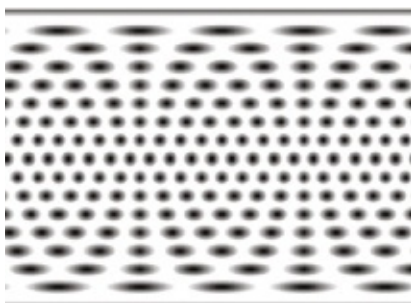
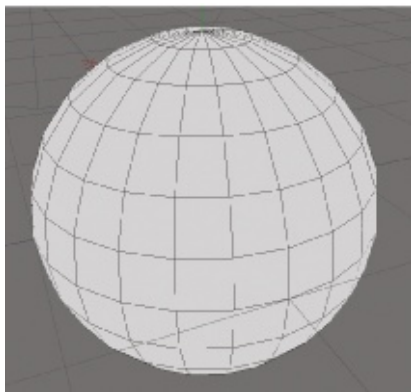




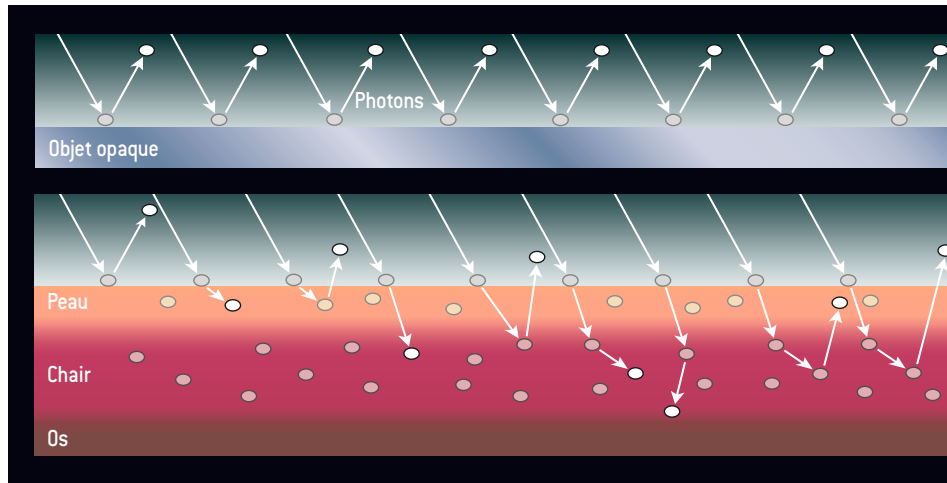
Carte de texture ou carte des bosses



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



5. DES SUBTILITÉS VISUELLES

demandant une grande puissance de calcul peuvent être nécessaires pour un rendu réaliste. La lumière qui traverse une surface telle que la peau est diffusée, et l'éclaire de l'intérieur, créant un effet translucide. Un algorithme reproduit cet effet en propageant des rayons lumineux et en suivant leurs chemins, d'après les propriétés matérielles assignées à l'objet 3D. Les peintres de la Renaissance répondaient au même défi du réalisme avec la technique du glacis : ils appliquaient des couches de pigments translucides pour capter et diffuser la lumière.

cette architecture ne sera pas, comme prévu, un produit grand public. Au lieu de cela, le matériel sera une plateforme de développement logiciel. *Intel* et d'autres concepteurs l'exploiteront pour explorer le potentiel des applications multicœur. C'est une étape classique du développement de l'informatique graphique : les souhaits des consommateurs entraînent la mise au point de matériels plus performants, et ce développement fait à son tour progresser les applications logicielles, tel le lancer de rayons en temps réel, qui peuvent être implantées dans les nouvelles architectures matérielles.

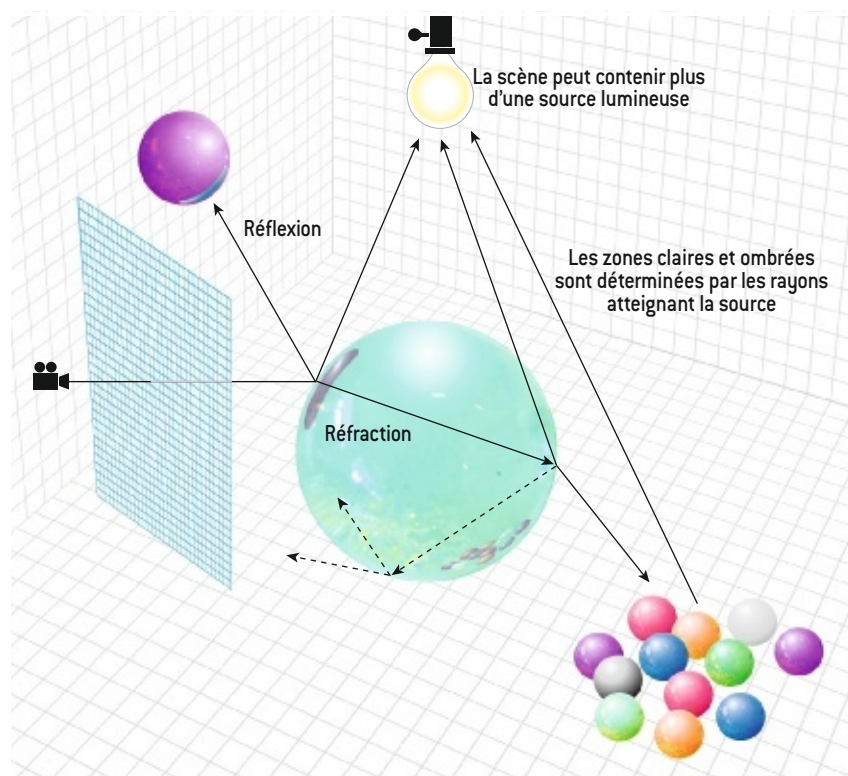
La roue de la réincarnation

Le passage de processeurs graphiques à fonction fixe aux processeurs programmables, et maintenant aux architectures aux fonctions fixes réduites, est le signe d'une évolution que Todd Myer et Ivan Sutherland, de l'Institut de technologie du Massachusetts (MIT), ont nommée, en 1968, la « roue de la réincarnation » : on transfère une fonctionnalité de l'unité centrale à un matériel spécialisé susceptible d'améliorer les performances, après quoi ce périphérique évolue à son tour pour devenir de plus en plus gourmand en puissance de calcul. Les deux chercheurs écrivaient ainsi : « Nous avons tenté [de créer un processeur graphique] en partant d'un dispositif simple et en ajoutant des commandes et des caractéristiques dont nous sentions qu'elles renforceraient la puissance de la machine. Progressivement, le processeur est devenu plus complexe. Cela ne nous perturbait pas vraiment puisque, après tout, l'infographie

elle-même est complexe. Finalement, le processeur graphique en est arrivé à ressembler à un ordinateur à part entière... »

Pour échapper à ce cycle de la réincarnation, T. Myer et I. Sutherland suggéraient que si une architecture a besoin d'augmenter sa puissance de calcul, on devrait l'ajouter au cœur du système, plutôt que de créer des unités matérielles spécialisées. C'est en un sens ce à quoi nous assistons avec l'émergence de processeurs multiples, de cœurs multiples au sein des processeurs, et d'architectures adaptées qui, de plus en plus, prennent en charge un traitement en parallèle.

Où en sommes-nous donc ? Le matériel d'informatique graphique actuel est capable de traiter des dizaines de millions de rayons par seconde. Pour impressionnante qu'elle soit, la performance est encore loin de ce qu'exige un jeu vidéo moderne. Un affichage à 60 images par seconde en haute résolution, soit $1\,920 \times 1\,080$ pixels et 16 rayons par pixel pour tous les effets



6. DANS LE LANCER DE RAYONS, l'algorithme lance, à travers chaque pixel de l'image, un rayon lumineux depuis le point de vue de l'observateur (la caméra) vers la vue 3D, à l'inverse du cheminement normal des rayons lumineux. Le point d'intersection du rayon avec une unité géométrique de la scène définit l'objet concerné par le pixel traversé par ce rayon. Un avantage important du lancer de rayons par rapport à la rasterisation est sa capacité à représenter la réflexion et la réfraction. Pour cela, des rayons sont lancés depuis les points d'intersection et on suit leur trajectoire dans le reste de la scène 3D. Ces rayons peuvent être lancés en direction des sources de lumière pour déterminer la façon dont l'objet est éclairé. Pour une vue 3D très détaillée, des millions de rayons peuvent être nécessaires.