



## Condensé technique

La série de GPU GeForce 6 :  
quand la qualité et la  
performance autorisent des effets  
complexes



# Des images plus riches et plus convaincantes avec la série GeForce 6

Les processeurs graphiques (GPU) de la série NVIDIA® GeForce™ 6 propulsent l'imagerie de haute qualité à de nouveaux niveaux de performance et de précision, et permettent aux développeurs de créer des effets en temps réel encore plus étonnants. Entre autres nouveautés, ces GPU de la prochaine génération introduisent une architecture superscalaire, qui prend en charge davantage d'opérations par cycle éliminant les incontournables compromis qualité/vitesse et haussant la barre des effets d'image réalisables. Assurant la prise en charge du 32 bits en virgule flottante sur tout le pipeline, les GPU de la série GeForce 6 colorent les images de qualité cinématique en 128 bits. Les programmeurs peuvent travailler avec le format 16 bits plus économe en mémoire et passer à la précision extraordinaire du 32 bits lorsque l'action ou la scène exige des effets saisissants.

Basée sur la norme OpenEXR de l'Industrial Light & Magic (<http://www.openexr.com/>), la nouvelle technologie *NVIDIA High-Precision Dynamic-Range* (HPDR) fait partie intégrante de l'architecture de la série GeForce 6 et améliore encore la qualité des images statiques et en mouvement. Avec NVIDIA HPDR, les mouvements sont fluides et les textures gagnent en détails. Les produits de la série GeForce 6 incorporent également un système d'anticrénelage à grille orientée qui améliore les arêtes des polygones en prenant en charge davantage de valeurs de couverture sous-pixel. Le résultat est une représentation chromatique plus exacte des pixels, qui se traduit par une définition nette des arêtes.

Ce document présente l'architecture de la série NVIDIA GeForce 6 et sa qualité d'image avancée, et contient des exemples des effets et des techniques qu'elle permet.

## Une conception superscalaire

La série NVIDIA GeForce 6 introduit une architecture de shader novatrice à même de doubler le nombre des opérations exécutées par cycle (figures 1 et 2). Deux unités de shader par pixel assurent la multiplication par deux des opérations au cours d'un cycle. Cet accroissement de performance rend possible une multitude de calculs complexes et d'opérations au niveau des pixels. Résultat, vous obtenez des effets spéciaux ahurissants et un nouveau niveau de sophistication d'image avec les jeux les plus rapides et les autres applications interactives en temps réel.

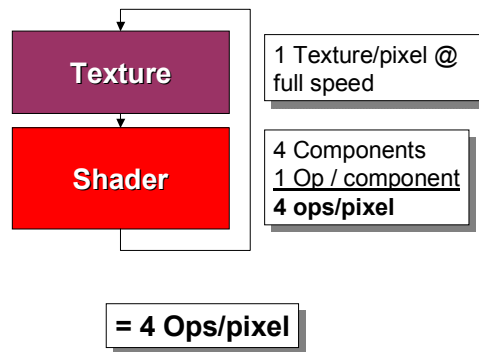


Figure 1. Les architectures non-scalaires traditionnelles ne fournissent qu'une unité de shader et ne traitent que jusqu'à quatre opérations par cycle.

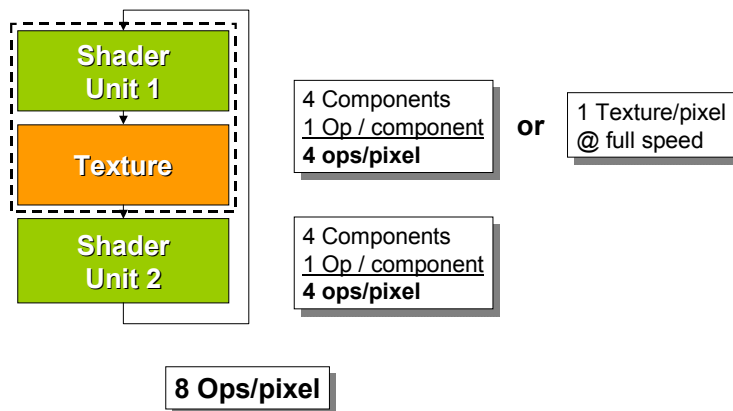


Figure 2. Chaque GPU de la série GeForce 6 a une architecture superscalaire et une deuxième unité de shader, pour doubler les opérations sur les pixels par cycle.

Avec deux unités de shader, l'architecture des GeForce 6 prend en charge le traitement double : deux instructions s'exécutent au cours du même cycle sur des shaders différents. Si certains chercheurs arguent que les conceptions non-scalaires mono-shader prennent en charge deux instructions dans un même cycle, la différence entre ces deux approches est toutefois considérable. Dans les architectures mono-shader, seules deux instructions s'exécutent sur la même unité de shader (Figure 3) et les instructions ont pour objet des composants du même mot ou pixel. Dans l'architecture des GeForce 6 en revanche, le débit total disponible pour les calculs mathématiques effectués sur les composants de pixels est majeur. Pendant chaque cycle, les deux unités de shader peuvent exécuter jusqu'à quatre instructions par cycle et jusqu'à huit opérations par pixel.

**Note:** Les « instructions » sont des commandes données au matériel, qui peuvent fonctionner sur plusieurs composants de pixel et requièrent plusieurs opérations. Les « opérations » sont les fonctions mathématiques effectuées pour exécuter une instruction.

Ne se contentant pas d'améliorer le débit, l'architecture GeForce 6 augmente aussi la flexibilité de la programmation. Les composants de pixel peuvent être travaillés séparément ou par groupes de deux, trois ou quatre composants par opération. Cette capacité de regroupement favorise de nombreuses nouvelles techniques de programmation et accélère la mise en œuvre d'opérations mathématiques complexes à l'origine des effets de demain.

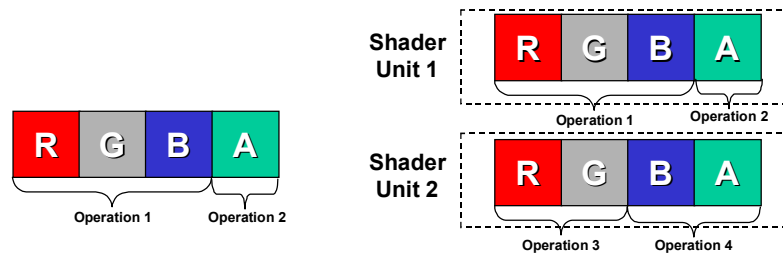


Figure 3. Les architectures traditionnelles (à gche) et l'architecture superscalaire de NVIDIA (à dte).

Pour résumer, l'architecture superscalaire peut atteindre un maximum de quatre instructions et huit opérations par pixel, contre les deux instructions et quatre opérations des architectures traditionnelles. Dans la figure 3, l'on remarquera que les architectures traditionnelles (à gauche) peuvent uniquement prendre en charge deux instructions par pixel et par cycle, avec un regroupement limité des composants de pixel pour chaque opération. Par comparaison, l'architecture superscalaire de NVIDIA (à droite) peut exécuter quatre instructions par pixel et par cycle, et offre une souplesse maximale en matière de regroupement des composants.

---

## Le 32 bits natif

L'architecture GeForce a toujours permis aux développeurs de choisir le niveau de précision nécessaire pour chaque image ou scène. Faire un choix est désormais encore plus simple car les baisses de performance associées à la précision en virgule flottante 32 bits intégrale ont été éliminées.

S'ils ont toujours la possibilité de recourir au mode 16 bits quand une gestion efficace de l'espace mémoire est capitale, les développeurs peuvent dorénavant aussi obtenir des images de qualité supérieure dans un plus grand arc de situations en temps réel. Les utilisateurs apprécieront ces graphiques plus détaillées et plus vrais, et les développeurs seront à même de se démarquer de la concurrence.

---

## La technologie NVIDIA HPDR

Avec la technologie NVIDIA HPDR, les graphiques se rapprochent toujours plus du rendu photoréaliste. Ce rendu à plage dynamique élevée offre aux utilisateurs des effets et des environnements réalistes, tels que la lumière intense du soleil ou le dégradé des teintes sombres des zones foncées de la figure 4.



Image utilisée avec l'autorisation de Paul Debevec

Figure 4. Exemple d'éclairage à plage dynamique élevée. La plage de lumière blanche est très lumineuse, les détails des marbres sombres dans le bas de l'image sont conservés.



## Mappage des teintes

Les données obtenues lors de la phase de transport sont ensuite mappées à des valeurs de couleur et appliquées à l'image en 2D. C'est ce que l'on appelle le mappage de teintes, en anglais *Tone Mapping*.

## Correction des couleurs et de gamma

La phase finale, celle de la correction des couleurs et de gamma, mappe ces valeurs de couleur entre un « espace de couleurs » standard (où le rouge, le vert et le bleu sont définis d'une façon donnée) et l'espace de couleurs rouge, vert et bleu du moniteur. En sus, une correction de gamma est appliquée de sorte que les différences logarithmiques d'intensité de couleur calculées au début du processus de rendu se retrouvent à l'écran.

L'œil humain répond à la lumière de façon logarithmique. Il est, en effet, plus sensible aux intensités faibles et voit les ombres plus sombres avec un niveau de détail bien supérieur que celui avec lequel il discerne les intensités supérieures ou les lumières plus brillantes. Cette phase finale mappe les données au moniteur tout en conservant l'effet visuel adéquat.

---

## Les GPU requis pour le rendu NVIDIA HPDR

Pour exécuter ce type de rendu, un GPU doit pouvoir gérer l'ombrage, le mélange, le filtrage et le texturage en virgule flottante. Enfin, il doit pouvoir stocker les couleurs de sorte à pouvoir conserver la nature logarithmique des données.

## Ombrage en virgule flottante

Comme nous l'avons dit plus haut, l'ombrage en 32 bits est le mode de fonctionnement natif des GPU de la série GeForce 6. Les opérations d'ombrage peuvent être effectuées à la vitesse maximum tout en conservant une précision maximum. Des effets tels qu'un éclairage physiquement correct, l'irisation et le *subsurface scattering* sont tous parfaitement rendus sans sacrifier la vitesse.

## Mélange en virgule flottante

L'opération de mélange combine les pixels ainsi rendus avec la valeur de fragment venant d'être calculée qui existe en un emplacement donné. En fonction de l'effet voulu, les valeurs seront mélangées pour obtenir la valeur de couleur finale. Plus la précision est élevée, plus la qualité du pixel mélangé sera élevée et exacte.

Parmi les effets qui tirent parti du mélange en virgule flottante, nous citerons le flou de mouvement ou *motion blur* et les ombres douces, ainsi que l'accumulation qui résulte de plusieurs calculs de lumière dynamique dans une scène.

## Filtrage en virgule flottante

L'opération de filtrage filtre les pixels pour rendre plus net un objet ou lisser les bords dans une scène. Le filtrage améliore les images pendant le mouvement, comme c'est le cas du filtrage bi ou trilineaire ; et peut aussi améliorer la netteté de l'image quand les pixels représentent un objet observé depuis un angle de vue extrême (on parle alors de filtrage anisotrope). D'autres effets de filtrage en virgule flottante sont le mappage des teintes et la luisance, qui sont requis pour le rendu à plage dynamique élevée.

En plus, les GPU de la série NVIDIA GeForce 6 prennent en charge un niveau de précision supérieur et le filtrage anisotrope 16×.

## Texturage en virgule flottante

L'opération de texturage applique une texture à un polygone donné. La possibilité d'utiliser des textures en virgule flottante permet d'obtenir des effets uniques tels que les mappes de couleurs omnidirectionnelles, la profondeur de champ et le *ray tracing* (lancer de rayons)

L'image de gauche de la figure 5 a été prise sans plage dynamique élevée. Il n'y a qu'une différence de 100:1 dans les intensités lumineuses. Résultat, la fenêtre semble explosée et le reflet au sol est aveuglant. Sur l'image de droite prise avec une plage dynamique élevée, il y a une différence de plus de 9000:1 dans les intensités lumineuses. Vous remarquerez les subtiles variations de la lumière sur le sol et de couleur dans le paysage que l'on peut admirer sur la droite.



Image utilisée avec l'autorisation de Microsoft

Figure 5. Image prise sans plage dynamique élevée (à gche) et avec une plage dynamique élevée (à dte).

## Stockage des couleurs

La possibilité de mapper les valeurs de couleur pendant la phase de correction est un élément capital de la technique de rendu à plage dynamique élevée. Pour conserver toute la gamme des valeurs, il convient d'adopter un format logarithmique.

Le format sRGB, qui est un espace couleurs gamma 8 bits, est le format standard du système d'exploitation Microsoft® Windows®. Le sRGB est une solution peu coûteuse en termes de stockage qui se prête au CRT et est implémentée dans le matériel du GeForce. Seul, toutefois, le sRGB est insuffisant car s'il donne une représentation logarithmique de données, il n'a pas une plage et une précision suffisantes pour représenter avec précision les données calculées pendant la phase de transport de la lumière.

Dans le tableau 1, vous remarquerez la différence de plage entre le sRGB et OpenEXR. OpenEXR fournit une plage supérieure pour les calculs tels que le transport de la lumière. Le sRGB est toutefois un choix intelligent pour tous les calculs de stockage et de mappage (comme ceux utilisés dans les phases de mappage de teintes et de correction de couleurs).

Tableau 1. Plages de couleurs

	Plage	Précision	Stockage*	Remarques
RGBE	76,8 dB	Log. 9 bits	189,8 Mb	Virgule flottante 32 bits avec radiance compressée
TIFF 32 bits	76,8 dB	Log. 24 bits	759,4 Mb	Virgule flottante 32 bits selon IEEE-754
OpenEXR	12,0 dB	Log. 11 bits	379,7 Mb	Virgule flottante 16 bits développée par ILM
e-sRGB 12	4,6 dB	Poly. 12 bits	213,6 Mb	Clampé à [-0,53..1.68]
Ent 16 bits	4,8 dB	Linéaire 16 bits	379,7 Mb	Clampé à [0..1]
sRGB	3,5 dB	Poly. 8 bits	189,8 Mb	Clampé à [0..1]
RGBA	2,4 dB	Linéaire 8 bits	189,8 Mb	Clampé à [0..1]

\***Remarque** : les informations de stockage sont basées sur une unique demi-image de résolution 1600 × 1200 de vidéo ATSC 1080p.

Et ce n'est pas tout, les jeux les plus pointus utilisent une technique appelée « éclairage dynamique » où la plage dynamique et les données de réflexion de chaque source lumineuse sont calculées séparément puis additionnées dans un buffer. Les valeurs sRGB ne peuvent malheureusement pas être additionnées. Pour y parvenir, il faudrait les convertir, les additionner puis les reconverter au format sRGB, le tout au prix d'une baisse de performance. D'autre part, refuser la conversion en un autre format se traduirait par des artéfacts peu esthétiques.

La technologie NVIDIA HPDR résout le problème en fournissant des formats en virgule flottante 16 bits de qualité cinématographique pour le stockage, le mélange, l'ombrage, le texturage et le filtrage en phase de transport et en autorisant le recours au très efficace format sRGB pour les phases de correction de couleurs et de gamma.

*« Représenter avec précision l'immense gamme de couleurs et l'éclairage visibles dans le monde réel a toujours été un défi pour les cartes graphiques d'ordinateur. Maintenant que NVIDIA a mis au point la prise en charge totale des textures en virgule flottante, du mélange en virgule flottante et de la correction de gamma sRGB, il est facile d'implémenter une reproduction exacte des couleurs et de l'éclairage avec le rendu à plage dynamique élevée. »*

**Herb Marselas, D.G./Directeur de la technologie  
d'Emogence, LLC**

Et mieux encore, la technologie NVIDIA HPDR est implémentée dans le matériel : pas de codage ni de décodage des pixel shaders. Enfin, elle est déjà divulguée dans les API Microsoft DirectX® 9.0 et OpenGL®.

## Anticrénelage à grille orientée

La toute dernière génération de GPU NVIDIA GeForce introduit un algorithme d'échantillonnage d'anticrénelage à grille orientée ou pivotée. Basé sur quatre échantillons par pixel, ce nouveau modèle permet d'allier une performance au top avec une précision des couleurs nettement améliorée. Les quatre sous-pixels étaient auparavant échantillonnés dans un modèle à grille deux par deux pour chaque pixel. En faisant pivoter légèrement le modèle à quatre pixels, le nouveau modèle d'anticrénelage assure un échantillonnage quatre par quatre en forme de losange. Dans la figure 6, vous remarquerez comment le modèle sous-pixel de la série GeForce 6 (à droite) a subi une rotation de façon à obtenir un losange.

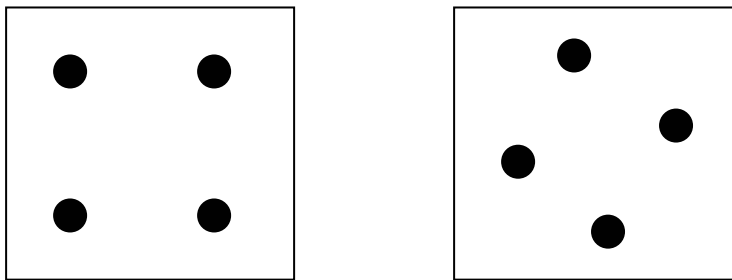
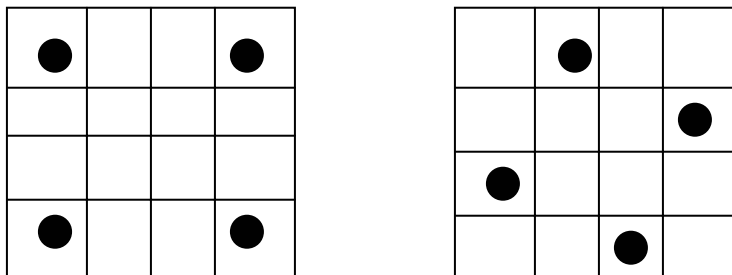


Figure 6. Modèles sous-pixels d'un GeForce FX (à gche) et d'un GeForce 6 (à dte).

Cette configuration à grille orientée permet une meilleure couverture sous-pixel des dimensions horizontale et verticale. Dans la figure 7, vous pouvez remarquer que l'architecture du GeForce FX assure la couverture de deux valeurs verticales et deux valeurs horizontales tandis que la couverture d'un GPU de la série GeForce 6 englobe quatre valeurs horizontales et quatre valeurs verticales. Cette couverture accrue assure une précision supérieure des couleurs sur les bords des polygones.



**Figure 7. Modèles de pixels des architectures GeForce FX (à gche) et GeForce 6 Series (à dte) montrant les valeurs horizontales et verticales.**

Pour une explication plus poussée des techniques d'échantillonnage et d'anticrénelage, reportez-vous au condensé technique intitulé NVIDIA « Technologie Accuvie de NVIDIA : Anticrénelage sous-système haute résolution (TB-00311-001) » sur [www.nvidia.fr](http://www.nvidia.fr).

---

## Une nouvelle ère d'effets

L'architecture superscalaire adoptée pour la série de GPU GeForce, son pipeline 32 bits natif et ses améliorations dans le domaine de l'imagerie, améliorent la vitesse et la précision pour toute une gamme d'opérations d'imagerie et d'effets. De nombreuses opérations deviennent réalisables pour la première fois dans les jeux et les applications en temps réel (le filtrage de textures, les effets à plage dynamique élevée, la profondeur de champ, les flous et le filtrage anisotrope 16x) rendant les images sur PC plus vraies et plus cinématiques que jamais (figure 8).



© 2004 NVIDIA Corporation

**Figure 8. La série GeForce 6 est la clé d'un réalisme inégalé dans les applications graphiques les plus pointues.**

---

## Conclusion

La série NVIDIA GeForce 6 apporte un réalisme sans précédent aux applications graphiques pointues de la prochaine génération. Sans sacrifier la vitesse à la qualité,

les développeurs peuvent désormais implémenter des effets spéciaux époustoufflants dans des scènes et des mondes numériques complexes.

Parce qu'elles permettent de conserver la précision en virgule flottante dans tous les aspects du rendu (ombrage, texturage, filtrage et mélange), des innovations révolutionnaires telles que le rendu NVIDIA HPDR sont la clé d'une qualité d'image et d'effets uniques. L'anticrénelage à grille orientée affine encore la qualité globale de l'image en fournissant davantage de niveaux de couverture pour les bords des polygones.

Pour résumer, cette nouvelle architecture fournit un pipeline graphique amélioré (voit tableau 2) et permet d'effectuer des opérations en virgule flottante dans les domaines suivants :

- ❑ graphiques en 2D,
- ❑ textures 2D avec mipmaps,
- ❑ mappes cubiques,
- ❑ mappes de volumes,
- ❑ ombrage,
- ❑ filtrage de textures,
- ❑ mélange,
- ❑ filtrage.

Tableau 2. Caractéristiques de l'architecture de la série GeForce 6

<b>Caractéristiques de l'architecture de la série GeForce 6</b>	
Pipelines de pixels	16
Shader superscalaire	Oui
Opérations de pixel shader/pixel	8
Opérations de pixel shader/cycle d'horloge	128
Précision des pixel shaders	32 bits
Pixels mono-texture/cycle d'horloge	16
Pixels double texture/cycle d'horloge	8
Filtrage anisotrope adaptatif	Oui
Pixels Z-stencil/cycle d'horloge	32

Bientôt, même les pros devront s'y reprendre à deux fois pour différencier les scènes synthétisées sur ordinateur des séquences filmées. Avec son architecture superscalaire, son pipeline 32 bits natif et ses fonctionnalités d'imagerie de pointe, la série NVIDIA GeForce 6 pulvérise les derniers obstacles qui empêchaient les mondes virtuels d'atteindre un réalisme cinématique.



## **Avis**

L'ENSEMBLE DES SPÉCIFICATIONS DE CONCEPTION, CARTES DE RÉFÉRENCE, FICHIERS, DESSINS, DIAGNOSTICS, LISTES ET AUTRES DOCUMENTS NVIDIA (DÉSIGNÉS ENSEMBLE ET SÉPARÉMENT COMME LES « MATÉRIAUX ») SONT FOURNIS « EN L'ÉTAT ». NVIDIA NE FOURNIT AUCUNE GARANTIE, QU'ELLE SOIT EXPRESSE, TACITE, LÉGALE OU AUTRE, CONCERNANT LES MATÉRIAUX, ET EXCLUT EXPRESSÉMENT TOUTE GARANTIE IMPLICITE DE CONTREFAÇON, DE QUALITÉ MARCHANDE ET D'APTITUDE À UN USAGE PARTICULIER.

Les informations ci-incluses sont censées être 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**

NVIDIA, le logo de NVIDIA et GeForce sont des marques commerciales ou des marques déposées de NVIDIA Corporation. Les autres noms de sociétés et de produits cités sont des marques commerciales de leurs sociétés respectives ou des sociétés auxquelles ils sont associés.

## **Droits d'auteur**

© 2004 NVIDIA Corporation. Tous droits réservés.



**NVIDIA.**

NVIDIA Corporation  
2701 San Tomas Expressway  
Santa Clara, CA 95050  
[www.nvidia.com](http://www.nvidia.com)