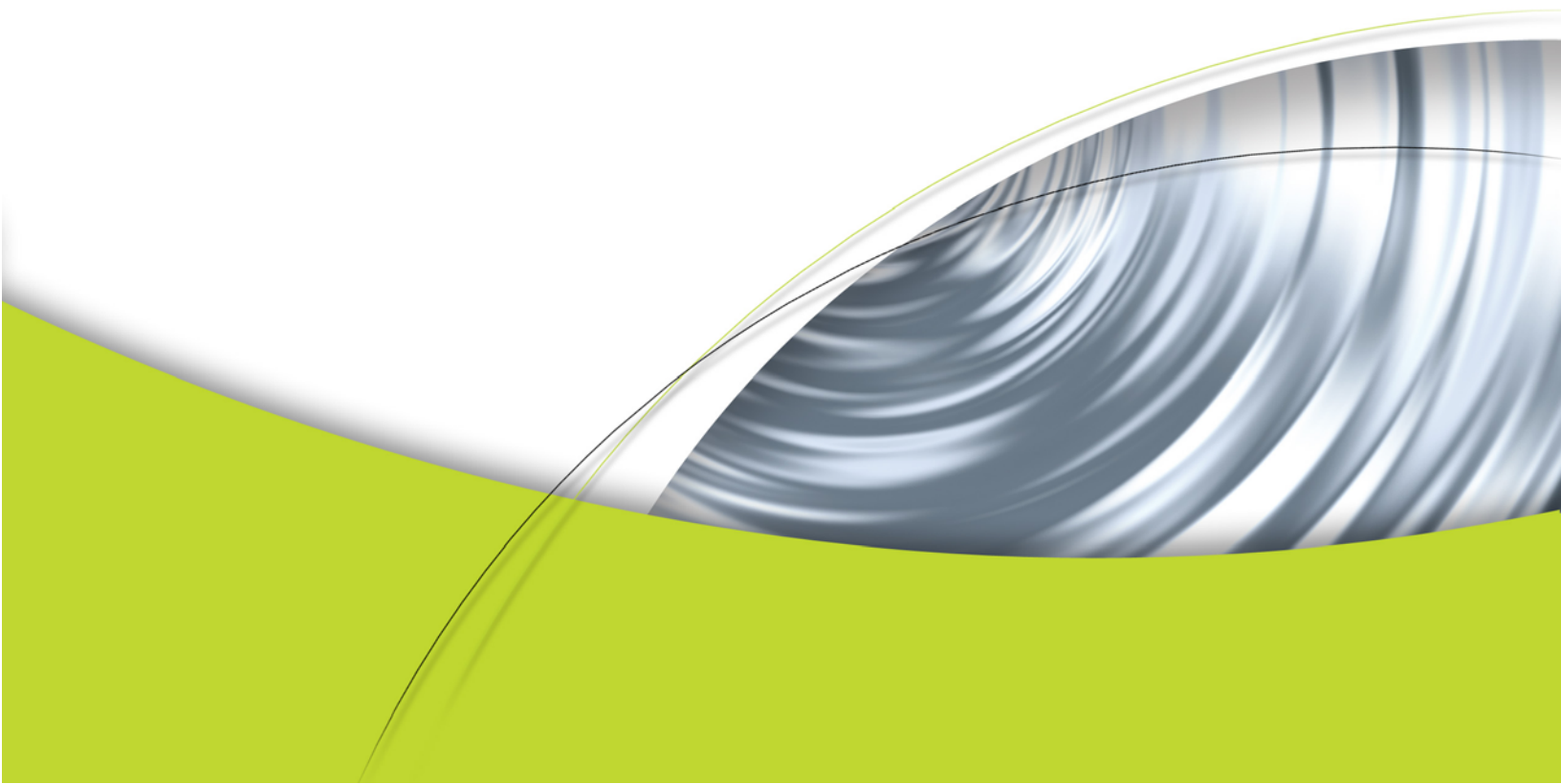




Condensé technique

**Les GPU GeForce FX de NVIDIA et
l'API DirectX 9.0 de Microsoft**

L'art et la science des effets visuels



Les GPU GeForce FX de NVIDIA et l'API Microsoft DirectX 9.0

Les processeurs graphiques (GPU) GeForce™ FX de NVIDIA® vont mettre le monde du graphisme en effervescence. Associés à de nouvelles interfaces de programmation (API) telles que Microsoft® DirectX™ 9.0 (DX9), les très attendus GPU GeForce FX alimenteront une nouvelle génération de contenu interactif et amèneront l'ombrage cinématographique en temps réel sur les ordinateurs de bureau.

L'API Microsoft DirectX 8.0 (DX8) a été la première version de DirectX à introduire le matériel d'ombrage de sommets programmable et à conférer une souplesse considérable au matériel d'ombrage de pixels avancé. DX8 et le matériel DX8 imposaient toutefois aux développeurs de nombreuses limites dont Microsoft DX9 les libère. Présentant la mise en œuvre DX9 la plus complète qui soit au niveau matériel, les GPU GeForce FX fournissent la performance et la puissance requises pour reléguer aux oubliettes trois des grandes limites de DX8 :

- ❑ **Programmabilité des pixel shaders** : il est plus juste de qualifier les normes pixel shader de DX8 de « configurables » que de programmables car caractérisée par un jeu d'instructions réduit et une grande rigidité, DX8 présentait de sérieuses lacunes sur le plan de la programmabilité. Les GPU GeForce FX et DX9 ouvrent la porte aux shaders longs et offrent aux développeurs un jeu d'instructions d'ombrage de pixels bien supérieur.
- ❑ **Programmabilité des vertex shaders** : la spécification vertex shader de DX8 ne concédait aux développeurs qu'un contrôle extrêmement réduit sur le déroulement du programme. Les vertex shaders DX8 sont exécutés de façon linéaire, sans sauts permettant d'en optimiser la performance. DX9 et les GPU GeForce FX prennent quant à eux en charge les sauts conditionnels, ce qui offre un contrôle bien supérieur sur le déroulement du programme.
- ❑ **Normes d'ombrage de pixels unifiées** : l'ajout de Pixel Shader 1.4 à la spécification DX8 créait une structure de pixel shader auxiliaire et une structure de programmation qui suivaient des philosophies de mise en œuvre aux antipodes. De nombreux développeurs étaient ainsi obligés de réécrire les shaders quand le matériel changeait au lieu d'écrire uniquement dans l'API. La spécification DX9 élimine ce problème avec la nouvelle définition unifiée Pixel Shader 2.0.

La combinaison de DX9 et des GPU GeForce FX diminue l'écart qui sépare les meilleurs graphiques P.C. et les grands succès en salle à base d'images de synthèse tels que *Monstres & Cie* (Disney/Pixar) et *Final Fantasy : Les créatures de l'esprit* (Columbia Pictures). L'API DX9 est une technologie capitale pour cette nouvelle

combinaison puissante de matériel et logiciels. Ce document fait le point sur les fonctionnalités de base et les avantages du composant Direct3D de la spécification DX9.

Fonctionnalités et effets : les nouveautés de DirectX

Les trois principales fonctionnalités introduites dans la norme DirectX 9.0 sont les suivantes :

- ❑ **Pixel Shader 2.0.** DirectX 9.0 pose les jalons de la programmabilité des moteurs d'ombrage de pixels en permettant, c'est une première, de réaliser l'ombrage procédural sur un GPU.
- ❑ **Vertex Shader 2.0** DirectX 9.0 améliore considérablement la puissance du vertex shader DirectX précédent en augmentant la longueur et la souplesse de ces programmes.
- ❑ **Couleur en virgule flottante haute précision.** DirectX 9.0 élimine l'obstacle créé par le manque de précision mathématique qui limitait les graphiques P.C. de par le passé. La précision et, par voie de conséquence, la qualité visuelle augmentent avec la couleur en virgule flottante de 128 bits par pixel.

Pour pouvoir exploiter ces nouvelles fonctionnalités de DirectX 9.0, NVIDIA a conçu un kit d'outils, le Toolkit Cg, à l'intention des développeurs Cg. En associant le Toolkit Cg de NVIDIA au GeForce FX, les développeurs peuvent exploiter pleinement l'API DX9 pour développer des effets visuels étonnants. Pour plus d'informations sur le langage Cg et les solutions de NVIDIA, veuillez lire la fiche technique NVIDIA intitulée « The NVIDIA Cg Compiler: C for Graphics » disponible sur

http://www.nvidia.fr/view.asp?IO=cg_fr.

Des effets étonnants

La polyvalence et la puissance de l'architecture du GeForce FX associées à DX9 donnent vie à des mondes numériques bourrés d'effets spéciaux étonnants qui étaient tout simplement irréalisables avec DX8. Grâce à la programmabilité et à la précision supérieure de DX9, les effets les plus sophistiqués font enfin leur apparition dans le monde des graphiques en temps réel. Les plantes, les peintures métallisées, la peau et les yeux sont autant d'exemples d'éléments qui prendront une nouvelle dimension réaliste étonnante avec cette plate-forme. Les comparaisons mettent en évidence le bond de qualité rendu possible par DX9 (voir figures 1 et 2).



Figure 1. Une plante DX8 et la même version DX9

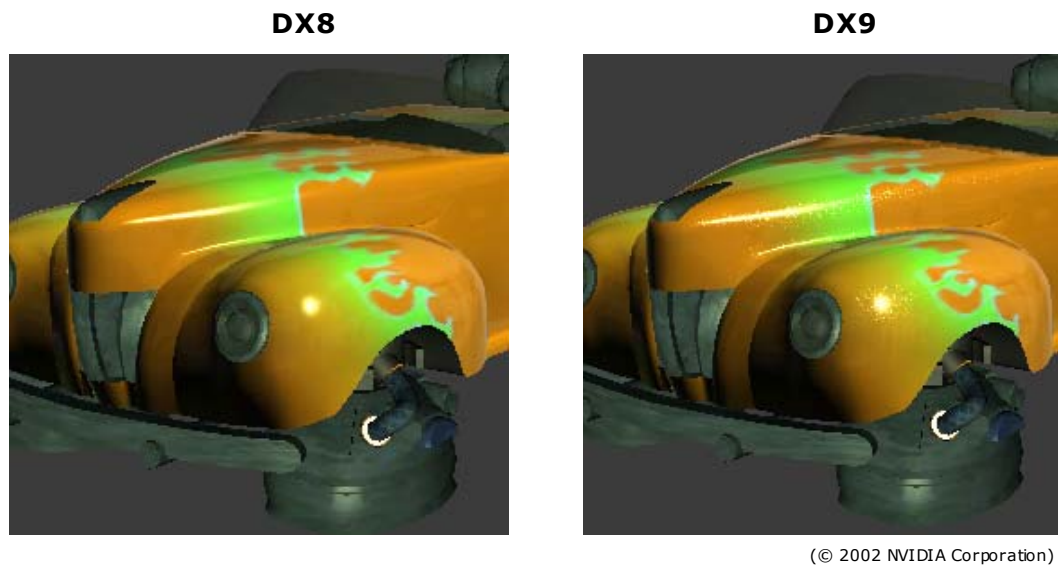


Figure 2. Une peinture brillante standard et une peinture métallisée DX9

Des effets plus rapides

À titre d'exemple de fonctionnalités améliorant la performance de DX9, observez le loup-garou de l'une des démos de la gamme de processeurs GeForce4 Ti de NVIDIA (figure 3).



(© 2002 NVIDIA Corporation)

Figure 3. Le loup-garou

En utilisant les techniques de rendu style DX8, le poil de notre loup-garou exige huit passages par pixel. La technique employée consiste à modéliser le poil en plusieurs couches de géométrie et de passer par chaque couche pour en calculer la contribution au pixel courant. Cette procédure est expliquée en détails dans le condensé technique NVIDIA intitulé « nfiniteFX II Engine: From Research to Real-Time » disponible sur

http://www.nvidia.fr/view.asp?PAGE=pq_20020214986181.

Avec DX9, le GPU GeForce FX est en mesure de rendre le poil du loup-garou en un unique passage. Réduire le rendu de huit à un unique passage se traduit par des gains de performance phénoménaux, sans compromettre la qualité de l'image.

La programmabilité offerte par DX9

DX9 offre un langage de programmation plus riche avec davantage de commandes, et permet d'écrire des programmes plus longs et d'une structure plus souple. Les améliorations spécifiques des pixel shaders et des vertex shaders sont examinées séparément dans les sections qui suivent. Le tableau 1 résume les limites fondamentales de DX8, de DX9 et des bits de capacité spéciaux (les « cap bits ») qui étendent les spécifications DX9 relatives aux shaders afin de permettre de mieux exploiter les capacités inhérentes à l'architecture GeForce FX. Vous remarquerez que le passage de DX8 à DX9 se traduit par une augmentation de nombreuses ressources telles que les constantes et les registres de programmation permettant de stocker les données temporaires. Cela s'explique par le fait que l'allongement des programmes débouchera sur une programmation plus sophistiquée qui, à son tour, exigera davantage de ressources.

Tableau 1. Résumé des spécifications DX8, DX9 et sup.

	Spécification DX8	Spécification DX9	Mise en œuvre de DX9 par le GeForce FX
Pixel Shader	Version 1.4	Version 2.0	Version 2.0+
Instructions	32	64	Plusieurs milliers
Constantes	8	32	Plusieurs milliers
Registres	6	12	32
Vertex Shader	Version 1.1	Version 2.0	Version 2.0+
Instructions	128	256	256
Constantes	96	256	256
Registres	12	12	16

Remarque : les données du tableau correspondent aux nombres maximaux d'instructions, constantes et registres pouvant être utilisés dans un programme d'ombrage valide.

Les avantages de Pixel Shader 2.0

Avec la spécification Pixel Shader 2.0 de DX9, la qualité de l'image plane à des niveaux étonnants. Cette nouvelle spécification permet une vraie programmabilité du matériel pixel shader tel que celui de l'architecture GeForce FX. Les programmeurs et les artistes peuvent désormais créer des images nouvelles, différentes, amenant l'art et la science des images à un niveau supérieur. La nature programmable des GPU GeForce FX et DX9 se traduisent également par l'élargissement de la gamme des outils disponibles (ombrage procédural, etc.).

Le contrôle artistique

Avant DX9 et les GPU GeForce FX, les développeurs devaient se contenter d'effets de pixel shader élémentaires. Les GPU et les API précédents offraient des moteurs pixel shader qui plus que programmables pouvaient être qualifiés de configurables. La distinction est importante. La spécification Pixel Shader 1.4 de DX8 (et, par conséquent, le matériel DX8) prévoyait une liste limitée d'instructions de pixel valides, instructions qui étaient concentrées sur diverses opérations relatives aux textures (chargement de textures, mélange de textures, etc.). En sus, les pixel shaders DX8 étaient limités à 32 instructions. DX9 vous libère de ces entraves en introduisant un jeu d'instructions complet et un modèle de programmation généralisé pour les moteurs pixel shader matériels.

Le jeu d'instructions de Pixel Shader 2.0 (qui fait partie de la spécification DX9) reprend toutes les commandes disponibles dans le jeu d'instructions de Vertex Shader 2.0 (qui fait aussi partie de DX9), plus quelques autres propres à la texturation et ne présentant pas d'intérêt dans les vertex shaders. Ces nouvelles commandes de pixel incluent des fonctions mathématiques et des fonctions de contrôle de flux.

Les pixel shaders DX9 et les GPU GeForce FX éliminent les obstacles qui faisaient que le produit final commercialisé n'était souvent que le pâle reflet de la vision artistique de son créateur. Si l'effet à l'écran n'est pas celui voulu, le développeur dispose désormais des éléments nécessaires pour le régler et le peaufiner jusqu'à la perfection.

Des instructions scientifiques

Les instructions mathématiques de Pixel Shader 2.0 permettent au moteur pixel shader de résoudre des algorithmes mathématiques arbitraires. Les développeurs peuvent ainsi écrire leurs propres formules mathématiques pour obtenir un effet spécial donné. Ils peuvent ainsi obtenir des effets variés et originaux comme les variations de teinte de l'extra-terrestre multicolore de droite (voir figure 4). Ils peuvent remplacer le bleu uni de l'extra-terrestre de gauche par un look unique et stylé comme le dégradé mordoré-rose de l'extra-terrestre de droite, dont la couleur dépend de l'angle de la lumière qui l'éclaire.

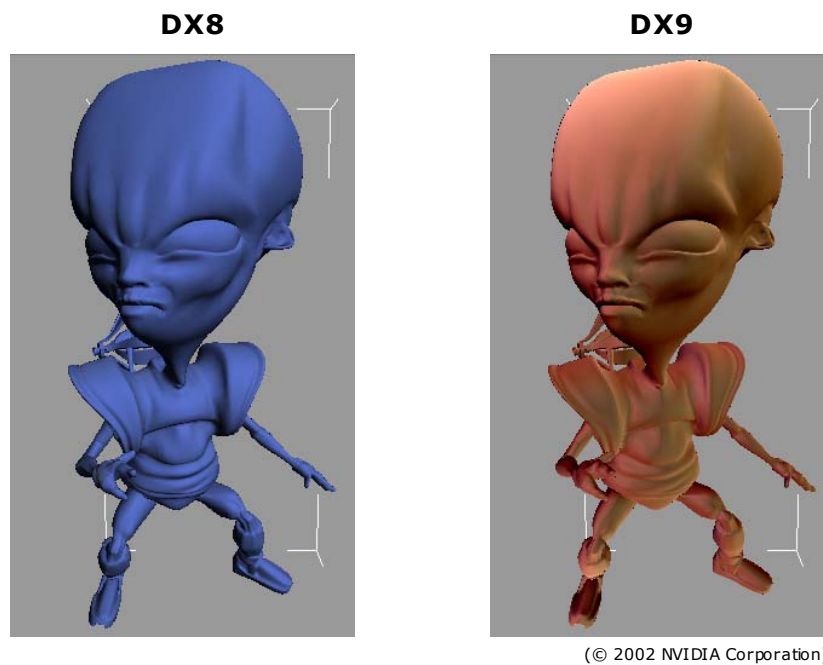


Figure 4. DX9 offre la possibilité d'interpréter des fonctions mathématiques afin d'obtenir des effets uniques en nette rupture avec les limites de DX8.

Le contrôle de flux

DX9 est la première spécification Direct3D à autoriser les boucles et les sauts dans les pixel shaders. Pouvoir contrôler le flux offre deux avantages distincts. D'une part, cela donne aux développeurs la marge de manœuvre nécessaire pour structurer leurs shaders de la façon la plus efficace qui soit pour un problème donné. Bien plus contraignantes, les spécifications Pixel Shader de DX8 dictaient les commandes qui pouvaient se suivre et les niveaux de dépendance de texture utilisables. D'autre part, le contrôle de flux DX9 permet de réutiliser le code en employant des sauts conditionnels et d'autres techniques similaires. Les effets peuvent être regroupés en catégories ou familles ce qui permet de réutiliser des éléments de code qui peuvent être écrits et débogués de façon généralisée : vous pouvez créer un shader généralisé pour la veine du bois, un shader généralisé pour la végétation, un shader généralisé

pour les voyants lumineux, etc. Cela augmente la productivité des équipes de développeurs et des entreprises, ce qui réduit les délais de commercialisation, diminue les frais et laisse plus de temps aux développeurs et aux artistes pour créer davantage d'effets sans prolonger la phase de développement.

L'ombrage procédural

Le nouveau niveau de programmabilité offert par DX9 s'accompagne de la multiplication des outils à la disposition des créatifs. La souplesse qu'offre la possibilité d'effectuer des opérations mathématiques arbitraires dans les pixel shaders se traduit par davantage de façons de résoudre un problème donné. Les développeurs peuvent utiliser l'ombrage procédural pour créer des modèles 2D ou 3D sophistiqués. Par exemple, l'image de la figure 5 a été créée sans aucune texture pré-calculée.



(Image reproduite avec la permission de l'artiste Goran Kocov)

Figure 5. La veine du bois et la surface rugueuse du vase en poterie ont été créées mathématiquement en utilisant des techniques d'ombrage procédural ; aucune texture n'a été utilisée pour créer cette nature morte.

Le développeur est donc libre de résoudre le problème de plusieurs façons. L'ombrage procédural utilise les mathématiques pour calculer la couleur d'un pixel et offre une solution au problème de texturation classique que pose le mappage d'une image 2D sur un objet convexe.

Les avantages de Vertex Shader 2.0

Vertex Shader 2.0 introduit la programmabilité dans les vertex shaders DX9. Les deux changements clés, par rapport à la spécification DX8, sont l'allongement des vertex shaders et l'utilisation de commandes de saut conditionnel et de sous-programmes en ce qui concerne le contrôle de flux. Par ailleurs, Vertex Shader 2.0 étend le jeu d'instructions de DX8 à de nouvelles fonctions mathématiques.

L'allongement des vertex shaders

Avec DX9, les développeurs peuvent écrire des vertex shaders plus longs et créer des effets spéciaux plus saisissants et plus sophistiqués (voir figure 6). L'allongement des programmes peut avoir un impact considérable sur la complexité de l'apparence des objets dans une scène.



(© 2002 NVIDIA Corporation)

Figure 6. Les vertex shaders DX9 simplifient l'animation des géométries complexes comme l'eau.

Ces techniques peuvent être employées pour animer des géométries complexes pour simuler les vagues d'un océan. Pendant le calcul des paramètres, le moteur d'ombrage de pixels devra effectuer des opérations par pixel pour établir la quantité de lumière brillant à travers la vague et celle réfléchiée par la surface de la vague.

Le contrôle de flux

Contrôler le déroulement d'un programme donne au développeur la liberté de créer des programmes sophistiqués qui utilisent des sous-programmes pour itérer des calculs mathématiques et permettre une fin anticipée en sautant à la fin du programme en présence de conditions prédéterminées. La possibilité d'avancer la fin est importante pour la performance générale d'un vertex shader. Un shader peut en effet déterminer que des calculs supplémentaires sont inutiles. Dans ce cas, un moteur d'ombrage de sommets DX9 peut s'arrêter et transmettre le résultat obtenu à la prochaine étape du pipeline graphique, là où un moteur d'ombrage de sommets DX8 devait obligatoirement passer par toutes les étapes restantes du programme, même dans l'hypothèse où les calculs supplémentaires n'amélioreraient en rien la qualité d'image globale. Le moteur d'ombrage de sommets DX9 peut commencer à travailler sur le prochain sommet (ou charger le prochain vertex shader) sans devoir passer par tous les calculs inutiles requis sous DX8.

La haute précision de la couleur en virgule flottante

Pour créer des effets spéciaux plus sophistiqués, la précision des opérations est capitale. En associant les GPU GeForce™ FX et l'API DX9, les développeurs peuvent atteindre les très exclusives normes de précision utilisées par l'industrie cinématographique. Les formats en virgule flottante de 16 et 32 bits (FP16 et FP32) inhérents des GPU GeForce FX donnent aux développeurs la flexibilité de créer des graphiques de la plus haute qualité. Le FP32 garantit une image d'une qualité extrême en fournissant une vraie couleur 128 bits. Le FP16 fournit un couple qualité d'image-performance parfaitement équilibré.

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 20 bits), 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 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.

Pour un examen plus approfondi du recours à une précision mathématique plus fine dans les graphiques et de ses avantages, reportez-vous au livre blanc de NVIDIA intitulé « Graphiques haute précision : la couleur de qualité cinématographique sur les P.C. » qui figure sur

http://www.nvidia.fr/view.asp?PAGE=techbriefs111802_fr

Conclusion

La spécification DX9 de Microsoft revêt une importance capitale pour l'augmentation de la qualité des graphiques en temps réel. Cette API, admirablement secondée par les fonctionnalités des GPU GeForce FX, rend possible une nouvelle catégorie d'imagerie étonnante dans les applications en temps réel. La combinaison de cette API et de la plate-forme GeForce FX permet de bénéficier du nec plus ultra en matière de programmabilité, de flexibilité et de précision, et ouvre la porte au rendu de qualité cinématographique sur les ordinateurs de bureau. Les développeurs ont enfin les moyens d'exprimer leurs visions artistiques et les joueurs se régaleront d'images et d'effets spéciaux sans précédent.

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 et GeForce FX est une marque commerciale 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