Zeitschrift: Ingénieurs et architectes suisses
Band: 110 (1984)
Heft: 11: Architecture et informatique

Artikel: Réalisme dans la génération des images synthétiques
Autor: Schaer, Christian
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-75312

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Réalisme dans la génération des images synthétiques

par Christian Schaer, Ecublens-Lausanne

Résumé

La méthode de génération d'images décrite dans cet article — génération d'images synthétiques point à point — a comme objectif principal un rendu plastique — ou réalisme — maximum, le temps de calcul n'ayant au départ que peu d'importance.
Nous allons dans un premier temps étudier en détail les différents algorithmes utilisés pour obtenir ce réalisme :
— une luminance variable de la surface suivant son orientation ;
— les ombres propres et portées ;
— une projection en perspective.
Nous discuterons ensuite des applications et des améliorations envisageables pour cette méthode de génération d'images en montrant quelques-uns des résultats obtenus jusqu'à présent.

Le traitement d'images par voie numérique joue un rôle de plus en plus important dans plusieurs domaines scientifiques et techniques allant des télécommunications jusqu'à l'architecture. Les progrès technologiques continus ont en particulier encouragé des travaux sur le réalisme dans la génération d'images synthétiques. Hormis quelques rares applications telles que les simulateurs de vol et de conduite de voiture, ces travaux n'ont pas encore quitté les laboratoires de recherche.
Le besoin d'un vrai réalisme n'est pas encore rempli à satisfaction. La présentation qui suit résulte d'un travail de diplôme effectué en deux mois sans préparation préalable.
Les qualités exceptionnelles du candidat, que ce soit sur la maîtrise d'un sujet nouveau et non trivial ou sur l'apport d'idées originales, ont toutefois permis d'obtenir des résultats très intéressants et exemplaires pour un travail de diplôme. J'espère qu'ils seront utiles à d'autres utilisateurs.

Professeur Murat Kunt,
Laboratoire de traitement des signaux, EPFL

1. Introduction

La plupart des travaux effectués jusqu'à présent dans le domaine de la génération d'images synthétiques ont visé avant tout à minimiser le temps de calcul, permettant ainsi à des systèmes sophistiqués comme les simulateurs de vol de voir le jour. Cette recherche de rapidité passe évidemment par une simplification relativement importante de la scène visualisée — celle-ci étant généralement divisée en 100 à 200 facettes ou traits — et implique ainsi un certain manque de réalisme.
La méthode de génération décrite dans cet article — génération d'images synthétiques point à point — a des buts diamétralement opposés : le principal critère est ici un rendu plastique — ou réalisme — maximum, le temps de calcul n'ayant au départ que peu d'importance.
L'homme étant habitué à voir tout ce qui l'entoure en relief, une image synthétique ne peut se prétendre un tant soit peu réaliste que si elle arrive à recréer une impression de volume, de profondeur. Trois éléments contribuent à donner cette illusion tridimensionnelle. Comme nous le verrons plus loin, ce sont dans un ordre décroissant d'importance :

— une luminance de la surface variable selon son orientation ;
— les ombres propres et portées ;
— la projection en perspective.

Bien que la luminance variable de la surface selon son orientation soit le facteur primordial pour le rendu plastique de l'image, l'ombre portée et la projection en perspective contribuent cependant à en améliorer très nettement la qualité : d'une part elles créent une relation géométrique entre les différents objets qui permet de mieux les situer l'un par rapport à l'autre, d'autre part elles satisfont au besoin de réalisme de l'œil qui s'attend à leur présence.

2. Mode de représentation

La génération d'images synthétiques point à point, appelée également visualisation à pointillage, considère la scène vue par l'observateur comme une matrice de N par N points — ou pixels pour picture elements — pouvant prendre chacun un des M niveaux de gris allant du blanc au noir (cette matrice sera appelée à partir de maintenant « matrice des luminances »). Dans notre cas, N=M=256 et la place ainsi nécessitée en mémoire par l'image finale est de 64Kbytes.
En prenant comme référence un repère tridimensionnel orthonormé, trois éléments distincts prennent place dans cette représentation de l'espace :

— l'observateur ;
— la source de lumière supposée ponctuelle ;
— les différents objets à visualiser.

Pour être cohérent, l'observateur a besoin — comme nous le verrons plus loin — en plus de sa position dans le repère XYZ abrégée par *« PO »*, de deux paramètres supplémentaires : d'une part un angle de vision, inférieur à 180 degrés, d'autre part un vecteur unitaire « direction de vision » abrégé par *« DV »*, déterminant par là même le centre de l'image.
La source de lumière peut se définir simplement par sa seule position dans le repère XYZ abrégée par *« PL »*, alors que chaque objet de base est caractérisé par un nombre variable de paramètres pour être fixé univoquement dans l'espace.
Afin de créer un effet de profondeur supplémentaire, une projection en perspective a été préférée à une projection axonométrique. Ce choix permet d'inclure automatiquement dans l'image tous les effets de la perspective — comme par exemple la notion de points de fuite (fig. 1 et 2) — sans jamais les calculer explicitement.
Le principe de la projection en perspective est simple : au lieu de projeter sur le plan de projection perpendiculairement comme en axonométrie, on le fait par un point appelé « centre de projection », en l'occurrence l'observateur. Ceci, associé à la contrainte d'une image carrée (256 × 256 points), permet de définir une « pyramide de vision » (fig. 3). Cette pyramide à quatre côtés, symétrique par rapport à la direction de vision, a un sommet qui n'est autre que l'observateur, un angle d'ouverture égal à l'angle de vision et une base rejetée à l'infini. Ainsi seuls les objets se trouvant à l'intérieur de la pyramide seront présents sur l'image.

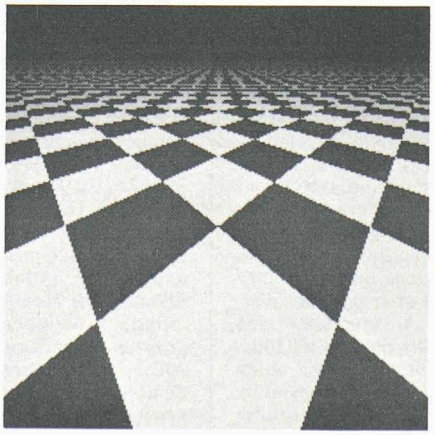

Fig. 1. — Effets de la projection en perspective sur un damier.

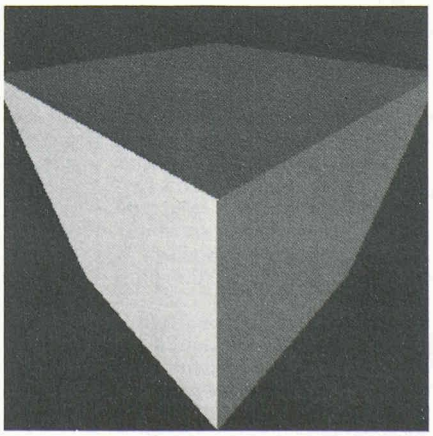

Fig. 2. — Effets de la projection en perspective sur un cube.

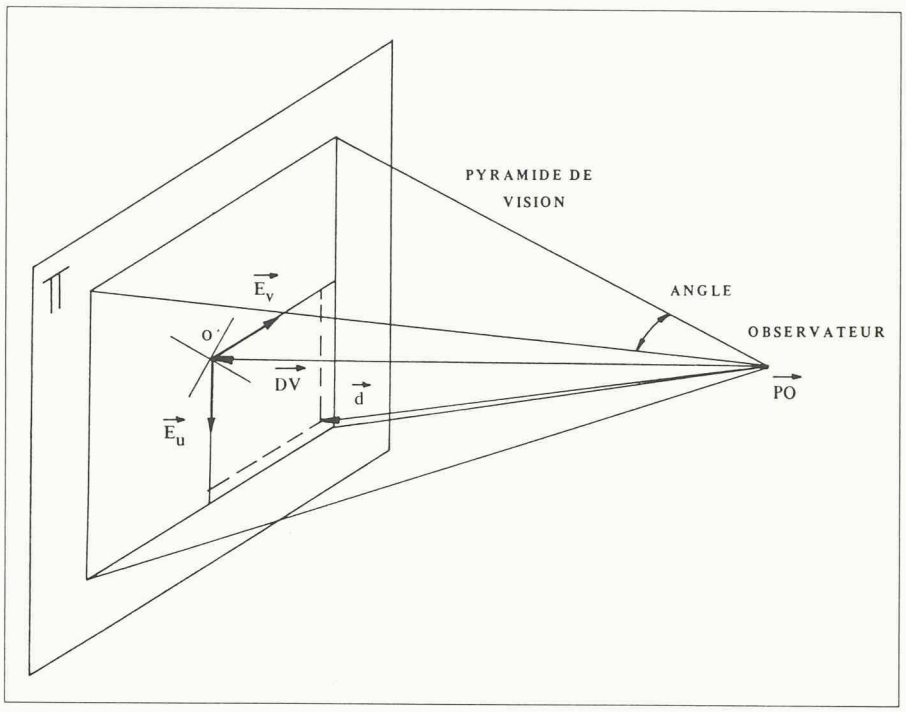

Fig. 3. — Représentation de la scène.

Cette manière de projeter peut être assimilée à celle d'un appareil photographique: le centre de l'objectif est identifié à l'observateur, son ouverture à l'angle de vision, la direction visée par l'appareil à la direction de vision et le plan du film au plan de projection.

A chaque point du plan de projection correspond dans l'espace une demi-droite ayant un vecteur directeur *d* propre et passant par *PO*. En définissant la base bidimensionnelle suivante:

- l'origine O' est définie comme la somme de *PO* et de *DV*,
- le vecteur unité *Ev* est perpendiculaire à *DV* et parallèle au plan Z=O,
- le vecteur unité *Eu* est égal au produit vectoriel de *DV* et *Ev*,

l'équation de la projection d'un point de l'espace (X,Y,Z) sur le plan peut s'écrire simplement:

$$\frac{X-PO[1]}{d[1]}=\frac{Y-PO[2]}{d[2]}=\frac{Z-PO[3]}{d[3]} \qquad (1)$$

où $d = PO + DV + U*Eu + V*Ev$ (2)

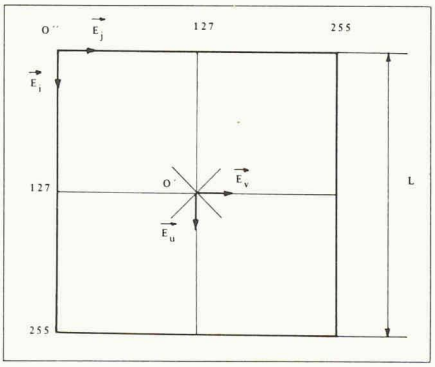

Fig. 4. — Changement de base dans le plan de projection.

Finalement, pour arriver à la matrice recherchée, il faut encore discrétiser la pyramide de vision en 256 × 256 demi-droites créant ainsi 256 × 256 points sur le plan de projection. D'autre part, pour tenir compte de la numérotation de la matrice allant de 0 à 256, il est plus aisé d'effectuer un changement de base dans le plan avec dilatation des échelles comme le montre la figure 4.

La partie du plan à l'intérieur de la pyramide de vision est limitée à un carré de côté L avec comme centre l'origine O'. La nouvelle origine O'' est placée en (-L/2,-L/2) et la nouvelle échelle est telle que pour U=L/2, i=255 (idem pour V et j). Il suffit donc pour échantillonner la scène de prendre i et j entiers entre 0 et 255. Les équations de transformation sont les suivantes:

- $U,V \rightarrow i,j$

$$i = U*256/L+127{,}5$$
$$j = V*256/L+127{,}5 \qquad (3)$$

- $i,j \rightarrow U,V$

$$U = L*(i-127{,}5)/256$$
$$V = L*(j-127{,}5)/256 \qquad (4)$$

où L est simplement donné en fonction de l'angle de vision par la relation (5).

$$L = 2*tg\,(\text{angle}/2) \qquad (5)$$

Nous sommes maintenant en possession de tout le formalisme mathématique nécessaire pour savoir quels points de l'espace correspondent à chaque point de la matrice de luminance, celui-ci étant repéré par ses indices i et j.

Avant de terminer avec la projection en perspective, il faut tout de même rappeler que celle-ci pose aussi des problèmes délicats auxquels il faut prendre garde. Ainsi le contour d'une sphère n'est plus simplement un cercle, mais une ellipse définie par l'intersection du plan de projection et du cône tangent à la sphère (fig. 5).

La liste des objets de base choisis dans le cadre de ce projet de diplôme peut se séparer en deux catégories distinctes. La première regroupe tous les objets décomposables en facettes carrées ou triangulaires:

- cube;
- parallélipipède quelconque;
- prisme à N facettes avec bases orientables;

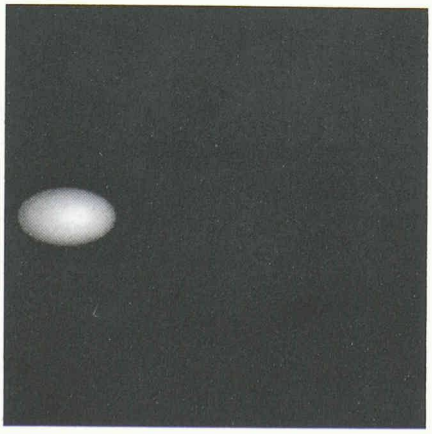

Fig. 5. — Déformation du contour d'une sphère lors d'une projection en perspective.

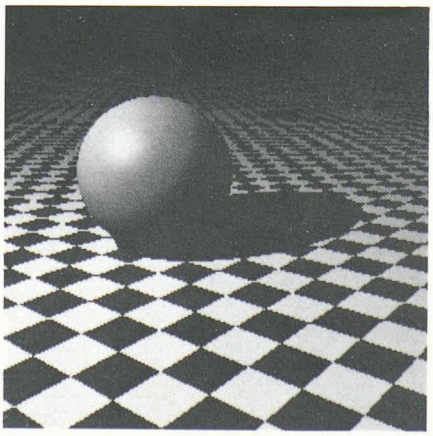

Fig. 6. — Fond carrelé.

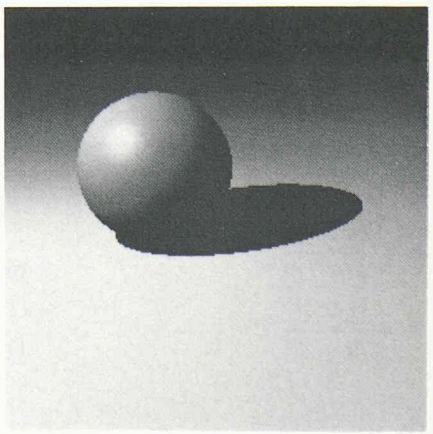

Fig. 7. — Fond uni.

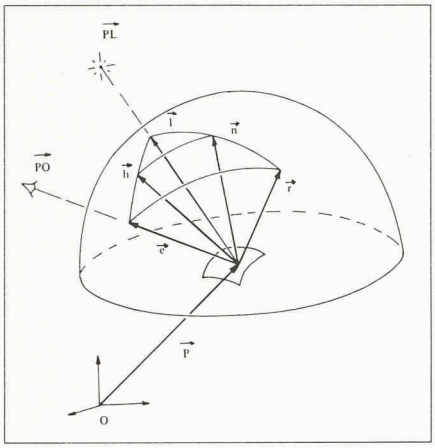

Fig. 8. — Représentation d'un élément de surface.

— pyramide à N facettes avec base orientable.

La deuxième catégorie regroupe tous les objets pouvant être générés, au moins en partie, par une équation:

— sphère;
— cylindre avec bases orientables;
— cône avec base orientable.

En dernier lieu vient le fond, défini ici arbitrairement comme étant le plan Z=O, avec deux différents types de surface: carrelée ou unie (fig. 6 et 7). Il est d'ores et déjà clair que cette liste d'objets de base peut se rallonger indéfiniment. Il suffit:

— soit de décomposer ledit objet en un nombre quelconque de facettes polygonales;
— soit de le décrire par une équation mathématique générale.

Le fond peut lui aussi être choisi comme bon nous semble et avoir une structure de surface quelconque.

3. Calcul de la luminance

Nous allons maintenant reprendre les développements effectués par Hügli[1] pour le calcul de la luminance d'une surface quelconque dans l'espace.

Soit un élément de surface de normale unitaire *n* situé en *P* (fig. 8). On peut préalablement définir les vecteurs suivants:

— *e* est la direction de l'observateur par rapport à la surface,
— *l* est la direction de la lumière par rapport à la surface,
— *h* est le vecteur à mi-chemin de *e* et *l*.

Tous ces vecteurs sont unitaires et peuvent s'écrire:

$$e = \frac{PO - P}{|PO - P|} \qquad (6)$$

$$l = \frac{PL - P}{|PL - P|} \qquad (7)$$

$$h = \frac{l + e}{|l + e|} \qquad (8)$$

Le modèle utilisé pour calculer la luminance de cet élément de surface considère la lumière réfléchie vers l'observateur comme la somme d'une composante ambiante, d'une composante diffuse et d'une composante spéculaire. La luminance L perçue vaut donc:

$$L = Pa + Pd*d + Ps*s \qquad (9)$$

où

Pa = proportion de réflexion ambiante
Pd = proportion de réflexion diffuse
Ps = proportion de réflexion spéculaire
d = quantité de réflexion diffuse
s = quantité de réflexion spéculaire

avec $Pa + Pd + Ps = 1$ (10)

La réflexion diffuse est définie par la loi de Lambert qui admet une réflexion de la lumière incidente égale dans toutes les directions. Comme la section efficace d'un élément de surface par rapport à la direction d'illumination varie selon une loi en cosinus, la quantité de réflexion diffuse va suivre cette même loi et vaut donc:

$$d = \max(n*l, O) \qquad (11)$$

Cette formule tient compte du fait que la réflexion est évidemment nulle lorsque la surface est à l'ombre (propre), c'est-à-dire lorsque le produit scalaire $n*l$ est négatif. d sera donc maximum pour une illumination normale et nulle pour une illumination rasante ou arrière.

La réflexion se caractérise par un surplus de lumière dans la direction de réflexion *r* symétrique à la direction d'incidence *l* par rapport à la normale *n*. D'après Blinn, on peut écrire:

$$s = (n*h)^c \qquad (12)$$

où le facteur c — généralement compris entre 2 et 80 — contrôle la décroissance de la quantité de réflexion spéculaire lorsque *e* s'éloigne de *r*

En faisant varier les proportions Pa, Pd, Ps et le facteur c, on peut obtenir:

— des aspects de surface allant du métallique au mat;
— des couleurs allant du noir au blanc.

La luminance d'un élément de surface ne doit évidemment être calculée que si le point considéré est visible par l'observateur. En effet, lorsque plusieurs objets sont ensemble sur une même scène, il y a généralement des problèmes de visibilité, un objet pouvant en cacher partiellement un autre. L'algorithme utilisé ici pour résoudre ce problème utilise une matrice «dist» — initialisée au départ à zéro — contenant les 256 × 256 distances de chaque point de l'espace à l'observateur: c'est en quelque sorte le relief de la scène visualisée.

Comme nous le verrons plus loin, les objets de base sont pris l'un après l'autre et traités au départ comme s'ils étaient seuls. Avec un objet, le test de la visibilité est effectué pour chacun des pixels de coordonnées i,j «occupés» par la projection de celui-ci sur le plan de projection. On calcule d'abord la distance D entre le point de l'espace PE correspondant au pixel et l'observateur, puis on teste dist[i,j]:

— si dist[i,j]=O, aucun objet n'a jusqu'à présent recouvert le pixel. Le point PE est donc visible et on égale dist[i,j] à D;
— si dist[i,j]≠O, un objet a déjà recouvert au moins une fois le pixel et PE sera visible seulement si l'ancien point correspondant à i,j se trouvait plus loin de l'observateur que PE. Comme lorsque le point PE est visible on égale dist[i,j] à D, ce test de distance se fait simplement en comparant dist[i,j] (=distance de l'ancien point à *PO*) avec D (=distance du point actuel à *PO*): PE est visible si dist[i,j] > D et invisible dans le cas contraire. Il est clair que si PE est invisible, dist[i,j] ne change pas.

Grâce à cette méthode du traitement de la visibilité, il est possible de créer des intersections d'objets sans calculs supplémentaires, un point à l'intérieur d'un objet se trouvant plus loin de l'observateur que le point correspondant de l'objet.

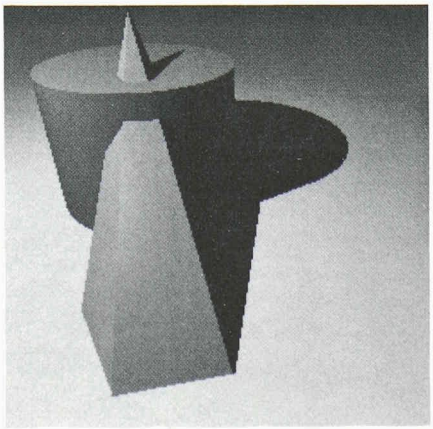

Fig. 9. — Intersection d'un cylindre et d'une pyramide.

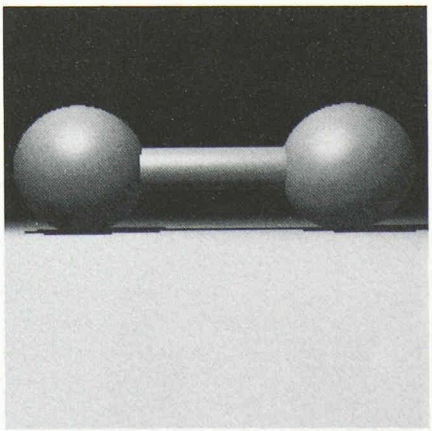

Fig. 10. — Intersection d'un cylindre avec deux sphères.

[1] H. Hügli, *De la synthèse d'images appliquée aux maquettes de terrains numériques*, Thèse de doctorat n° 6615, EPF Zurich, 1980.

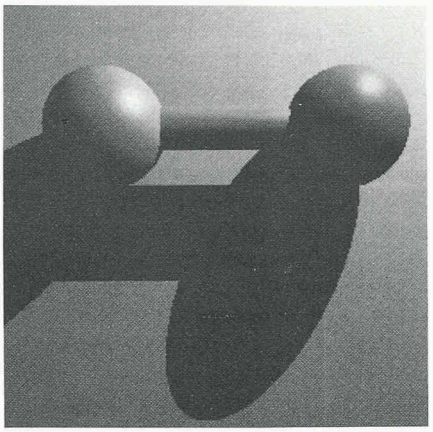

Fig. 11. — Illustration de la notion d'ombre portée.

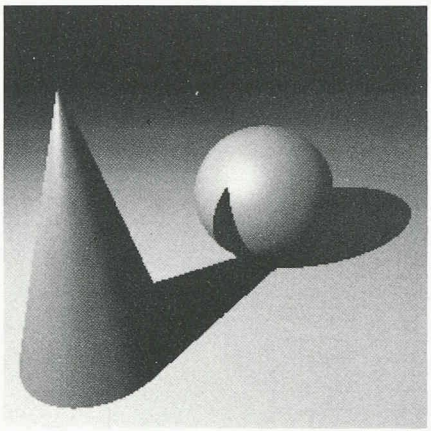

Fig. 12. — Ombre portée d'un cône sur une sphère.

Les figures 9 et 10 donnent deux exemples d'intersection d'objets de base.

4. Représentation de l'ombre portée

L'ombre portée peut se définir comme l'obscurité portée par un objet interceptant la lumière. Cette ombre est beaucoup plus complexe à représenter que l'ombre propre où un seul test de produit scalaire permet de la définir, car chaque objet de la scène est susceptible d'ombrer chaque point de l'image (fig. 11 et 12).
L'approche la plus simple pour définir quels points sont à l'ombre serait de se placer en *PL* et de regarder la scène comme la lumière la voit. Il suffirait alors de projeter cette scène par rapport à *PL* comme on le fait par rapport à *PO* et de passer de la matrice de luminance à cette nouvelle matrice d'ombre pour chaque point. Cette méthode implique cependant un pas d'échantillonnage pour la lumière inférieur ou égal à celui de l'observateur si l'on veut avoir suffisamment de précision dans l'ombrage. Comme l'observateur et la lumière ne se trouvent pas à la même place, leurs pyramides de vision respectives seraient différentes et on ne pourrait ainsi utiliser que leur partie commune pour les ombres portées. Cela limiterait la généralité de la méthode de visualisation, qui pour le moment admet une profondeur de champ infinie.
Le seul moyen de s'en sortir sans limitation reste de considérer uniquement la scène vue par l'observateur, puisque c'est celle qui apparaîtra sur l'image. L'algorithme ainsi développé calcule l'ombre au fur et à mesure de l'établissement de cette image. Pour chaque pixel, on trouve d'abord la position du point de l'espace correspondant (ce pas est de toute façon nécessaire pour calculer la luminance) et on teste ensuite si un des objets de base se trouve entre ce point et la source de lumière. Si l'on en trouve un, le point est à l'ombre (L=Pa), dans le cas contraire, il est éclairé.
Pour effectuer ces tests, on crée d'abord — au début du programme — une pile d'«obstacles», celle-ci se composant de tous les objets — ou parties d'objets — susceptibles de se placer devant la lumière:

- facette carrée;
- facette triangulaire;
- sphère;
- cône;
- cylindre.

Ainsi chaque objet de base est décomposé, suivant sa catégorie, en un ou plusieurs obstacles. Pour les objets à facettes, toutes celles qui sont «visibles» par la lumière créent chacune un obstacle (les facettes «invisibles» ne servent à rien puisqu'elles sont déjà à l'ombre des «visibles»). Pour un objet à N facettes, il faut donc compter en moyenne N/2 obstacles créés. Pour les autres objets, à chacun d'eux correspond un obstacle.
Pour tester si un des obstacles ombre le point considéré, on parcourt la pile de ces obstacles en faisant le test pour chacun d'eux. On peut définir deux sortes de test suivant le type d'obstacle. D'abord pour les facettes, le test se fait avec la projection de celles-ci sur le plan de projection de la lumière (fig. 13). Cette projection est obtenue en remplaçant simplement *PO* par *PL* et *DV* par *DL* dans la projection en perspective (*DL* est défini comme *-PL*).
La droite reliant le point de l'espace à tester et la source de lumière coupe le plan de projection en un point «S». Si S est à l'extérieur du polygone, au moins un des angles i' sera plus grand que son homologue i et le point sera alors éclairé (le test est en fait effectué non pas sur les angles, mais sur les produits scalaires des vecteurs unités entourant ces angles).
Ensuite pour les autres obstacles, le test se fait sur le signe d'un déterminant. Si la droite reliant le point de l'espace à tester et la source de lumière coupe l'obstacle, l'intersection des deux donne un ou deux points et implique par là même l'existence d'un déterminant nul ou positif. Sinon, le déterminant est négatif et le point éclairé.
Les tests décrits ci-dessus n'indiquent que la présence d'un obstacle sur la droite mentionnée et ne disent pas s'il est devant ou derrière le point testé. Il faut encore calculer la distance de la lumière à l'obstacle et celle de la lumière au point pour pouvoir lever cette dernière indétermination.

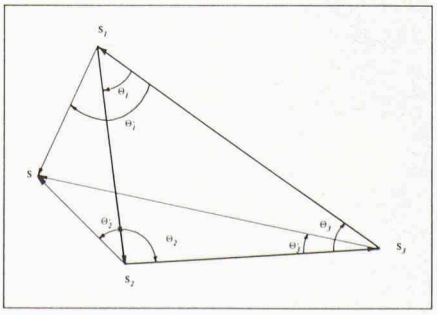

Fig. 13. — Test d'ombrage pour une facette.

5. Applications de la méthode de génération

Pour se faire une idée du déroulement de cette génération, la configuration générale de la synthèse est représentée sur l'organigramme de la figure 14, avec à la figure 15 les détails concernant le traitement de l'objet (qui est d'ailleurs le même pour le fond).
Avant de passer en revue toutes les applications envisageables pour la méthode de génération d'images point à point, il serait bon d'abord de faire ressortir quelques aspects des possibilités offertes par les différents algorithmes utilisés, que ce soit pour la projection en perspective ou pour le calcul des ombres.
La projection en perspective permet, en plus de sa vocation première qui est de créer un effet de perspective, d'obtenir

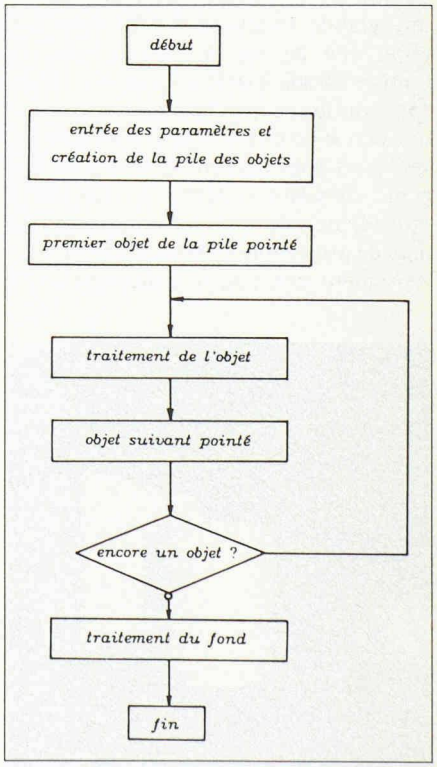

Fig. 14. — Configuration générale de la synthèse.

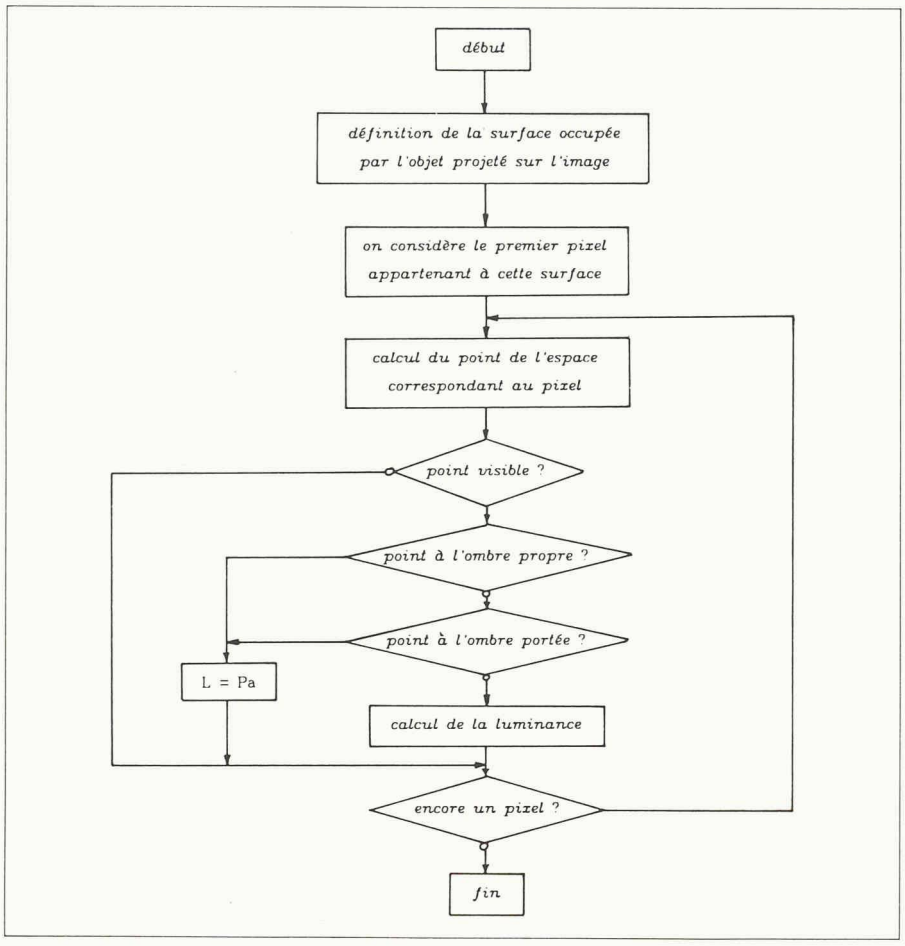

Fig. 15. — Configuration générale du traitement de l'objet.

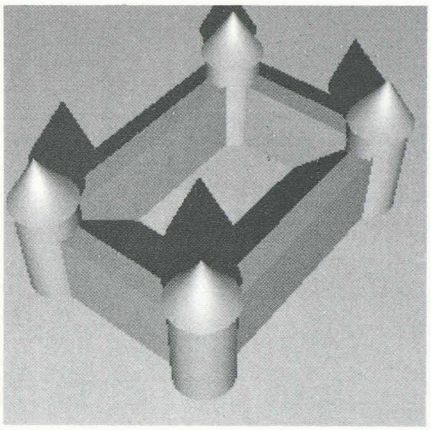

Fig. 18. — Maquette simplifiée de château.

des effets similaires à ceux d'un appareil photographique:

- déformation pour des grands angles de vision (fig. 2 et 16);
- rapprochement des objets pour des petits angles de vision (fig. 17).

La source de lumière ponctuelle offre une grande souplesse d'utilisation. En effet, elle permet de simuler soit la lumière du soleil en la rejetant assez loin, soit une lumière «concentrée» comme une lampe ou un réverbère. Les hypothèses faites pour les tests d'ombrage obligent cependant la source de lumière à être séparée de tous les objets par son plan de projection. Cela ne restreint heureusement que peu la généralité de la méthode, l'intérêt d'une lumière placée au centre des objets étant très limité (nous verrons quand même plus loin les modifications à apporter pour se libérer de cette contrainte).

L'application la plus fréquente — et la plus utile peut-être — de la méthode de génération serait de pouvoir reconstituer une scène dans l'espace à partir de données planes telles que dessins techniques, projection de Monge, plan d'urbanisme, etc. (nous y consacrerons le prochain paragraphe). On pense ainsi en premier lieu à l'architecture et au génie civil où la visualisation de maquettes de bâtiments ou de sites pourrait se faire sans créer matériellement celles-ci (fig. 18). De plus, une étude détaillée des ombres portées et de leurs répercussions sur l'environnement pourrait s'avérer utile lors de la construction de nouveaux bâtiments.

En chimie, une image représentant une molécule complexe dans l'espace peut se faire aisément en ne considérant que des cylindres et des sphères (fig. 19).

En mathématiques, la méthode permettrait d'atteindre une qualité très nettement supérieure aux simples traits utilisés habituellement lors de la représentation de surfaces complexes, d'autant plus que toutes les intersections de ces surfaces entre elles ne demandent aucun calcul supplémentaire.

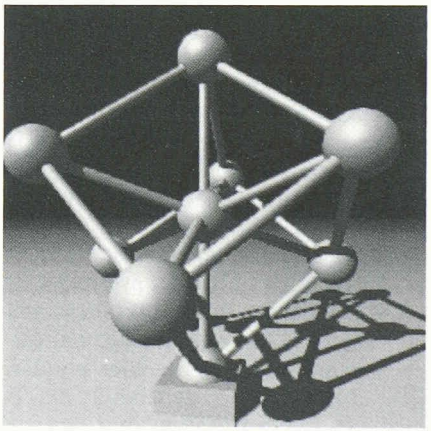

Fig. 19. — Maquette d'atomium.

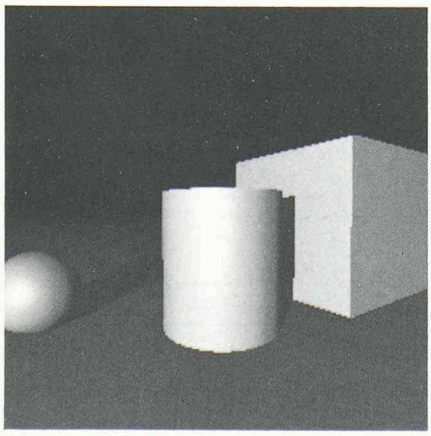

Fig. 16. — Utilisation d'un grand angle de vision (grand angulaire).

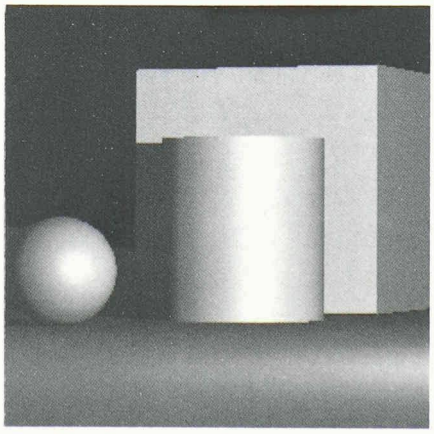

Fig. 17. — Utilisation d'un petit angle de vision (téléobjectif).

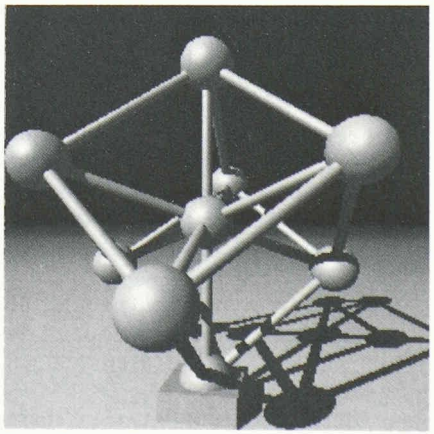

Fig. 20. — Version filtrée passe-bas de la maquette d'atomium.

On le voit, les résultats obtenus dans le cadre de ce projet permettent déjà d'envisager un bon nombre d'applications à cette méthode de génération d'images synthétiques.

6. Perspectives d'améliorations

Les améliorations que l'on peut apporter à cette méthode de génération sont séparables en deux catégories distinctes: le «quoi» et le «comment».

La première catégorie, le «quoi», englobe toutes les extensions d'objets de base à visualiser. On peut ainsi théoriquement représenter n'importe quel objet ou surface, pourvu qu'il soit décomposable en facettes ou descriptible par une équation.

La deuxième catégorie, le «comment» englobe toutes les techniques supplémentaires que l'on peut imaginer pour représenter la scène. La plus spectaculaire — et la plus attendue aussi — reste sans conteste l'introduction de la couleur: impossible de parler de réalisme absolu en noir et blanc. Nous ne nous attarderons cependant pas sur ce sujet, beaucoup trop vaste pour le cadre de ce projet. Dans un premier temps, nous allons discuter de quelques problèmes rencontrés jusqu'à présent.

Pour le moment, la source de lumière doit se trouver à l'extérieur des objets. Pour corriger ce défaut, il faudrait changer deux éléments dans la représentation de l'ombre portée:

- faire le test d'ombrage pour les facettes, non pas sur leur projection comme maintenant, mais sur la facette elle-même pour éviter l'utilisation d'un plan de projection;
- considérer non seulement les distances de la lumière au point testé et à l'obstacle, mais également leur sens: si la droite reliant le point testé à la lumière coupe un obstacle, il faut encore que celui-ci soit du même côté de la lumière pour ombrer le point.

Il serait ainsi possible de placer la source de lumière n'importe où dans la scène, bien que cela n'ait pas tellement d'autre intérêt que d'apporter une touche artistique supplémentaire.

Pour pallier à l'effet d'escalier nettement visible sur les images (tous les contours d'objets sont approximés par des «escaliers»), on peut imaginer de traiter les bords en effectuant une sorte de moyennage lors de brusques transitions. Un tel traitement est illustré à la figure 20: celle-ci représente la version filtrée de l'atomium de la figure 19.

On remarque nettement que l'effet d'escalier a presque disparu dans la version filtrée, mais par contre l'image est devenue floue. En effet, le moyennage se traduit par l'introduction de niveaux de gris intermédiaires qui faussent la représentation. Pour obtenir des résultats plus probants, il faudrait pouvoir traiter uniquement les coins de l'escalier et non pas tout le contour. La technique donnant les meilleurs résultats reste cependant l'augmentation du nombre de points de l'image: c'est la seule qui n'introduise pas de flou dans cette image et lui conserve ainsi toutes ses caractéristiques.

Nous pouvons maintenant étudier quelques techniques simples d'amélioration de la représentation. La plus utile serait sûrement de définir pour chaque objet sa propre surface — aspect et couleur — grâce aux proportions Pa, Pd, Ps et au facteur c. Cela permettrait de différencier certains objets entre eux comme un lac dans un paysage ou des atomes différents dans une molécule. L'introduction de plusieurs sources de lumière pourrait être utile lorsque beaucoup d'objets sont en jeu pour qu'ils soient tous suffisamment éclairés. Il faut cependant se rendre compte que cela pourrait détruire une partie de l'effet de perspective apporté par la luminance variable de la surface selon son orientation: si tout est éclairé, les variations de luminance sont beaucoup plus faibles.

Reste encore toutes les améliorations que l'on pourrait qualifier de subtiles: utiliser un modèle pour les reflets ou la transparence, permettant par exemple de recréer une bulle de savon avec les différents reflets du monde extérieur sur sa surface tout en voyant à travers.

La méthode de génération utilise des objets de base qui sont repérés dans l'espace par plusieurs paramètres dont le nombre varie suivant le type d'objet:

- rayon et centre pour la sphère;
- trois points pour le parallélépipède;
- sommet, centre de la base, direction de la normale à la base et angle d'ouverture pour un cône;
- etc.

Jusqu'à présent, les paramètres ont été entrés à la main, soit en utilisant le dialogue interactif, soit en créant la pile des objets une fois pour toutes à l'intérieur du programme.

Il semble cependant tout à fait envisageable de mettre au point des méthodes d'entrée automatique des paramètres: soit à partir de dessins plans comme la projection de Monge ou la projection axonométrique, soit à partir de photos de l'objet à visualiser. Le premier type de support de données permettrait de représenter tous les objets dont les plans ont déjà été dessinés. Malheureusement, l'élaboration d'une telle méthode, si elle n'existe pas encore, nécessiterait beaucoup de temps et serait probablement assez limitée quant aux possibilités. De plus, si l'utilisateur possède les plans de l'objet à visualiser, l'entrée des données à la main peut se faire assez rapidement puisqu'il a toutes les coordonnées des points sous les yeux.

L'entrée des paramètres à partir de photos de l'objet semble également intéressante à première vue. En effet, l'homme n'a pas toujours accès directement à tout ce qu'il aimerait regarder: surfaces de planètes, fond des océans, bases ou avions militaires, etc. Il serait ainsi très pratique de pouvoir reconstituer la scène dans l'espace à partir de deux photos prises par exemple par une sonde spatiale, un mini sous-marin ou un avion de reconnaissance. Des études sont en cours un peu partout sur ce sujet, mais il ne faut cependant pas perdre de vue que le problème est ardu et que plus on désire de détails, plus il faudra de prises de vues différentes. Cette méthode semble ainsi avoir des applications assez limitées, bien qu'à priori très intéressantes.

Ce rapide survol des techniques possibles pour entrer les paramètres automatiquement fait ressortir d'une part le manque probable de généralité de ces méthodes et d'autre part les difficultés qu'il y aurait à les implémenter.

7. Conclusion

L'objectif de ce projet de diplôme était de créer une méthode de génération d'images synthétiques point à point pour des objets relativement simples. La solution retenue permet, grâce aux différents algorithmes élaborés, d'offrir une très grande souplesse d'utilisation:

- l'observateur peut être placé n'importe où avec un angle de vision quelconque;
- la source de lumière ponctuelle peut se placer partout autour des objets;
- le nombre des objets de base n'est pas limité;
- les objets peuvent s'interpénétrer les uns les autres.

De plus, une impression de volume, d'éloignement a pu être obtenue en se basant sur les trois concepts suivants:

- une luminance variable de la surface selon sa direction;
- les ombres propres et portées;
- une projection en perspective.

Les résultats obtenus tout au long de ce projet permettent de se montrer optimiste quant aux possibilités offertes par cette méthode de génération. Il ne faut cependant pas perdre de vue qu'elle a été développée de manière à créer un maximum de réalisme et que par conséquent elle est tout à fait impropre pour du calcul en temps réel: le temps de calcul se situe pour une image d'une dizaine d'objets autour de quelques minutes (deux à dix) sur un VAX 11/780. On ne peut malheureusement pas avoir simultanément beaucoup de calculs en peu de temps.

Adresse de l'auteur:
Christian Schaer
Ingénieur diplômé EPFL
Plaisance 5
1024 Ecublens