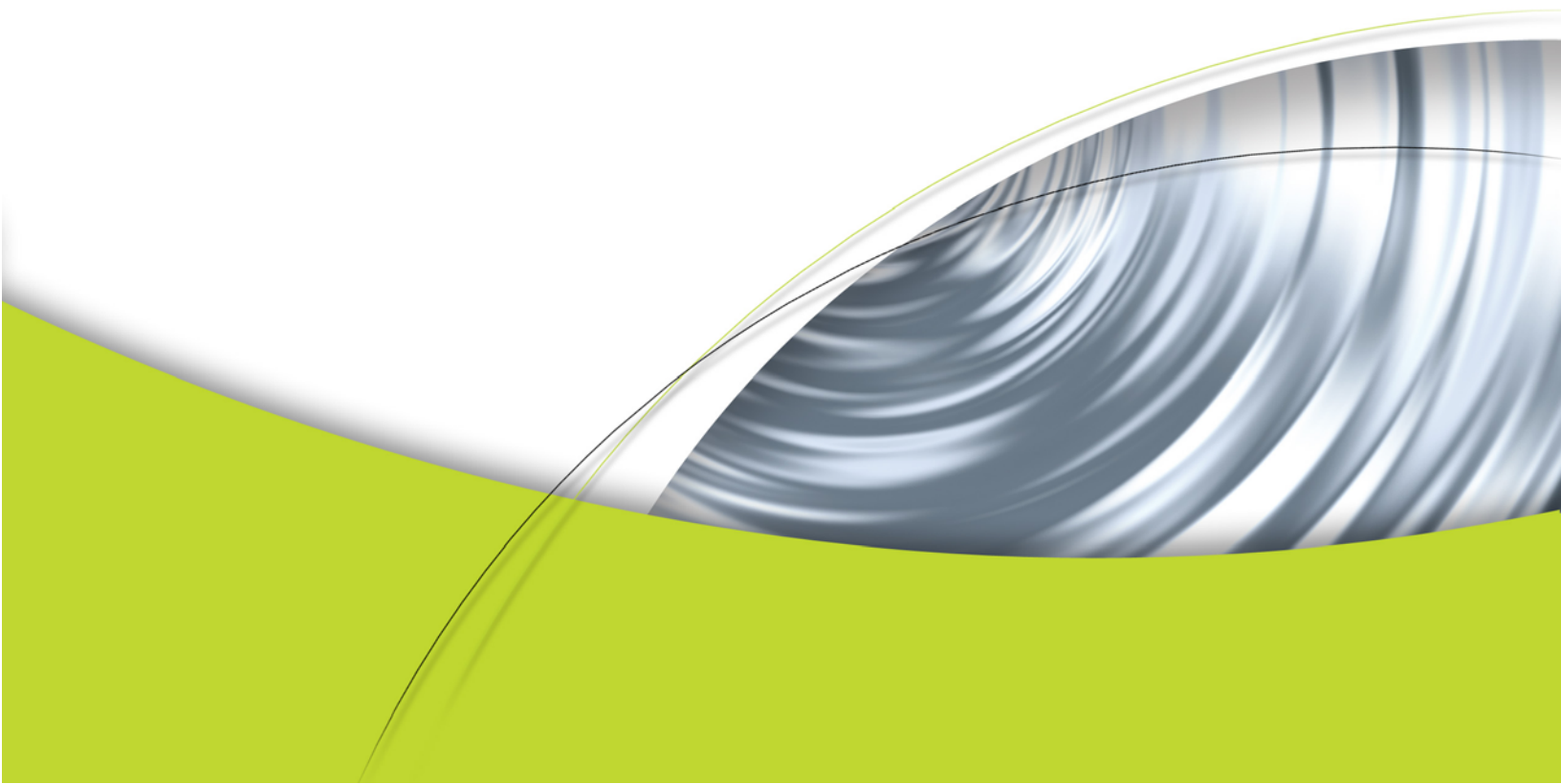




Condensé technique

Graphiques haute précision

La couleur de qualité
cinématographique sur les P.C.



Une couleur de qualité cinématographique sans précédent pour des effets spéciaux avancés

Avec les nouveaux processeurs graphiques (GPU) de NVIDIA®, les GeForce™ FX, les développeurs peuvent atteindre les très exclusives normes de précision utilisées par l'industrie cinématographique. Les formats en virgule flottante en 16 et 32 bits (FP16 et FP32) inhérents aux GPU GeForce FX donnent aux développeurs la souplesse indispensable pour créer des images de la plus haute qualité. Le FP32 garantit une image d'une qualité extrême en fournissant une vraie couleur 128 bits, ce qui correspond au niveau de précision utilisé aujourd'hui dans l'industrie cinématographique pour obtenir des effets chromatiques étonnants. La couleur de qualité cinématographique exige que les pixels soient à la fois traités et stockés dans ce mode 128 bits. Les solutions qui ne prennent pas totalement en charge un pipeline de traitement de pixels 128 bits, par exemple les plates-formes qui ne supportent que les formats FP24, seront dans l'impossibilité d'atteindre la couleur de qualité cinématographique des GPU GeForce FX.

Les plates-formes GeForce FX de NVIDIA prennent également en charge le FP16 afin d'optimiser la performance lorsque la couleur 128 bits s'avère superflue. Les développeurs sont libres d'alterner ces formats dans leurs applications, en utilisant pour chaque calcul celui qui s'y prête le mieux. Par exemple, certaines actions telles que l'indexation dans une texture haute résolution ne peuvent être réalisées de façon optimale qu'en utilisant un format en virgule flottante en 32 bits. Si la texture dépasse 1024 x 1024 ($2^{10} \times 2^{10}$, ce qui requiert au moins 10 bits de mantisse par coordonnée de texture), un développeur aura besoin du FP32 pour accéder à toutes les données. D'autres calculs en revanche pourront être effectués avec précision avec le FP16 et bénéficier ainsi de la vitesse d'exécution maximale rendue possible par ce niveau de précision.

Les niveaux de précision et de choix offerts par ces formats de précision supérieure permettent aux développeurs de produire des graphiques cinématographiques en temps réel et d'optimiser la performance dans toutes les situations.

Ce document présente les limites des architectures graphiques qui ne prennent pas totalement en charge le pipeline 128 bits. Il décrit également en détails les problèmes qui peuvent survenir avec les jeux et les autres applications aux visuels fouillés lorsqu'ils sont exécutés sur des plates-formes d'une précision moindre.

« L'arrivée de la précision de pixel en virgule flottante en 32 bits permet de créer des images de haute qualité. Des effets de volume saisissants — nappes de brouillard, nuées d'insectes, images-objets qui s'effacent progressivement au lieu d'être brutalement découpées — peuvent être réalisés grâce à l'enregistrement dans un tampon et à la réutilisation des valeurs de profondeur par pixel adoptant le format en virgule flottante en 32 bits. Vous pouvez élaborer des formules d'atténuation de lumière par pixel précises qui réagissent à la position des sources de lumière dans des registres vectoriels en virgule flottante en 32 bits. Sans compter qu'une précision en virgule flottante en 16 et 32 bits autorise un bump mapping de qualité supérieure. Avec seulement 8 bits par composant, vous aviez des artéfacts qui ne passaient pas inaperçus et des bump maps non-normalisées ». *Tim Sweeney, Epic Games, Inc.*

Les défis actuels

Précision : pouvoir spécifier quelque chose avec clarté et exactitude

La précision exige un niveau de détail adéquat. Ainsi, quand il s'agit de spécifier la couleur d'une image, vous devez pouvoir créer un nombre suffisant de couleurs et choisir parmi celles-ci pour illustrer de façon réaliste chaque partie de l'image. La précision est, par conséquent, directement liée à la qualité visuelle d'une image.

Sur l'écran d'un ordinateur, les images s'affichent sous la forme d'un mélange de composants RVB (rouge, vert et bleu), chaque composant étant contrôlé par un nombre de bits. Pour comprendre les différents niveaux de précision, prenez l'exemple d'un système employant la couleur 16 bits. L'une des approches possibles consiste à attribuer 5 bits au contrôle de chaque composant, ce qui permet de programmer 2^5 soit 32 niveaux pour chaque couleur (dans ce modèle, le 16^e bit est en général utilisé pour activer ou désactiver la transparence). Avec la couleur 32 bits, chaque composant RVB peut être contrôlé au moyen de 8 bits, ce qui offre 2^8 (256) niveaux. Le niveau de précision augmente donc de façon exponentielle avec le nombre de bits. Les bits supplémentaires permettent un contrôle plus précis des niveaux de couleur, contribuant au niveau de réalisme de l'image générée. La figure 1 illustre des graduations de couleur avec des nombres de niveaux de couleurs différents.

Plus la complexité des images augmente plus l'utilisation des bits pour spécifier les couleurs devient problématique. Selon le format utilisé (entier ou virgule flottante), le niveau de précision disponible risque de ne pas présenter la granularité requise pour le calcul et l'affichage d'une image de haute qualité. Sans compter que les calculs peuvent souffrir d'erreurs d'arrondi variées.

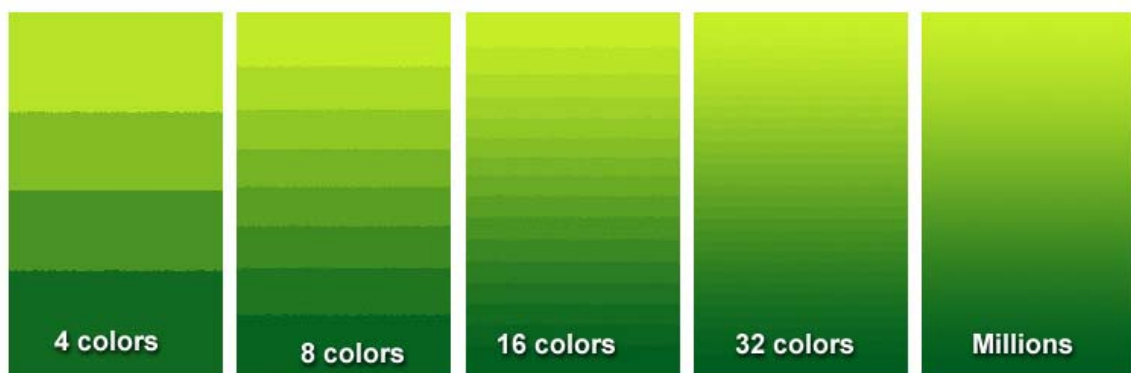


Figure 1. Graduations cobrimétriques.
Les images qui comportent un plus grand nombre de couleurs sont plus belles que celles qui en ont moins.

Les conditions « d'overflow » et « d'underflow »

Des conditions « d'overflow » ou « d'underflow » surviennent lorsque les limites de la plage, limites qui marchent de pair avec la précision, débouchent sur une perte d'informations lors d'un calcul. L'exemple suivant illustre un cas « d'overflow ». Dans un calcul, 8 bits (des uns et des zéros) sont utilisés pour représenter un nombre. La plage numérique qui peut être représentée de la sorte va donc de 0 à 255 (2^8 combinaisons de zéros et de uns). Si deux nombres (par exemple, 130 et 130) sont additionnés, le résultat est égal à 4 (pas à 260).

L'exemple précédent ne prenait en compte que les entiers positifs. Si à la place nous utilisons des entiers négatifs et positifs, les 8 bits employés seraient toujours utilisés pour représenter 256 valeurs mais la plage changerait et irait de -128 à 127, le bit le plus élevé indiquant le signe de l'entier. Or, les erreurs d'arrondi affectant les additions et les soustractions, il peut arriver qu'un résultat qui devrait être positif finisse par être négatif ou vice versa. Les valeurs inexactes ont souvent des conséquences de taille sur l'image affichée.

« La plage est mieux définie. Il y a des valeurs qui ont des plages intrinsèques de 0 à 1, comme les facteurs de réflexion et de filtrage. Les vecteurs normalisés ont une plage qui va de -1 à 1. Cependant, la quantité la plus centrale en rendu, la lumière, est totalement dépourvue de limites. Nous réclamons une dynamique bien supérieure à 0 - 1. Q3 élargue les tables de gamma pour sacrifier un bit de précision afin d'obtenir une plage de 0 à 2, mais j'ai besoin de plus ne serait-ce que pour les techniques de rendu les plus élémentaires. Pour modéliser avec précision l'ensemble de la plage des valeurs de lumière à laquelle l'homme est sensible, même un exposant à cinq bits ne suffirait pas ». *John Carmack, ID Software*

Les problèmes liés au temps réel

À l'heure actuelle, l'industrie cinématographique tient le haut du pavé en matière de qualité d'image. Les techniques de rendu sophistiquées employées pour la création des films reposent sur des nombres à virgule flottante en 16 ou 32 bits pour chaque composant RVB (couleur 64 ou 128 bits). Et, maintenant que les graphiques 3D en temps réel se rapprochent de la qualité cinématographique, nombre des opérations complexes autrefois réservées au rendu cinématographique deviennent possibles en temps réel. Ces opérations en temps réel demandent toutefois un haut degré de précision. Sans précision numérique supérieure, de nombreux artefacts et problèmes surviennent ruinant l'illusion cinématographique de la scène.

Dernièrement, de nombreux jeux en 3D utilisent des techniques qui essaient de contourner les limites de la précision actuelle. Malheureusement, nombre des solutions adoptées abaissent la performance des jeux et se révèlent trop contraignantes pour les programmeurs.

« Cela fait des années que je fais des pieds et des mains pour avoir une paire de bits de plage de plus, mais maintenant mes exigences se sont accrues. Je veux des couleurs en virgule flottante en 16 bits vraies tout au long du pipeline graphique. Un bit de signe, dix bits de mantisse et cinq bits d'exposant (l'idéal serait de pouvoir échanger un bit ou deux entre la mantisse et l'exposant). C'est une exigence qui reste raisonnable car on pourrait en demander encore plus ». *John Camack, ID Software*

Les problèmes dus au manque de précision

Le manque de précision numérique peut être à l'origine de nombreux artéfacts et problèmes qui appauvrissent l'expérience visuelle. Les sections qui suivent font le point sur certains de ces problèmes. Elles incluent des illustrations et indiquent les solutions rendues possibles par une précision numérique accrue.

« Le GeForce FX résout un problème de rendu fondamental. Grâce à la prise en charge des couleurs 64 bits et 128 bits, les développeurs disposent désormais d'une précision et d'une plage dynamique suffisantes par canal de couleur pour permettre au GPU d'exécuter des équations de rendu complexes par pixel. De par le passé, ces équations de rendu ne pouvaient être calculées que sur l'UC (et donc pas en temps réel) ou avec des limites contraignantes ». *Jay Stelly, Valve, LLC*

Les bump maps

Dans le cadre des opérations de « bump mapping » (mappage de relief), les nouvelles normales d'ombrage* (les vecteurs) sont calculées en utilisant les positions de points avoisinants sur la surface déplacée. Pour illustrer les problèmes potentiels pouvant survenir avec des niveaux de précision inadéquats, nous prendrons le cas d'un programme d'analyse de shader de la société Exluna, en utilisant son renderer Entropy. Ce programme signale les « overflows » et les « underflows » survenant dans les calculs numériques. Avant le GeForce FX, les artéfacts dus à des pertes de précision découlant « d'underflows » lors de la création d'effets impliquant des dérivées étaient monnaie courante. Lorsque des nombres d'une valeur proche sont soustraits sans la due précision, des annulations catastrophiques peuvent se produire. Il n'est pas rare d'obtenir un zéro à la place d'une valeur en virgule flottante faible.

Ce problème de précision se traduit par des zones déplacées bosselées qui semblent le résultat de l'application d'un opérateur de mappage cartographique plutôt que d'une variation de hauteur progressive. La figure 2 illustre parfaitement ce point. Avec les modes FP16 et FP32 du GeForce FX, il est possible d'éviter ces situations en utilisant le format adapté pour résoudre un problème donné.

* Pour en savoir plus sur les normales, consultez l'annexe A.

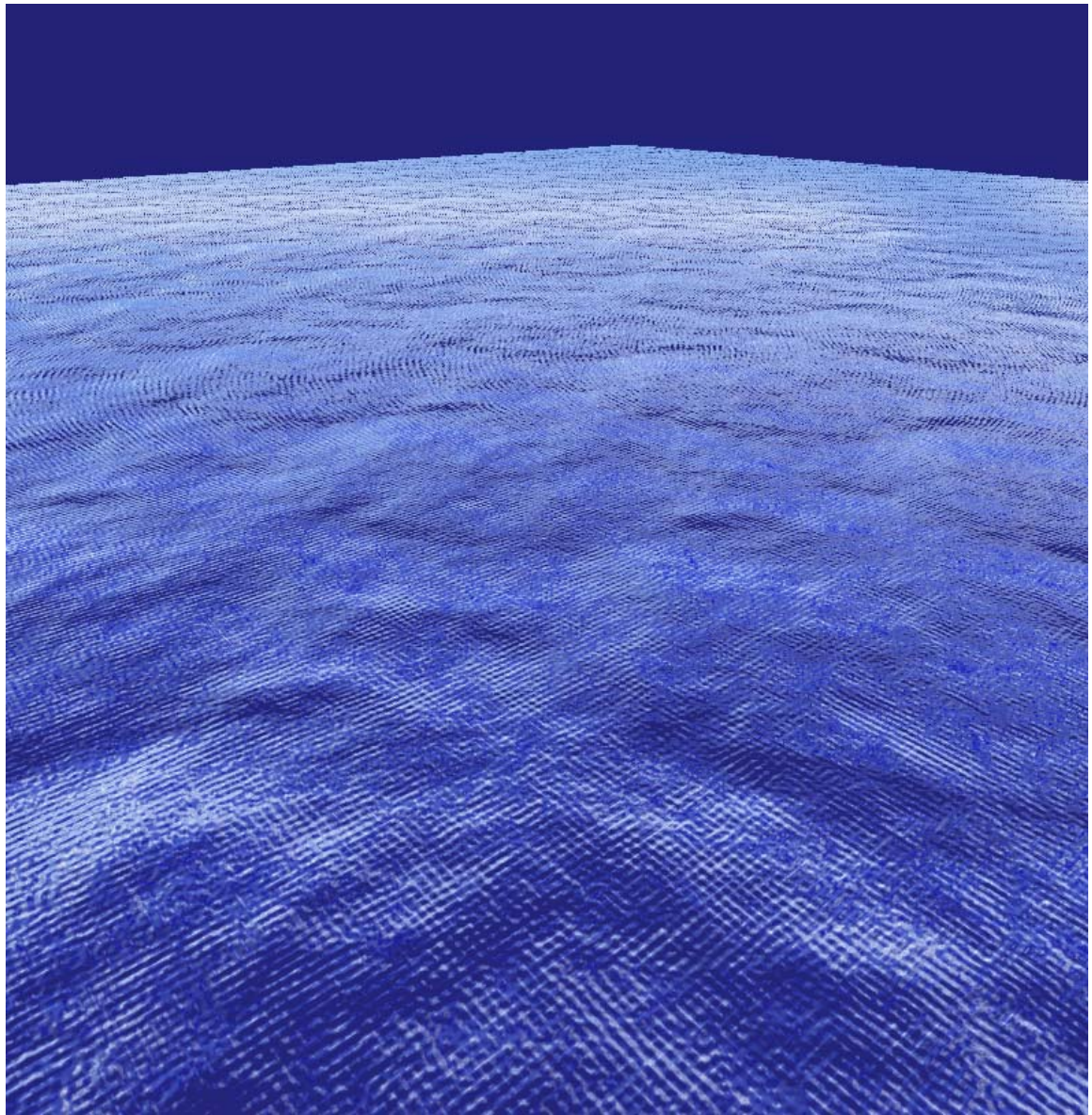


(Images reproduites avec la permission de Discreet)

Figure 2. L'image de gauche présente une précision inférieure à celle de droite. Vous pouvez remarquer les artéfacts qui apparaissent sur la pointe du soulier et le bas du pantalon (modèle de gauche).

L'ondulation de l'eau est un autre exemple intéressant, qui illustre l'importance de la précision (voir figures 3 et 4). L'eau a été simulée physiquement en utilisant des pixel shaders. Les normales sont générées en calculant les différences à travers une mappe d'élévation (voir annexe). Les hauteurs sont variées pour faire onduler la surface de l'eau et les valeurs de réflexion et de réfraction sont fonction du vecteur réfléchi.

Ces types d'effets sont extrêmement enclins aux problèmes « d'overflow » et « d'underflow ». Les ondulations de l'eau peuvent être complètement arrêtées ou s'accroître exagérément à la suite de telles erreurs. De par le passé, les développeurs passaient un temps fou à fixer des seuils « d'underflow » et « d'overflow » contre ces situations. Avec les capacités du FP16 et du FP 32, ces efforts titanesques sont relégués aux oubliettes : avec une plage de 2^{16} ou 64K en effet, la plupart des applications n'ont plus à transiger sur la qualité visuelle. Les graphiques obtenus sont nettement plus réussis et leur création est bien plus souple.



(© 2002 NVIDIA Corporation)

Figure 3. Le manque de précision lors de la création de surfaces telles que l'eau ondoyante donne naissance à des problèmes de « quadrillage ». Pour éviter le quadrillage sur les systèmes basse précision, les programmeurs doivent se contenter d'une gamme réduite de paramètres physiques ce qui limite la longueur d'onde, la taille et la vitesse des vagues animées.



(Image tirée de Elder Scrolls III: Morrowind game, reproduite avec la permission de Bethesda Softworks, Inc.)

Figure 4. Les ondulations de la surface de l'eau riches de réflexions et réfractons exigent une précision élevée pour atteindre une qualité d'image de haut niveau et ne plus devoir obéir à des limites contraignantes.

Les effets issus du post-traitement au niveau du tampon graphique et « style Photoshop™ »

Les effets issus du post-traitement du tampon graphique requièrent souvent une précision élevée. Il s'agit, par exemple, des effets de mosaïque, de mouvement et de bosselage, où différences et accumulations dégradent souvent la précision d'un ensemble de nombres. Le fait de disposer des deux formats FP16 et FP32 permet aux développeurs de fournir ces effets de la façon la plus efficace (en obtenant un résultat optimal).

L'éclairage avec correction gamma

La correction de gamma est capitale pour afficher avec précision une image sur l'écran d'un ordinateur. Théoriquement, on pourrait penser qu'une valeur d'intensité double donne un pixel deux fois plus brillant mais ce n'est pas le cas. Les courbes de réponse des écrans cathodiques comme celles des nouveaux écrans plats ne s'alignent pas mathématiquement sur la courbe de visibilité de l'œil humain.

« Il est capital de bien gérer le gamma et de travailler dans un espace d'intensité linéaire pour améliorer le réalisme des graphiques. La prise en charge de la conversion de gamma au niveau de l'échantillonnage de texture est un bond en avant considérable dans ce sens ». *Tim Sweeney, Epic Games, Inc.*

Dans la figure 5, le graphe d'entrée indique une augmentation linéaire de la valeur de l'intensité. Sans la due correction, l'œil humain ne perçoit pas cette hausse d'intensité de façon linéaire mais comme sur le deuxième graphe. La figure 6 illustre comment la correction de gamma peut amener l'œil humain à percevoir correctement une hausse d'intensité (l'équation de correction gamma figure en l'annexe).

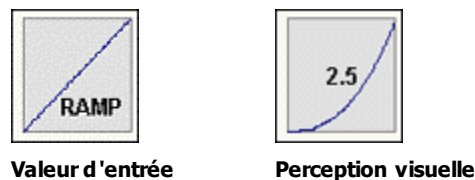


Figure 5. Sans correction de gamma, les augmentations linéaires des valeurs de couleur ne sont pas perçues de façon proportionnelle (linéaire) par l'œil humain.

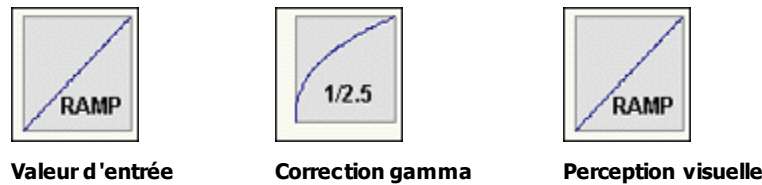


Figure 6. Avec la correction gamma, un algorithme est appliqué aux valeurs de couleur avant leur visualisation sur le moniteur. Le spectateur voit sur son écran le changement de teinte voulu.

Ces types de mappages sont impossibles à gérer avec précision (et rapidement) avec des entiers ou des formats numériques peu précis. En plus de la précision, la plage joue aussi un rôle important. Une valeur nécessite une dynamique adéquate, outre une granularité appropriée.

GeForce FX fait d'une pierre deux coups. Grâce aux deux formats FP 16 et FP32, la courbe de visibilité obtenue peut être approchée de plus près et, dans le cas du FP32, les exigences des développeurs des jeux les plus pointus sont satisfaites. Les images présentent une variation d'intensité chromatique plus coulée bien plus attrayante. La luminosité de la surface d'un objet qui passe de l'ombre à la lumière augmente de façon bien plus réaliste.

La plage dynamique de mappage d'images/tons

Outre la correction gamma, la technologie GeForce FX permet de s'attaquer aux zones sur/sous-exposées (voir figures 7, 8 et 9). En sus, les développeurs peuvent simuler des images présentant une dynamique élevée ainsi que la réponse du système visuel humain aux brusques variations (clair-sombre ou sombre-clair) d'intensité lumineuse. Tous ces effets peuvent être réalisés avec une qualité visuelle naturelle et agréable à l'œil.

Avant le GeForce FX, les formats de précision disponibles donnaient souvent naissance à un artéfact gênant baptisé « clamping » par les anglo-saxons, en essayant de résoudre les problèmes de sur ou sous-exposition. Pour comprendre cet artéfact, prenez l'exemple suivant. Un développeur est aux prises avec deux sources de lumière qu'il souhaite harmoniser. Chacune de ces sources a une intensité de 0,6 sur une échelle normalisée allant de zéro à un. La précision maximale étant 1,0, ajouter ces deux sources donnerait une valeur de $0,6 + 0,6$ soit une valeur de 1,2, qui serait ensuite ramenée (« clampée ») à 1.0. La division de cette valeur revue à la baisse donnerait ensuite une valeur moyenne de 0,5 alors que la valeur souhaitée est de 0,6. Bien que très simple, cet exemple illustre un cas de figure courant dans lequel « l'overflow » empêche la dérivation d'un résultat correct.

Avec les précisions FP16 et FP32, l'« overflow » n'est pas un problème. Notre développeur est libre de travailler avec les relations gamma correctes dans l'espace linéaire ou dans l'espace corrigé gamma. En sus, le GeForce FX contient également une nouvelle texture de format (S,R,V,B) tenant compte du gamma qui élimine la perte de précision au niveau des textures. Une texture, créée en utilisant un appareil-photo ou un autre appareil numérique, peut désormais conserver le gamma de l'image d'origine comme il est utilisé dans le monde 3D. Il est également possible de corriger séparément le gamma pour chacun des canaux (R, V, B ou alpha) d'un pixel, sans limite au niveau des combinaisons. Cette possibilité ouvre la porte à une myriade de nouveaux effets.



(© 2002 NVIDIA Corporation)

Figure 7. **Image sous-exposée.**



(© 2002 NVIDIA Corporation)

Figure 8. **Image présentant un contraste normal.**



(© 2002 NVIDIA Corporation)

Figure 9. Image surexposée.

Composants spéculaires par pixel

Comparé au modèle d'éclairage de Gouraud par sommet équivalent, l'éclairage spéculaire par pixel donne une précision/couverture élevée pour les mises en évidence. La précision accrue des calculs spéculaires requiert toutefois une granularité supérieure au niveau de la mise en évidence car la réflexion spéculaire exige des multiplications et le calcul d'un nombre exponentiel (voir formule mathématique en annexe).

Sans niveau de précision adéquat, une mise en évidence spéculaire brillante peut apparaître non-uniforme et déplacée sur l'image rendue (voir figures 10 et 11). Un développeur a vite fait de dépasser les limites de 8 bits et même celles des formats en virgule flottante (FP) plus petits (s1m10e5, où 1 bit est réservé au signe, 10 bits à la mantisse et 5 bits à l'exposant). Avec le choix offert par les modes FP16 et FP32, les développeurs disposent d'une marge de manœuvre considérable. Ils peuvent opter pour la précision supérieure du FP32 ou utiliser le FP16 et maximiser la vitesse tout en bénéficiant toujours d'une qualité d'image supérieure.



(© 2002 NVIDIA Corporation)

Figure 10. Réflexion spéculaire par bandes. Remarquez la qualité médiocre de la réflexion spéculaire du capot, artéfact (pastille blanche) compris. C'est la conséquence directe d'un manque de précision lors des calculs.



(© 2002 NVIDIA Corporation)

Figure 11. Le GeForce FX, grâce à sa finesse de précision, élimine les artéfacts et les bandes des mises en évidence spéculaires.

Les effets basés sur la distance

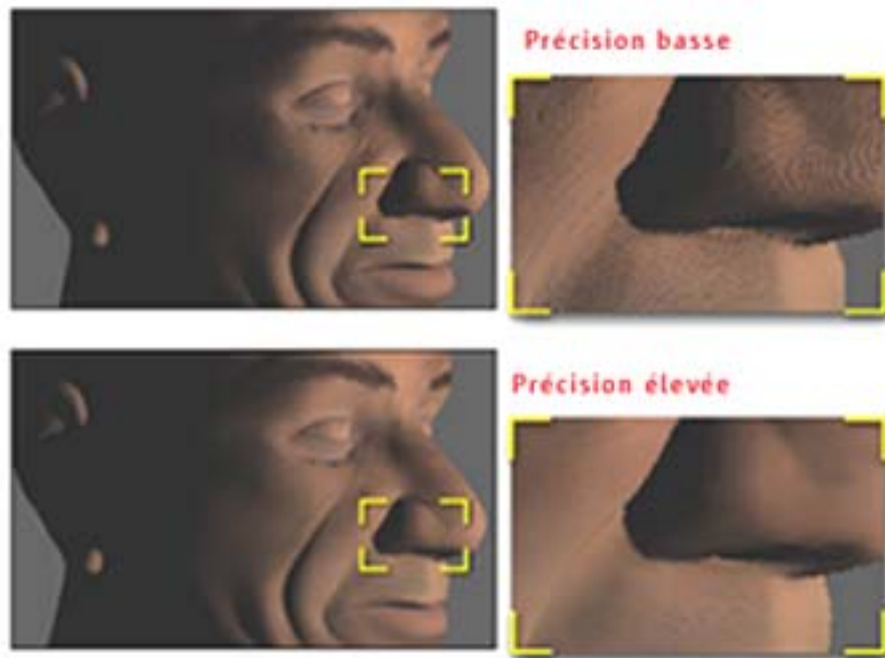
Les effets de vapeur, brouillard, luminosité et autres effets de volumes sont également sensibles à la précision. Ces effets sont en général représentés en 3D d'une façon qui s'apparente à un format RVB. Chaque dimension se voit affecter 8 bits de précision, ce qui limite chacun de ces effets à 256 niveaux. Résultat, la tombée de la nuit est toujours soit trop rapide soit à peine sensible (selon l'échelle). Avec le FP16 et le FP32 en revanche, le nombre des graduations est pratiquement infini, les effets de brumes ou de lumière peuvent être subtils et détaillés.

Les shadow buffers

Les « shadow buffers » (tampons de profondeur) sont fréquemment utilisés dans les jeux 3D. Leur principe est simple : la scène est dessinée depuis le point de vue de la source puis les informations de profondeur sont enregistrées comme une texture. Ensuite, lors du rendu de l'image (point de vue de la caméra), la profondeur de chaque pixel est comparée à celle enregistrée dans le tampon, et le pixel est marqué comme éclairé ou à l'ombre.

D'une efficacité remarquable, la technique des shadow buffers présente toutefois certains problèmes liés à la précision (voir figure 12):

- ❑ **Tri des ombres :** si la précision n'est pas suffisamment fine, les ombres risquent de ne pas être triées correctement. Le FP16 et le FP32 autorisent une rapidité et une précision supérieure au niveau de l'ombrage. Ce gain de précision évite aussi les problèmes de tri (sorting) qui se traduisent par des tâches noires rebaptisées avec humour « acné de surface ».
- ❑ **Sources à point unique :** auparavant, quand les ombres et les objets se rapprochaient de la caméra, la précision du shadow buffer n'était pas suffisante pour gérer les informations de profondeur à proximité de la caméra. Le FP16 et le FP32 résolvent ce problème.



(© 2002 NVIDIA Corporation)

Figure 12. Images d'ombres
Ces images d'ombres font ressortir le contraste entre la profondeur à plage dynamique élevée des graphiques haute précision et les résultats basse résolution d'une précision basse. Les agrandissements permettent d'apprécier pleinement la différence de qualité (© 2002 NVIDIA Corporation).

Les jeux plus anciens

L'architecture haute précision du GeForce FX améliore aussi la qualité d'image des jeux écrits avant son apparition. Sa précision supérieure se traduit par un mélange de textures plus détaillé, ce qui améliore tous les jeux écrits en DirectX 7.0 ou DirectX 8.0.

Conclusion

La technologie graphique 3D continue à repousser les limites de la qualité d'image et des effets spéciaux. C'est la conséquence logique du travail des développeurs qui aspirent à l'ombrage cinématographique. Pour atteindre une couleur et un réalisme dignes des plus grands studios, les développeurs doivent pouvoir effectuer des calculs précis en utilisant des formats de données d'une précision plus fine. Le GeForce FX supporte les deux modes FP16 et FP32, et la couleur 128 bits sur tout le pipeline graphique pour une vraie couleur de qualité cinématographique. Ces modes offrent aux développeurs une souplesse réelle puisqu'ils peuvent opter pour les niveaux de qualités exceptionnels du FP32 (qui correspond à la précision de couleur utilisée aujourd'hui dans l'industrie cinématographique) ou pour le FP16 qui offre une rapidité supérieure sans léser pour autant sur la qualité de l'image. Cette souplesse, précision haut de gamme ou précision haute performance, est une avancée historique vers la visualisation en temps réel de haute qualité.

« On en entendait pour ainsi dire pas parler il y a ne serait-ce qu'un an, quand nous étions déjà contents d'arriver à couvrir l'écran deux fois à une fréquence supérieure, mais aujourd'hui le graphisme en temps réel est en train de passer « de la pose de papier-peint » au calcul d'équations d'éclairage complexes au niveau de chaque pixel. Ce n'est pas déraisonnable du tout d'envisager d'avoir une vingtaine de textures qui contribuent à la valeur finale d'un pixel. La plage et la précision ont leur importance ».

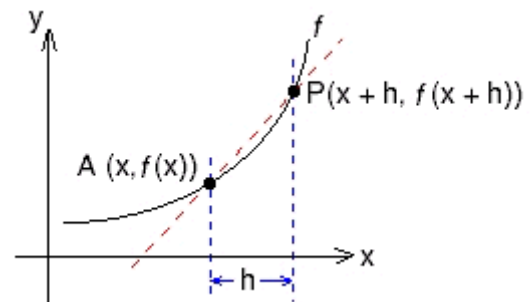
John Camack, ID Software

Annexe A. Les équations

Les dérivées

La *dérivée* en un point d'une fonction d'une variable est la limite vers laquelle tend le rapport de l'accroissement de cette fonction à l'accroissement de la variable lorsque celle-ci tend vers zéro. À titre d'exemple, prenez la pente d'une ligne (l'accroissement de la valeur horizontale par rapport à l'accroissement de la valeur verticale).

Dans l'exemple illustré, la pente AP serait la différence entre les ordonnées des points P et A divisée par la différence de leurs abscisses (h). Ce calcul exige une division. Fondcièrement, une dérivée est la pente d'une courbe en un point donné. Selon la complexité de la courbe, la dérivée sera le fruit de calculs plus ou moins compliqués. Et, ces calculs complexes peuvent déboucher sur des pertes de précision qui donneront lieu à des erreurs dans la valeur finale. Lorsqu'il s'agit de couleurs et de pixels, ces erreurs se traduisent par des artéfacts et des anomalies visuelles.



Les normales

La définition de certaines primitives graphiques avancées requiert la spécification de vecteurs de référence. Pour des raisons d'efficacité de la programmation, la forme normalisée de ces vecteurs est utilisée. Un vecteur normalisé (on parle aussi de normale) est défini comme suit :

$$N = (v_x, v_y, v_z)/L$$

Où :

$$L = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$$

Par conséquent la longueur du vecteur obtenu (N) est 1.

Les normales sont utilisées dans de nombreuses opérations graphiques, notamment pour le calcul des effets d'une source de lumière et le bump mapping.

Réflexion spéculaire

La réflexion spéculaire est calculée en utilisant la fonction suivante :

$$I_{\text{spéc}} = (n \cdot h)^{m_{\text{shi}}} M_{\text{spéc}} * S_{\text{spéc}}$$

Ce calcul représente le vecteur réfléchi spéculaire qui est calculé pour une source de lumière et un objet donnés. Les facteurs qui rentrent en ligne de compte dans la valeur du vecteurs sont les suivants :

- Le vecteur normal n
- Le demi-vecteur h (qui est le demi-vecteur normalisé entre la lumière et le point de vue)
- M_{shi} (paramètre de brillance du matériel)
- $M_{\text{spéc}} * S_{\text{spéc}}$ (vecteur de couleur qui décrit la lumière rebondissant sur un matériau classé $M_{\text{spéc}}$)

Correction gamma

L'équation de correction gamma générale est la suivante :

$$c = c_i^{(1/\Gamma)}$$

Cette équation, dans laquelle une division est utilisée pour calculer la valeur de l'exposant, permet d'adapter une valeur d'intensité de couleur linéaire à la réalité physique d'un moniteur. Ce type de calcul mathématique, qui utilise l'inverse d'un chiffre, exige un degré de précision élevé ; utiliser le résultat de cette opération à titre d'exposant accentue encore le besoin de précision.

Les informations fournies sont réputées précises et fiables. Toutefois, NVIDIA Corporation décline toute responsabilité quant aux conséquences de l'utilisation qui pourrait en être faite ou de la contrefaçon de brevets ou autres droits de tierces parties pouvant résulter de leur utilisation. Aucune licence n'est octroyée implicitement ou de quelque autre manière sous quelque brevet ou droit de brevet de NVIDIA Corporation. Les caractéristiques techniques mentionnées dans ce document peuvent être modifiées sans préavis. Cette publication annule et remplace toute information diffusée antérieurement. Les produits de NVIDIA Corporation ne peuvent en aucun cas être utilisés en tant que composants critiques pour des systèmes de survie sans l'accord préalable écrit de NVIDIA Corporation.

Marques commerciales

NVIDIA et le logo NVIDIA sont des marques déposées de NVIDIA Corporation.

Microsoft, DirectX, Windows et le logo de Windows sont des marques déposées de Microsoft Corporation. Les autres noms de sociétés ou produits peuvent être des marques commerciales des sociétés auxquelles ils sont associés.

Copyright

Copyright NVIDIA Corporation 2002.



NVIDIA.

NVIDIA Corporation

24 Rue Jacques Ibert 92300 Levallois Perret

France

www.nvidia.fr