénoménologique, car elle rend bien compte de l'apparence de matériaux mats, comme le carton, sans description du mécanisme physique à l'origine de cette redistribution de la lumière. Entre ces deux extrêmes que sont les miroirs parfaits et les surfaces mates, les surfaces brillantes ont des distributions de réflectance qui considèrent une réflexion autour d'une direction principale.



Mesure de la réflectance d'un objet.

Depuis des années, les spécialistes de l'optique et des radars, ainsi que certains spécialistes des matériaux mesurent directement les distributions de réflectance des matériaux. De telles mesures ont certainement joué un rôle important dans la conception des avions furtifs.

Les distributions des réflectances intéressent également la télédétection : l'apparence des forêts et des champs, entre autres, varie en fonction de l'angle du Soleil et de l'angle d'observation du satellite. C'est un problème inverse de la simulation de l'apparence d'un matériau : il s'agit d'identifier un matériau à partir de son apparence.

Des instruments mesurent les distributions de réflectance (voir la figure ci-contre). Une source lumineuse éclaire un échantillon placé au centre de l'appareil. Un photomètre se déplace tout autour de l'échantillon et mesure la lumière réfléchie dans chaque direction. Afin d'obtenir la réflectance du matériau étudié dans tout l'espace, on répète les mesures en modifiant la position de la source lumineuse. Les fonctions de réflectance déjà connues ne sont pas encore utilisées à grande échelle en infographie, mais plusieurs groupes examinent cette approche.

Marc Levoy, Brian Curless, Szymon Rusinkiewicz et Duane Fulk, Stanford University