

du photoréalisme. Quand la lumière traverse la surface d'un matériau réel, elle est diffusée, en partie vers l'intérieur, et en partie vers l'extérieur, selon un effet de translucidité. La qualité visuelle distinctive de la diffusion sous la surface des objets entre en jeu dans l'apparence, entre autres, de la peau humaine, et la difficulté à la reproduire avec exactitude explique le rendu peu convaincant des visages.

Aujourd'hui, pour diverses raisons, dont les limites de la rasterisation dans le traitement des effets de lumière complexes, beaucoup de spécialistes pensent que cette technique ne pourra pas concrétiser l'affichage photoréaliste des scènes 3D en temps réel. La solution est à rechercher en partie du côté du matériel. L'une des technologies clefs du graphisme en temps réel repose sur des processeurs graphiques spécialisés capables de traiter et d'afficher rapidement quantités d'objets géométriques. Ces processeurs sont performants grâce à un haut degré de parallélisme : la tâche consistant à afficher une scène est divisée en tâches plus petites, traitées en parallèle par des unités de calcul spécialisées.

Programmer les processeurs

Pour cette raison, le graphisme peut être perçu comme un « trou noir » de puissance de calcul : plus vous injectez de la puissance pour répondre au problème, plus les consommateurs et les développeurs en demandent pour que leurs ordinateurs affichent des images toujours plus complexes. Les concepteurs des architectures matérielles, des processeurs centraux comme des processeurs graphiques, ont ces demandes du marché à l'esprit.

Depuis quelques années, on sait programmer les processeurs graphiques. Il y a dix ans, il s'agissait essentiellement d'unités à fonction fixe dont seuls certains paramètres étaient ajustables pour permettre quelques types de calculs différents. Cette rigidité limitait fortement les types d'effets graphiques possibles. Avec la flexibilité nouvelle des processeurs graphiques programmables, un programmeur peut choisir des modèles d'éclairage complexes pour tirer le maximum du matériel.

Le matériel programmable a également permis de trouver des astuces susceptibles de surmonter les limites inhérentes à la rasterisation. Par exemple, les chercheurs et les développeurs de jeux du monde entier,

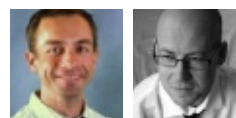
en quête de scénarios de jeux toujours plus réalistes, ont développé des algorithmes approximatifs à plusieurs passes qui imitent l'étalement de couleur, les caustiques et la diffusion de la lumière sous les surfaces en implémentant la rasterisation dans des processeurs graphiques. Cependant, cette solution commence à se heurter à un mur. Ses résultats sont attrayants, pour ne pas dire époustouflants, et pourtant, pour les standards du rendu réaliste, ils ne sont pas convaincants.

En fait, afin d'obtenir un véritable photoréalisme, il faut changer la façon dont le traitement en temps réel gère la géométrie des scènes 3D et leur éclairage. La course est lancée pour développer du matériel capable de prendre en charge de tels algorithmes. L'un d'eux est le lancer de rayons.

Conceptuellement, le lancer de rayons et la rasterisation ne sont pas très différents : tous deux déterminent ce qui est rendu visible le long d'un rayon. Le lancer de rayons diffère en ceci qu'il simule des rayons lumineux qui traversent une scène 3D, y compris les multiples nouveaux rayons nés de la réflexion de lumière par les éléments géométriques de la scène. En faisant remonter les rayons lumineux jusqu'à une source lumineuse, on peut rendre compte de façon assez naturelle des phénomènes physiques associés à la lumière, non seulement de la réflexion et la réfraction, mais également d'effets particuliers tels que les diffusions lumineuses multiples et les caustiques.

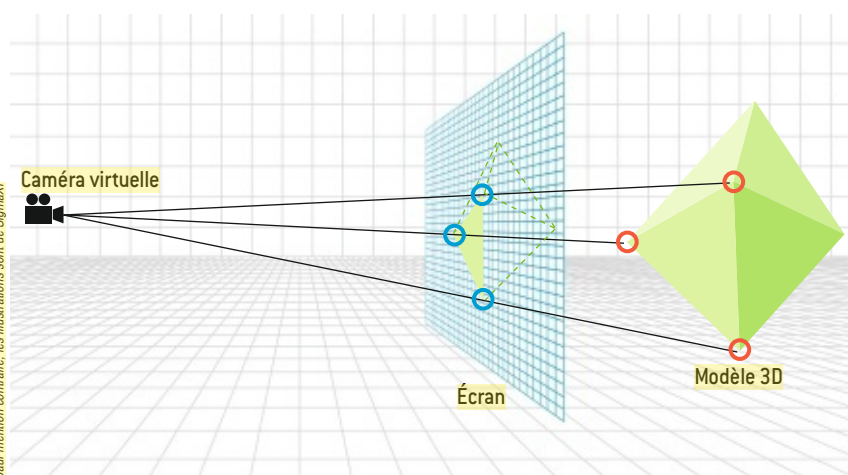
Le lancer de rayons est un algorithme élégant, relativement simple à programmer.

LES AUTEURS

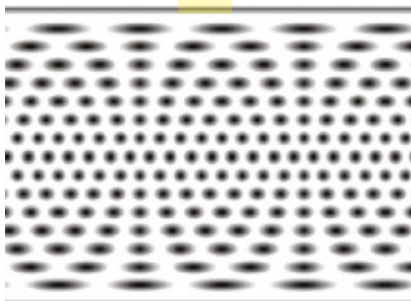
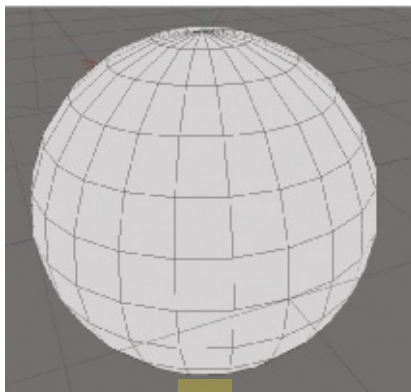


Henrik WANN JENSEN est professeur à l'Université de Californie à San Diego. Tomas AKENINE-MÖLLER est professeur d'informatique à l'Université de Lund, en Suède, et collabore avec Intel.

© American Scientist



3. LES ALGORITHMES DE RASTERISATION affichent un modèle 3D d'une scène en projetant, depuis la caméra virtuelle qui détermine la prise de vue, des rayons sur les sommets géométriques (en rouge) de la scène. Ces sommets définissent des polygones qui sont alors associés aux pixels d'un écran virtuel (en bleu). L'apparence de surface assignée aux polygones du modèle est alors calculée et projetée sur l'écran pixellisé pour créer une image.



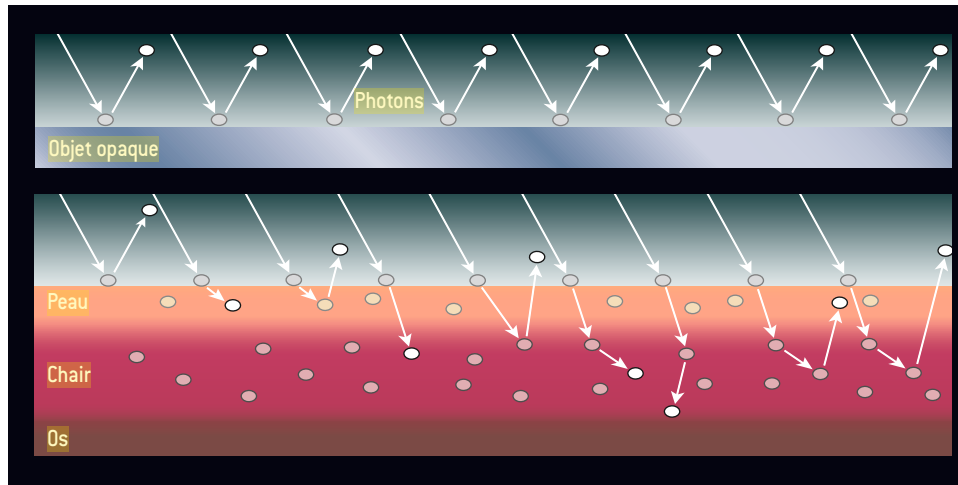
Carte de texture ou carte des bosses



Les zones claires et foncées de la carte des bosses sont converties au moment du rendu en information de hauteur.



4. LE PLACAGE DE RELIEF à partir de textures est une technique efficace pour faire apparaître des détails fins de surface au moment du rendu. En assignant une texture à un modèle 3D (*en haut*), on donne des instructions d'ombrage à la carte graphique sous forme de zones claires et foncées. Cela indique si les régions doivent projeter des ombres, comme si elles étaient légèrement surélevées ou abaissées par rapport à la surface réelle.



Ainsi, les instructions d'un simulateur de rayons opérationnel que Paul Heckbert, architecte graphique 3D pour le fournisseur de cartes graphiques NVIDIA, a codées, sont imprimables lisiblement sur une carte de visite. Le traitement naturel de la lumière par le lancer de rayons fait de ce dernier un candidat de choix pour remplacer la rasterisation.

Des millions de rayons

Les performances de vitesse de la rasterisation sont obtenues en déterminant les caractéristiques visibles d'un polygone, puis en passant au polygone suivant. Le lancer de rayons doit, lui, rendre compte d'une scène 3D entière dans laquelle les rayons lumineux rebondissent en tous sens. Ainsi, les algorithmes doivent traiter simultanément tous les polygones de la scène. Cela nécessite de définir une « structure accélératrice », c'est-à-dire une configuration des données qui optimise la capacité à déterminer si un rayon lumineux particulier atteint un polygone. Certains effets lumineux peuvent bénéficier de structures accélératrices supplémentaires. En effet, pour chaque étape des calculs de simulation et d'affichage, les concepteurs cherchent à optimiser les calculs pour rendre le processus plus rapide.

Comme l'algorithme de lancer de rayons suit la trajectoire de chaque rayon lumineux qui éclaire la scène, il peut être amené à tracer plusieurs millions de rayons. Si l'on incorpore des effets plus complexes, plusieurs dizaines de millions de rayons sont nécessaires. Il en résulte des images d'une grande beauté. Par exemple, contrairement à l'éclairage imparfait des méthodes

plus simples, les méthodes de simulation de l'éclairage, par lesquelles les environnements sont éclairés comme dans la réalité – non pas par une ou quelques sources lumineuses, mais par toutes les surfaces qui reflètent la lumière diffusée et la restituent à la scène – produisent des images d'un réalisme à couper le souffle.

Étant donné les qualités de vitesse des bonnes méthodes de rasterisation, et les énormes calculs nécessaires au lancer de rayons, il peut paraître judicieux d'associer les deux types d'algorithmes. Effectivement, les trois principaux fabricants de processeurs graphiques, Intel, NVIDIA et AMD/ATI – qui représentaient à eux trois près de 98 pour cent du marché en 2008 –, parient sur des architectures où les processeurs seront programmés de façon à implémenter le lancer de rayons en complément de la rasterisation.

Ainsi, le plus gros fabricant mondial de microprocesseurs, Intel, s'est lancé dans le développement d'une nouvelle architecture nommée *Larrabee*, un « moteur de calcul multicœur » reposant sur la famille de processeurs centraux x86, que l'on trouve à la fois dans les PC et les Macintosh. L'architecture *Larrabee* a été qualifiée de processeur graphique généraliste, ce qui est révélateur du brouillage des frontières entre les processeurs graphiques et les processeurs centraux. Tout en prenant en charge des fonctions traditionnelles des processeurs graphiques, telle la rasterisation, les processeurs hybrides de type *Larrabee* peuvent être utilisés pour des tâches de type lancer de rayons et des calculs physiques avancés.

En décembre 2009, Intel a annoncé que le premier produit graphique reposant sur