
Apport des techniques d'animation à l'interprétation des simulations numériques

Pierre Beckers

*LTAS-Infographie, Université de Liège
21, rue E. Solvay, 4000 Liège, Belgique
Pierre.Beckers@ulg.ac.be*

RÉSUMÉ. Les techniques de rendu réaliste permettent d'obtenir des images d'objets ou de scènes virtuelles tridimensionnelles. Dans le domaine du dessin technique, elles ne sont pas utilisables car il faut superposer à la représentation de l'objet une information abstraite. Seule l'introduction du mouvement permet, grâce aux techniques d'animation, de produire une image qui restitue la troisième dimension de l'objet. L'expérience acquise auprès des étudiants ingénieurs a démontré la validité de cette approche.

ABSTRACT. Rendering techniques allow to obtain pictures of objects or virtual 3-D scenes. In the field of technical drawing, they are not useful because it is necessary to superpose an additional abstract information. Only movement, produced with animation techniques, is able to produce pictures where the third dimension of the object is restored. Some experiences performed with young non experimented students have demonstrated the validity of this approach.

MOTS-CLÉS : infographie, animation, rendu réaliste, modèles, réalité virtuelle.

KEY WORDS: Computer graphics, animation, rendering, modeling, virtual reality.

1. Introduction

L'objectif de cette communication est l'étude des techniques de représentation par l'image, d'objets tridimensionnels réels ou virtuels. Un objet et son environnement composé d'autres objets, éventuellement de décors, constituent une scène tridimensionnelle. Si la scène est réelle, sa représentation la plus appropriée est la photographie.

Il est possible d'en obtenir une image plus dynamique en introduisant la variable temps. Il suffit soit de déplacer l'objet dans la scène, soit de modifier la position du point de vue ou de la caméra. Si l'ensemble est réel, le résultat est un film ou une vidéo.

Pour des objets virtuels, les techniques informatiques actuelles permettent de produire, par simulation, des photographies ou des animations. Ces techniques comportent deux éléments essentiels, le calcul géométrique de l'image, projection de l'objet, et le calcul des propriétés physiques liées à l'éclairage. Cette deuxième étape est souvent basée sur les lois de l'optique géométrique, mais fait aussi appel à des méthodes plus élaborées comme la radiativité.

2. Dessin technique ou scientifique

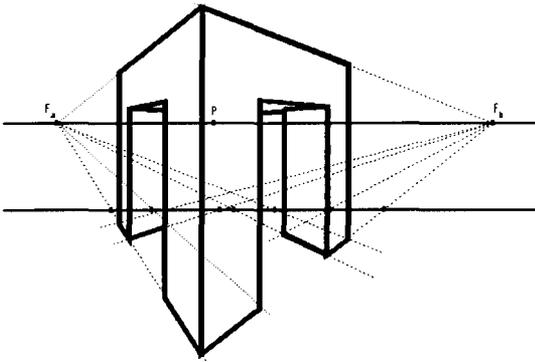


Figure 1. *Perspective centrale, représentation des points de fuite*

Le but du dessin technique n'est pas le même que celui de la représentation d'objets réels, car dans ce cas, on souhaite montrer un modèle de l'objet qui comporte une information additionnelle utile pour sa conception ou sa fabrication.

Cette information est de nature très variée, la plus classique correspond à la cotation de l'objet. D'autres se réfèrent aux simulations numériques qui devront être réalisées

pour en analyser le comportement. Le maillage éléments finis, les cartes de températures ou de contraintes fournissent quelques exemples.

À deux dimensions, l'ajout de cette information sur le modèle ne pose pas de problème car la géométrie de l'objet est entièrement décrite par son contour. Par contre, à trois dimensions, l'affichage de cette grandeur empêche l'utilisation des techniques de rendu réaliste capables de restituer, sur la projection, la troisième dimension de l'objet réel.

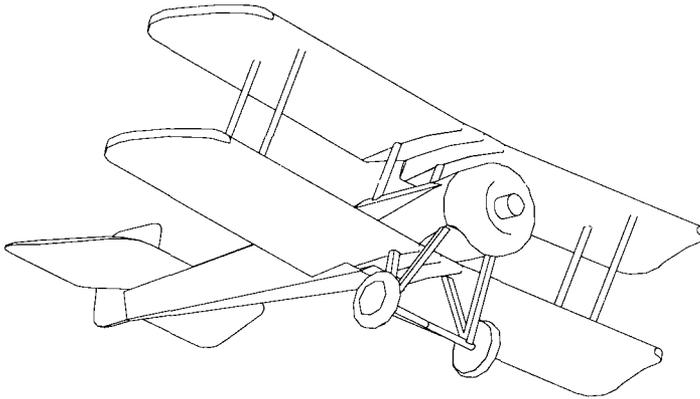


Figure 2. Perception correcte de la profondeur pour un dessin au trait

Même si les contours de l'objet, ici les arêtes vives, sont projetés sur le plan de manière exacte, le résultat est relativement abstrait et il faut une certaine habitude pour percevoir ses trois dimensions. Le fait d'y ajouter une autre information abstraite ne facilite pas la compréhension.

La difficulté est donc de choisir la représentation la plus appropriée en respectant la précision de l'information additionnelle et en sacrifiant le moins possible à la perception immédiate des trois dimensions de l'objet.

3. Aspects géométriques

Dans les projections planes, c'est la projection perspective ou projection centrale qui est en principe la plus apte à représenter des objets réels. Il faut cependant veiller à la position du point de vue, qu'il ne faut pas placer trop près de la scène à étudier car cela induit, comme en photographie, des déformations indésirables. Pour des objets petits ou, pour éviter ces déformations, il convient d'éloigner le point de vue.

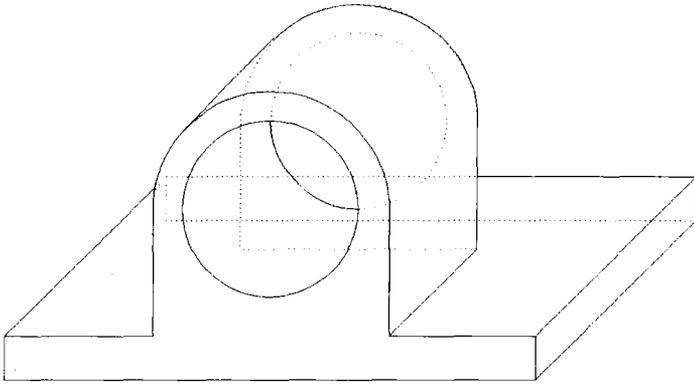


Figure 3. *L'information sur les lignes cachées nuit à la visibilité de l'ensemble*

Si celui-ci se déplace vers l'infini, on obtient des projections parallèles qu'on peut également classer comme axonométries, ce sont les plus adéquates dans le domaine technique. Bien que ces projections ne reflètent pas exactement la réalité, elles s'en approchent très fort si la distance entre l'objet et le point de vue est beaucoup plus importante que la dimension maximum de l'objet étudié.

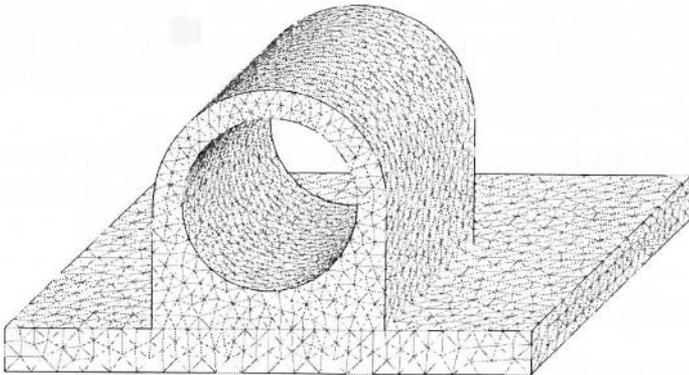


Figure 4. *Certaines informations, par exemple un maillage, donnent une texture*

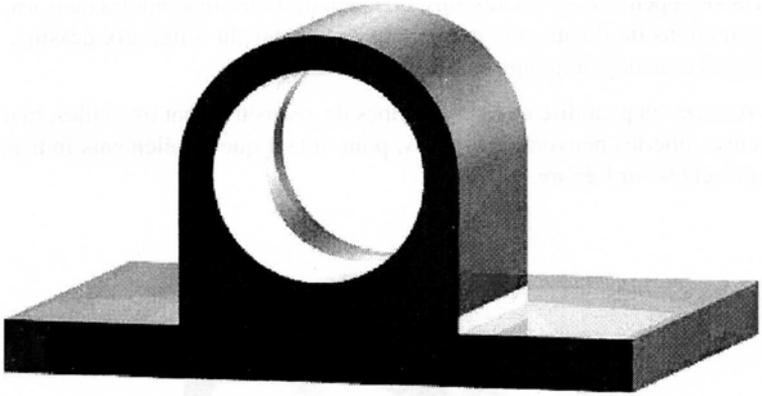


Figure 5. *Technique de rendu réaliste, ombrage*

En ce qui concerne les aspects purement géométriques, le type de projection utilisé n'est pas important, en ce sens que toutes permettent d'introduire des images où l'effet 3D est perceptible. La seule condition à respecter est de tenir compte de la profondeur, ce qui nécessite des algorithmes performants d'élimination de parties cachées ou de détection de surfaces visibles. Le résultat est immédiatement perçu et compris par l'utilisateur. Notons que le fait d'introduire des chevauchements restitue bien ces effets de profondeur. C'est pour cela que, si un objet est convexe, il est utile de le placer dans un décor.

L'examen de peintures ou de bandes dessinées montre, qu'en présence d'un décor, de nombreuses libertés peuvent être prises avec les règles de géométrie sans altérer l'aspect pseudo-réaliste du dessin obtenu et, en tout cas, sans lui enlever *a priori* sa capacité à représenter une scène tridimensionnelle.

Dans les bandes dessinées, produites selon la technique qu'il est habituel d'appeler la ligne claire, le dessin est épuré au maximum, le coloriage est uniforme, certaines libertés sont prises avec les règles de la géométrie. La perception de l'espace est cependant immédiate, même pour des enfants ou des personnes non entraînées, car les personnages sont toujours placés dans un décor que le dessinateur utilise des artifices pour donner des impressions de mouvement ou de profondeur. Ceux-ci ne font pas partie de la scène, ils conviennent bien pour une réalisation manuelle, mais sont difficiles à implanter si l'on désire des représentations automatiques. Dans ces dessins, le trait joue un rôle fondamental pour souligner les contours, mais comme il ne fait pas partie de l'objet, il est difficile, voire impossible, d'en obtenir une représentation par des techniques informatiques.

Les techniques de traitement d'images, qui reproduisent les manipulations effectuées lors du développement des photos ainsi que certains outils disponibles dans les logiciels de présentations de documents permettent de donner du relief aux dessins, mais ils nécessitent beaucoup de temps et une grande habitude.

En résumé, on peut dire que les principes de géométrie sont très utiles, mais que de nombreuses libertés peuvent être prises, pour autant que les éléments indispensables soient présentés sur l'épure.

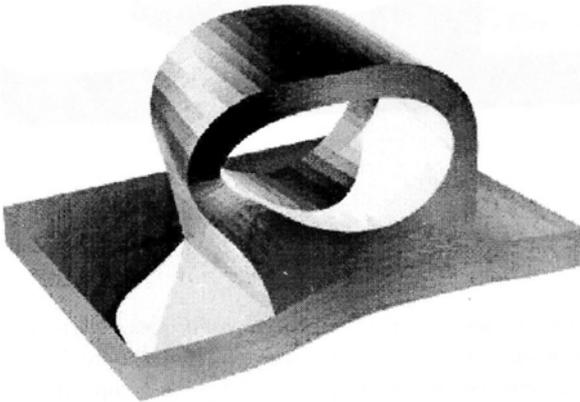


Figure 6. *Ombres portées et mouvement suggéré par la déformation*

Si aucun artifice n'est utilisé pour restituer la troisième dimension, quel que soit le système de projection utilisé, il faut une connaissance profonde des règles de la géométrie et une grande maîtrise pour percevoir instantanément la troisième dimension sur les dessins ainsi réalisés.

Le problème posé est donc de savoir par quelle méthode introduire la troisième dimension nécessaire pour arriver à une compréhension immédiate de l'objet dessiné. Une réponse est d'introduire des images dynamiques, mais examinons tout d'abord une solution plus classique.

4. Techniques de rendu réaliste

4.1. Premier niveau de rendu : les ombres propres

Une photographie se différencie d'un dessin au trait par le coloriage des objets en couleurs vraies ou en différents niveaux de gris. Ceux-ci sont produits en calculant l'éclairement des différentes parties des objets à représenter. Cet éclairement dépend des sources lumineuses, du matériau constituant l'objet et de la position de la surface coloriée.

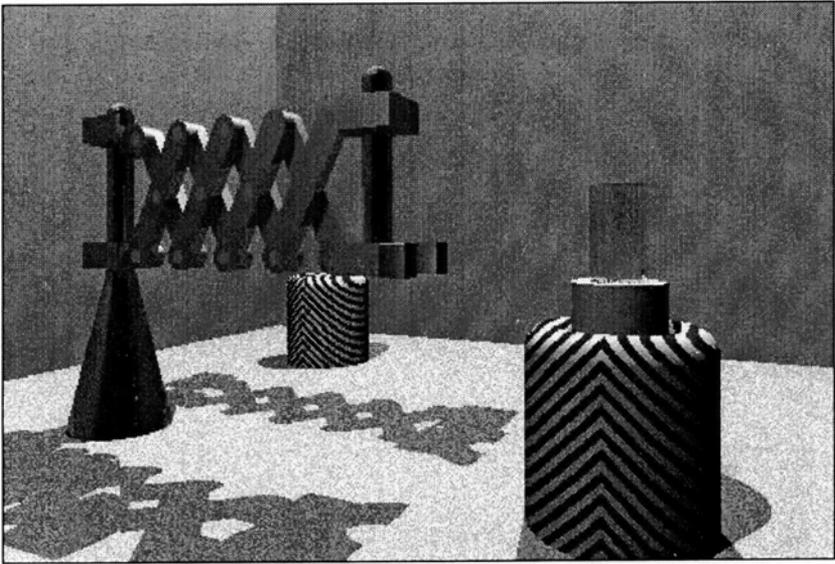


Figure 7. *Ombres portées et environnement*

L'adéquation du tracé à la position des sources lumineuses par rapport à des surfaces plus ou moins réfléchissantes et à l'observateur ou la caméra restitue une vision réaliste de la scène à représenter.

La distance à laquelle se trouve un élément de la scène a une influence prépondérante. Il suffit d'imaginer un élément de paysage situé très loin et fondu dans la brume ou simplement noyé dans les éléments voisins. Le rouge d'une voiture sur fond vert apparaît différemment si elle est située au premier plan ou très loin à l'arrière-plan.

Cet apport de niveaux de couleurs correspond à la variable valeur de l'image définie dans la classification [BER 77] et constitue avec la variable taille ce qu'il convient d'appeler la troisième dimension de l'image. Cette variable valeur peut être utilisée selon des techniques très variées, comme les hachures plus ou moins serrées ou des grains variés.

4.2. Second niveau : les ombres portées

Le fait d'ajouter des ombres portées positionne l'objet relativement aux sources lumineuses et aide le lecteur à en retrouver la disposition spatiale justement par analyse des différentes ombres propres ou portées.

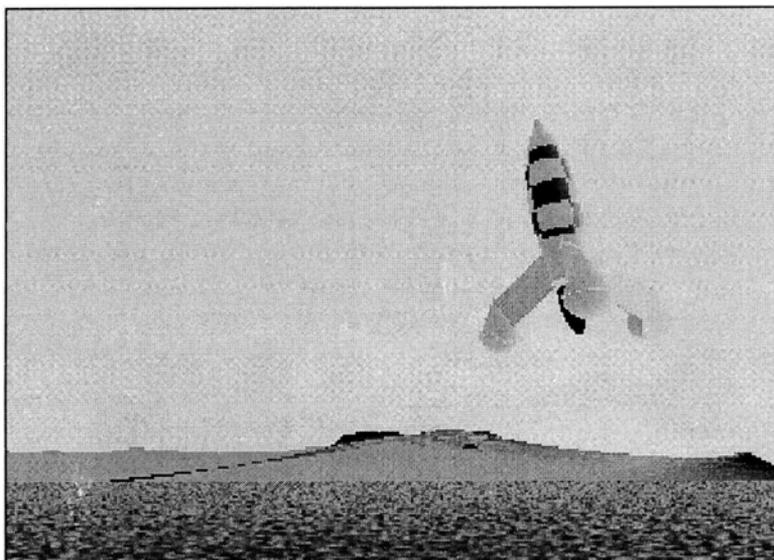


Figure 8. *Situation où le mouvement est important*

Considérant en effet le cas d'un objet isolé dans l'espace, le fait de le représenter, même avec toute la palette possible de textures, n'est pas suffisant car il y manque une référence à l'environnement, situation qui est toujours présente dans le monde réel.

Par contre, l'introduction des ombres portées ajoute une référence à un second objet qui est la source lumineuse. C'est la relation à cet objet particulier qui montre le tracé des ombres portées et l'intérêt de cette information est de donner plus de relief à l'objet dessiné.

Remarquons à ce niveau que l'ajout des ombres portées complique l'exécution du tracé et oblige quasiment à faire appel à des algorithmes plus élaborés mais beaucoup plus coûteux, comme le lancer de rayons. Par comparaison avec le monde réel, on observe que la vision d'une scène par temps de brouillard correspond à la situation où la lumière est complètement diffuse et où les ombres portées sont inexistantes. Cette situation d'éclairage rend l'appréciation des distances et des positions beaucoup plus délicate. Dans le cas de la circulation routière, c'est une source d'accidents, même si on ne se trouve pas dans la situation aggravante du manque de visibilité.

Si la seule préoccupation est de représenter des scènes réalistes, il suffit donc de respecter les caractéristiques géométriques et d'insérer un éclairage de la scène et un environnement. Cette situation amène à reproduire exactement des photographies où tous ces éléments sont automatiquement présents.

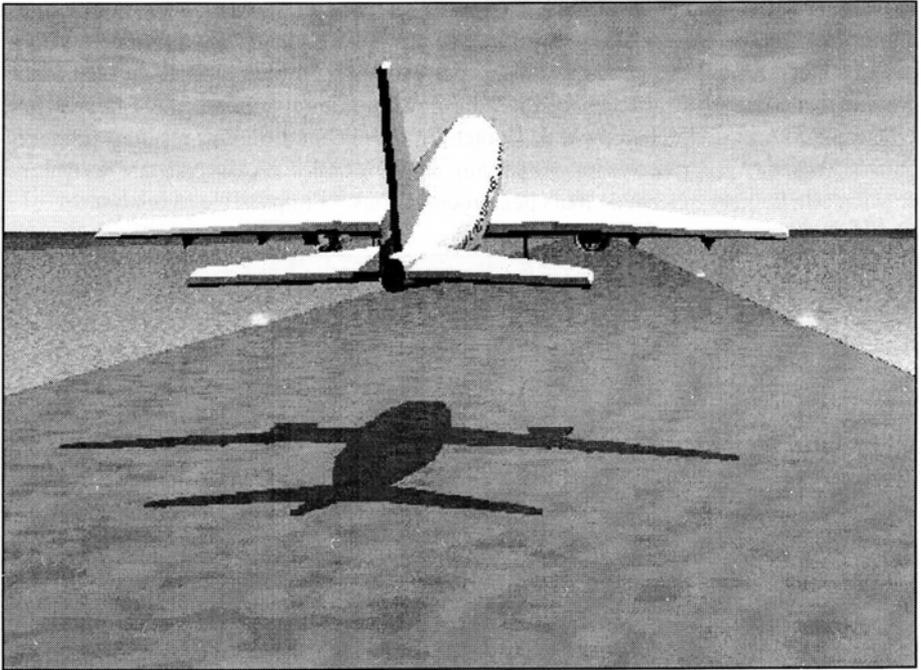


Figure 9. *Etude d'un train d'atterrissage (D. Verhelst - LTAS)*

Comme en photographie, il est également possible d'utiliser des techniques visant à modifier les contrastes ou d'autres propriétés de l'image. Ces effets sont généralement obtenus en introduisant différents types de filtres. Ces techniques ont reçu un développement important grâce, entre autres, à la nécessité de traiter les photographies provenant des images médicales ou des observations par satellites.

5. Problématique des dessins techniques

Cependant, lorsqu'il s'agit de représenter des résultats de simulations sur des objets virtuels, il est souvent nécessaire de superposer sur l'image obtenue une information abstraite issue de la simulation. La représentation de la température en chaque point d'un objet en est un exemple.

La difficulté est de donner une représentation suffisamment réaliste d'objets dont la couleur est liée non pas aux variables physiques de représentation, mais à une variable abstraite.

Si l'on se réfère aux propriétés de l'image et en admettant que la palette de couleurs soit affectée à la représentation de la variable abstraite, il reste encore la possibilité d'utiliser la variable valeur pour le rendu réaliste. Mais la combinaison de ces deux

moyens rend le résultat difficile à interpréter et conduit souvent à de nombreuses confusions lors de l'interprétation. En effet, une palette de couleurs très différenciées n'est pas très étendue et il est tentant d'utiliser, par exemple, du bleu clair et du bleu foncé comme des couleurs différentes, ce qui interdit d'introduire simultanément la brillance pour tenir compte de l'éclaircement de l'objet. En examinant différents résultats proposés dans la littérature ou présentés lors de communications orales, on constate que les dessins sont éventuellement très beaux mais peu précis et souvent impossibles à analyser.



Figure 10. Autre type de scène comprenant des paysages virtuels (Ph. Andry - LTAS)

Sur des images fixes, la situation semble donc sans issue et il est vrai que la production de documents en couleur, même si elle ajoute parfois un certain confort de lecture, a jusqu'ici peu amélioré la qualité de l'information censée être introduite sur les représentations des objets tridimensionnels. La production de bons documents en couleurs demande une grande expérience [FAR 90, ITT 64]. La seule manière cohérente de s'en sortir est de fournir deux représentations, la première en rendu réaliste pour comprendre la géométrie et la deuxième sur laquelle on superpose la représentation de la variable abstraite.

6. Mouvement

Il existe cependant un autre moyen de représenter des objets coloriés selon une variable abstraite, il consiste à introduire la dimension temps. En effet, un facteur important dans la compréhension des scènes tridimensionnelles est le mouvement, chacun peut ainsi observer qu'il est plus facile de situer dans l'espace un objet petit ou lointain s'il est en mouvement. La raison en est assez simple : le système de vision (œil plus cerveau) analyse plus facilement les situations dynamiques que les situations statiques. La comparaison de situations géométriques proches les unes des autres permet assez facilement de retrouver les notions de distances ou de positions.

La proposition finale est donc la suivante. Pour aider à la compréhension de scènes tridimensionnelles, il faut soit utiliser les techniques de rendu réaliste (analogie avec la photographie), soit utiliser le mouvement (analogie avec la vidéo). Dans ce cas, la qualité du rendu est moins utile, voire même non nécessaire. La superposition des deux techniques donne le résultat à la fois le plus réaliste et le plus attrayant.

7. Conclusion

Lorsqu'il n'est pas possible d'utiliser les techniques de rendu réaliste, l'utilisation de l'animation graphique permet d'assurer une perception immédiate d'une scène dans ses trois dimensions. Cette méthode a été testée avec succès auprès d'un grand nombre d'étudiants ingénieurs dans le cadre d'un cours de géométrie descriptive.

Aujourd'hui, ces techniques peuvent être mises en œuvre sur un PC multimédia courant. Il existe beaucoup de logiciels disponibles sur le marché ou en libre utilisation (*freeware*). Les exemples montrés dans cet article sont, pour la plupart, créés à partir du logiciel POV-RAY [POV 96] et sont accessibles sur le site Internet de l'Université de Liège : www.ltas.ulg.ac.be.

8. Bibliographie

- [BER 77] BERTIN J., *La graphique et le traitement graphique de l'information*, Flammarion, 1977.
- [FAR 90] FARGE M., « Choix des palettes de couleurs pour la visualisation des champs scalaires bidimensionnels », *l'Aéronautique et l'Astronautique*, n° 140, 1990-1.
- [ITT 64] ITTEN J., *Art de la couleur*, Dessain et Tobra, 1984.
- [POV 96] POV-TEAM, *Persistence of Vision Ray-Tracer (POV-Ray), User's Documentation 3.0.10*, www.povray.org, 1996.