



# Apple ProRes

Livre blanc  
Juin 2014

# Contents

<b>3</b>	<b>Introduction</b>
<b>4</b>	<b>Utilisations autorisées des codecs Apple ProRes</b>
<b>5</b>	<b>Présentation de la gamme Apple ProRes</b>
<b>7</b>	<b>Propriétés des images numériques</b> Dimension de l'image (pleine largeur et largeur partielle) Échantillonnage des couleurs Profondeur d'échantillonnage de bits
<b>10</b>	<b>Propriétés des codecs Apple ProRes</b> Débit de données Qualité Performances Prise en charge du canal Alpha par les codecs Apple ProRes 4444
<b>21</b>	<b>Annexe</b> Débits de données cibles Débits de données cibles (suite)
<b>23</b>	<b>Glossaire</b>

# Introduction

Apple ProRes fait partie des codecs les plus utilisés dans le secteur de la post-production professionnelle. La gamme de codecs vidéos Apple ProRes permet de monter à moindre coût des sources vidéo en pleine résolution, 10 bits, haute définition (HD) 4:2:2 et 4:4:4:4, 2K, 4K et 5K, avec des performances multistream dans Final Cut Pro X. Le présent livre blanc fournit des informations détaillées sur les six codecs de la gamme Apple ProRes, notamment les caractéristiques techniques et les mesures des performances.

# Utilisations autorisées des codecs Apple ProRes

Apple ProRes est une technologie de codec développée afin de proposer une solution de montage hautes performances et de qualité supérieure dans Final Cut Pro X. Apple a certifié Apple ProRes en vue de sélectionner des entreprises pour une utilisation des codecs dans des produits et flux de production spécifiques.

Il arrive que les codecs soient utilisés de façon non autorisée par certains produits logiciels ou matériels tiers. De telles utilisations (notamment avec les logiciels FFmpeg ou autres) sont susceptibles d'entraîner des erreurs de décodage, des performances moindres, ainsi que des problèmes de compatibilité et de stabilité.

Pour obtenir une liste de tous les titulaires de licences et développeurs Apple ProRes, ou pour en savoir plus sur l'obtention de licences, rendez-vous sur la page [http://support.apple.com/kb/HT5959?viewlocale=fr\\_FR](http://support.apple.com/kb/HT5959?viewlocale=fr_FR). Si vous utilisez ou envisagez d'acquérir un produit qui encode ou décode des codecs Apple ProRes, et que ce produit ne figure pas dans cette liste, contactez Apple à l'adresse [ProRes@apple.com](mailto:ProRes@apple.com).

# Présentation de la gamme Apple ProRes

Les codecs Apple ProRes associent de façon inégalée des performances de montage multiflux en temps réel, une qualité d'image exceptionnelle et des taux de stockage réduits. Ils exploitent tous les avantages du traitement multicoeur et permettent de bénéficier de modes de décodage rapides en résolution réduite. Tous les codecs Apple ProRes prennent en charge l'ensemble des formats d'image (y compris les formats SD, HD, 2K, 4K et 5K) en pleine résolution. Les débits de données varient en fonction du type de codec, ainsi que du contenu, du format et de la fréquence des images.

En tant que technologie de codecs à débit binaire variable (VBR), Apple ProRes utilise moins de bits pour les images simples qui ne tireraient aucun avantage d'un encodage à un débit de données supérieur. Tous les codecs Apple ProRes sont complètement indépendants de l'image (ou « intra-trame »), ce qui signifie que chaque image est encodée et décodée de façon distincte des autres images. Cette technique permet de bénéficier de performances de montage et d'une flexibilité exceptionnelles.

Les codecs Apple ProRes comprennent les formats suivants :

- **Apple ProRes 4444 XQ** : il s'agit d'un format de codec Apple ProRes de qualité supérieure pour les sources d'image 4:4:4:4 (notamment pour les canaux Alpha). Il présente un débit de données très élevé permettant de préserver les détails des images à haute gamme dynamique générées par les capteurs d'images numériques dernière génération de la meilleure qualité. Le codec Apple ProRes 4444 XQ permet de conserver des gammes dynamiques bien supérieures à celle des images Rec. 709, même en cas de traitement d'effets visuels riches dans lesquels les niveaux de noir ou hautes lumières sont considérablement étirés. Tout comme le codec Apple ProRes 4444 standard, ce codec prend en charge jusqu'à 12 bits par canal d'image et jusqu'à 16 bits pour le canal Alpha. Apple ProRes 4444 XQ offre un débit de données cible d'environ 500 Mbit/s pour les sources 4:4:4 en 1 920 x 1 080 et à 29,97 ips.

*Remarque* : le codec Apple ProRes 4444 XQ requiert OS X v10.8 (Mountain Lion) ou version ultérieure.

- **Apple ProRes 4444** : il s'agit d'un format de codec Apple ProRes de très haute qualité pour les sources d'image 4:4:4:4 (notamment pour les canaux Alpha). Il offre des couleurs RVBA 4:4:4:4 de qualité en pleine résolution, ainsi qu'un rendu visuel fidèle qui est pratiquement identique au matériel d'origine. Le codec Apple ProRes 4444 constitue une solution de stockage et d'échange de composites et de graphismes animés de haute qualité, qui fournit d'excellentes performances multigénération et un canal Alpha mathématiquement sans perte jusqu'à 16 bits. Il présente un débit de données remarquablement faible en comparaison avec le format 4:4:4 HD sans compression, avec un débit de données cible d'environ 330 Mbit/s pour les sources 4:4:4 en 1 920 x 1 080 et à 29,97 ips. Il permet également un encodage et un décodage directs depuis et vers des formats de pixel RVB et Y'C<sub>B</sub>C<sub>R</sub>.

- **Apple ProRes 422 HQ** : il s'agit d'un format offrant un débit de données plus élevé que le codec Apple ProRes 422. Il préserve la haute qualité du rendu visuel de la même façon que le codec Apple ProRes 4444, mais pour des sources d'images 4:2:2. Largement adopté dans le secteur de la post-production de vidéo, le codec Apple ProRes 422 HQ permet de conserver sans perte visuelle la vidéo HD professionnelle de qualité supérieure qu'un signal HD-SDI à liaison simple peut transmettre. Ce codec prend en charge les sources vidéo 4:2:2 en pleine largeur, à des profondeurs de pixels de 10 bits, sans perte visuelle après de nombreux cycles de décodage et de réencodage. Le débit de données cible du codec Apple ProRes 422 HQ est d'environ 220 Mbit/s pour les sources en 1 920 x 1 080 et à 29,97 ips.
- **Apple ProRes 422** : il s'agit d'un format de codec de compression haute qualité offrant pratiquement tous les avantages du codec Apple ProRes 422 HQ, mais à 66 % du débit de données de ce dernier pour de meilleures performances de montage multiflux en temps réel. Le débit de données cible du codec Apple ProRes 422 est d'environ 147 Mbit/s pour les sources en 1 920 x 1 080 et à 29,97 ips.
- **Apple ProRes 422 LT** : il s'agit d'un format de codec de compression plus élevée que le codec Apple ProRes 422, avec environ 70 % du débit de données de ce dernier et des tailles de fichier 30 % inférieures. Ce codec est idéal pour les environnements dans lesquels la capacité de stockage et le débit de données sont limités. Le débit de données cible du codec Apple ProRes 422 LT est d'environ 102 Mbit/s pour les sources en 1 920 x 1 080 et à 29,97 ips.
- **Apple ProRes 422 Proxy** : il s'agit d'un format de codec de compression encore plus élevée que le codec Apple ProRes 422 LT, conçu pour être utilisé pour les flux de production hors ligne qui nécessitent de faibles débits de données mais des vidéos en pleine résolution. Le débit de données cible du codec Apple ProRes 422 Proxy est d'environ 45 Mbit/s pour les sources en 1 920 x 1 080 et à 29,97 ips.

*Remarque* : les codecs Apple ProRes 4444 XQ et Apple ProRes 4444 sont parfaits pour l'échange de graphismes animés puisqu'il n'y a aucune perte visuelle. De plus, ils sont également les seuls codecs Apple ProRes compatibles avec les canaux Alpha.

# Propriétés des images numériques

Les propriétés techniques des images numériques correspondent à différents aspects de la qualité de l'image. Par exemple, les images HD haute résolution peuvent contenir plus de détails que leurs équivalents SD en résolution plus faible. Les images 10 bits peuvent contenir des dégradés de couleur plus fins, évitant ainsi les parasites de bandes qui peuvent apparaître sur les images 8 bits.

Le rôle d'un codec est de préserver autant que possible la qualité de l'image à un débit de données réduit précis, tout en offrant la vitesse d'encodage et de décodage la plus rapide. La gamme Apple ProRes prend en charge les trois propriétés phares des images numériques qui contribuent à la qualité d'image – *la dimension de l'image, l'échantillonnage des couleurs et la profondeur d'échantillonnage de bits* – tout en offrant les meilleures performances et qualité du secteur à chaque débit de données compatible. Pour profiter des avantages de la gamme Apple ProRes dans son ensemble et choisir le type de codec à utiliser dans de nombreux flux de post-production, il est essentiel de comprendre ces trois propriétés.

## Dimension de l'image (pleine largeur et largeur partielle)

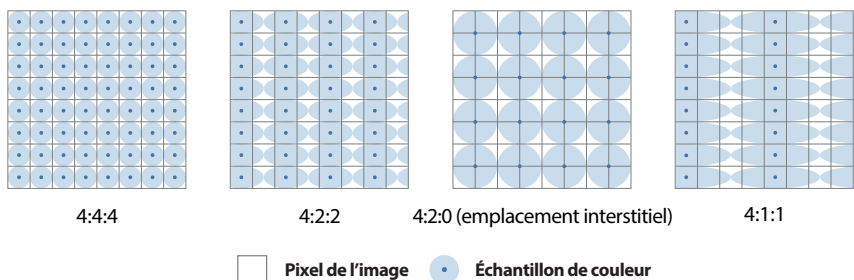
De nombreux caméscopes vidéo encodent et stockent les images vidéo dans une largeur inférieure à la pleine largeur HD de 1 920 ou 1 280 pixels pour des formats HD de 1 080 ou 720 lignes respectivement. Lorsque ces formats s'affichent, ils sont suréchantillonnés horizontalement en pleine largeur HD, mais ils ne peuvent pas transmettre la quantité de détails possible avec les formats HD en pleine largeur.

Tous les codecs de la gamme Apple ProRes peuvent encoder des sources vidéo HD en pleine largeur (parfois appelées sources vidéo « full raster ») pour conserver le plus grand nombre possible de détails qu'un signal HD peut transmettre. Les codecs Apple ProRes peuvent également encoder les sources HD en largeur partielle si nécessaire, de manière à éviter la dégradation éventuelle de la qualité et des performances résultant de l'interpolation des formats en largeur partielle antérieure à l'encodage.

## Échantillonnage des couleurs

Les images en couleur requièrent trois canaux d'information. Dans le domaine de l'infographie, la couleur d'un pixel est généralement définie par les valeurs R, V et B. Dans les vidéos numériques classiques, un pixel est représenté par les valeurs  $Y'$ ,  $C_B$  et  $C_R$ , où  $Y'$  constitue la valeur de « luminance » ou des niveaux de gris et  $C_B$  et  $C_R$  contiennent les informations de « chrominance » ou de différence de couleur. Comme l'œil est moins sensible aux détails chromatiques subtils, il est possible de combiner et d'encoder moins d'échantillons  $C_B$  et  $C_R$  avec une perte de qualité à peine visible pour un visionnage occasionnel. Cette technique, connue sous le nom de *sous-échantillonnage chromatique*, est largement utilisée pour réduire le débit de données des signaux vidéo. Cependant, un sous-échantillonnage chromatique excessif peut dégrader la qualité de compositing, de correction des couleurs et d'autres opérations de traitement de l'image. La gamme Apple ProRes gère les formats chromatiques les plus courants présentés ci-dessous :

- **4:4:4** est le format de qualité supérieure pour préserver les détails des couleurs. Les sources d'images 4:4:4 ne comportent aucun sous-échantillonnage ou moyenne des informations de chrominance. Chaque emplacement de pixel possède trois échantillons uniques,  $Y'$ ,  $C_B$ ,  $C_R$ , ou R, V, et B. Les codecs Apple ProRes 4444 XQ et Apple ProRes 4444 prennent entièrement en charge les sources d'images 4:4:4, d'espaces colorimétriques RVB ou  $Y'C_B C_R$ . Le quatrième « 4 » signifie que les codecs Apple ProRes 4444 XQ et Apple ProRes 4444 peuvent également transmettre un échantillon de canal alpha unique pour chaque emplacement de pixel. Les codecs Apple ProRes 4444 XQ et Apple ProRes 4444 sont conçus pour prendre en charge les sources 4:4:4 RVB+Alpha exportées depuis des applications d'infographie telles que Motion, ainsi que les sources vidéo 4:4:4 d'appareils haut de gamme tels que le format HDCAM-SR à double liaison.
- **4:2:2** est considéré comme un format vidéo professionnel de qualité élevée pour lequel les valeurs chromatiques des images  $Y'C_B C_R$  sont combinées de sorte qu'il y ait un échantillon  $C_B$  et un  $C_R$  ou une « paire chromatique  $C_B/C_R$  », pour chaque échantillon  $Y'$  (luminance). Ce sous-échantillonnage chromatique minimal est généralement jugé approprié pour le compositing et la correction des couleurs de qualité élevée, bien que de meilleurs résultats peuvent être obtenus avec des sources 4:4:4. Les sources 4:2:2 sont générées par de nombreux formats de caméscopes vidéo hauts de gamme courants, notamment DVCPRO HD, AVC-Intra/100 et XDCAM HD422/50. Tous les codecs de la gamme Apple ProRes 422 prennent entièrement en charge la résolution chromatique liée aux formats vidéo 4:2:2.
- **4:2:0** et **4:1:1** possèdent la moins bonne résolution chromatique parmi les formats mentionnés ici, avec seulement une paire chromatique  $C_B/C_R$  pour quatre échantillons luminance. Ces formats sont utilisés dans divers caméscopes vidéo grand public et professionnels. En fonction de la qualité du système d'imagerie d'une caméra, les formats 4:2:0 et 4:1:1 peuvent offrir une excellente qualité de visionnage. Cependant, dans les flux de compositing, il peut être difficile d'éviter les parasites visibles sur les bords d'un élément composé. Les formats HD 4:2:0 comprennent HDV, XDCAM HD et AVC-Intra/50. 4:1:1 est utilisé dans DV. Tous les formats Apple ProRes 422 peuvent prendre en charge les sources 4:2:0 ou 4:1:1 si la chrominance est suréchantillonnée en 4:2:2 avant l'encodage.





## Profondeur d'échantillonnage de bits

Le nombre de bits utilisés pour représenter chaque échantillon d'image  $Y'$ ,  $C_B$  ou  $C_R$  (ou  $R$ ,  $V$  ou  $B$ ) détermine le nombre de couleurs pouvant figurer dans chaque emplacement de pixel. La profondeur d'échantillonnage de bits détermine également la régularité des nuances subtiles de couleurs qui peut être présente dans un dégradé d'image, comme un soleil couchant, sans quantification visible ou parasites « de bandes ».

Généralement, les images numériques sont restreintes aux échantillons 8 bits. Ces dernières années, le nombre d'appareils professionnels et de techniques avancées prenant en charge les échantillons d'image 10 bits, voire 12 bits, a augmenté. L'imagerie 10 bits est désormais très courante dans les sources vidéo 4:2:2 avec des sorties numériques professionnelles (SDI, HD-SDI ou même HDMI). Les sources vidéo 4:2:2 dépassent rarement 10 bits, mais un nombre croissant de sources d'images 4:4:4 revendique la résolution 12 bits, bien qu'avec les images générées par les capteurs le moindre bit significatif peut avoir plus de bruit que le signal. Les sources 4:4:4 comprennent les scanners de films haut de gamme et les caméras numériques cinématographiques, et peuvent également inclure l'infographie haut de gamme.

Les codecs Apple ProRes 4444 XQ et Apple ProRes 4444 prennent en charge les sources d'images jusqu'à 12 bits et préservent les profondeurs d'échantillonnage alpha jusqu'à 16 bits. Tous les codecs Apple ProRes 422 prennent en charge les sources d'images jusqu'à 10 bits, même si la meilleure qualité en 10 bits est obtenue avec les codecs de la gamme présentant un débit binaire plus élevé – codecs Apple ProRes 422 and Apple ProRes 422 HQ. (*Remarque* : comme les codecs Apple ProRes 4444 XQ et Apple ProRes 4444, tous les codecs Apple ProRes 422 peuvent en fait accepter les échantillons d'images supérieurs à 10 bits, bien que ces profondeurs de bits élevés soient rares parmi les sources vidéo 4:2:2 ou 4:2:0.)

# Propriétés des codecs Apple ProRes

Chaque codec d'image ou de vidéo peut se caractériser par son comportement dans trois aspects déterminants : la compression, la qualité et la complexité. *La compression* implique la réduction de données, ou le nombre de bits nécessaires par rapport à l'image d'origine. Pour les séquences d'images ou les flux vidéo, la compression implique le débit de données, exprimé en bits/sec pour la transmission ou en octets/h pour le stockage. *La qualité* désigne le degré de ressemblance d'une image compressée à l'image d'origine. Le terme « fidélité » serait sûrement plus précis, mais « qualité » est le terme le plus utilisé. *La complexité* a trait au nombre d'opérations arithmétiques qui doivent être calculées pour compresser ou décompresser une image ou une séquence d'image. Pour les utilisations de codec logiciel, plus la complexité est faible, plus le nombre de flux vidéo pouvant être décodés simultanément en temps réel est important, permettant ainsi de bénéficier de performances plus élevées au sein des applications de post-production.

Chaque codec d'image ou de vidéo conçu doit faire des compromis entre ces trois propriétés. Comme les codecs utilisés dans les caméscopes professionnels ou pour le montage vidéo professionnel doivent préserver un haut niveau de qualité visuelle, le choix se fait au détriment d'un des débits de données ou des performances. Par exemple, les caméscopes AVCHD peuvent générer des flux vidéo H.264 avec une excellente qualité d'image à des débits de données faibles. Cependant, la complexité du codec H.264 est très élevée, entraînant des performances moindres pour le montage vidéo en temps réel avec de multiples flux vidéo et effets. En comparaison, les codecs Apple ProRes offrent une excellente qualité d'image ainsi qu'une faible complexité, ce qui se traduit par de meilleures performances pour le montage vidéo en temps réel.

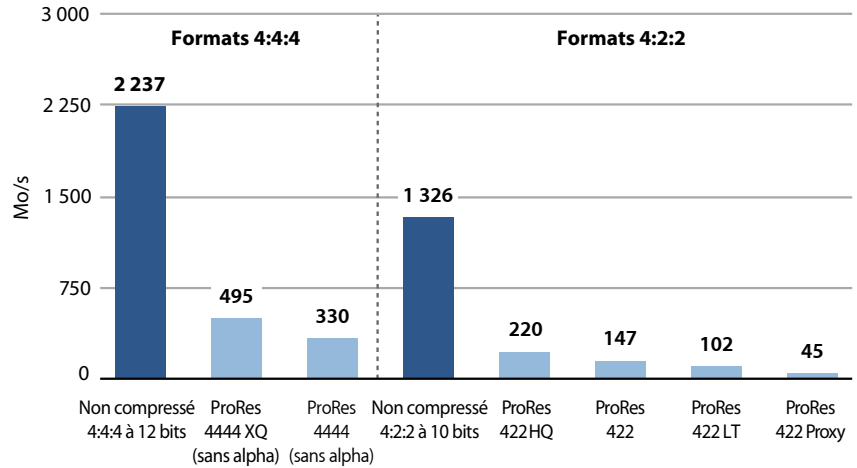
Les sections suivantes décrivent le fonctionnement des différents codecs Apple ProRes et procèdent à une comparaison de ces derniers selon ces trois propriétés de codec importantes : *le débit de données, la qualité et les performances.*

## Débit de données

La gamme Apple ProRes couvre un large éventail de débits de données pour prendre en charge divers flux de production et applications. Cette section compare les différents débits de données Apple ProRes les uns aux autres et aux débits de données de vidéo sans compression. Elle explique également de quelle façon la dimension et la fréquence des images ont une incidence sur les débits de données Apple ProRes. Enfin, elle comprend aussi des informations sur le débit binaire variable (VBR) de la gamme de codecs Apple ProRes.

Le diagramme en bâtons ci-dessous compare les débits de données des formats Apple ProRes à ceux des séquences d'images sans compression, pleine largeur (1 920 x 1 080), 4:4:4 12 bits et 4:2:2 10 bits à 29,97 images/seconde (ips). Le diagramme révèle que même les deux formats Apple ProRes de qualité supérieure – Apple ProRes 4444 XQ et Apple ProRes 4444 – proposent des débits données nettement inférieurs à ceux de leurs équivalents sans compression.

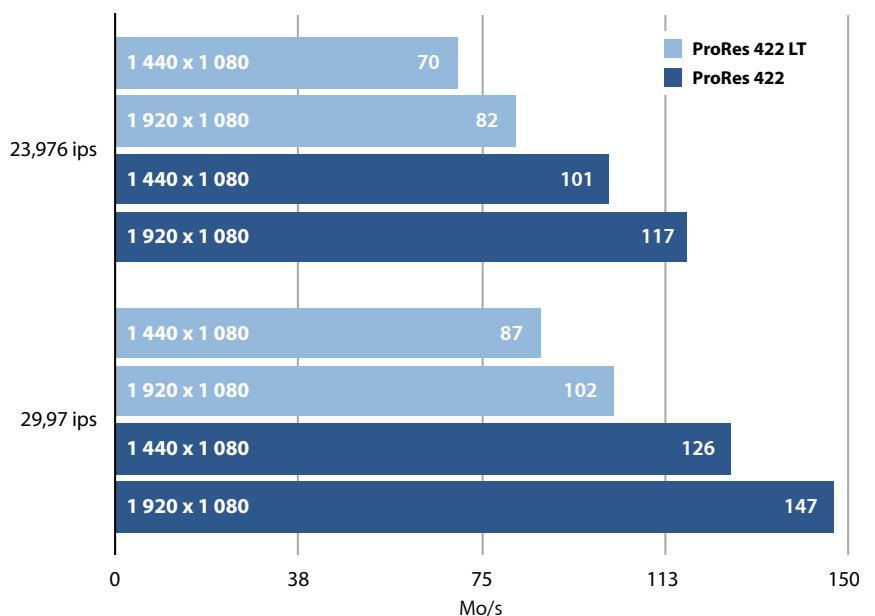
**Débits de données – Non compressés et Apple ProRes à 1 920 x 1 080, 29,97 ips**



Les débits de données figurant dans le diagramme en bâtons ci-dessus s'appliquent aux images HD en « pleine largeur » (1 920 x 1 080) à 29,97 ips. La gamme Apple ProRes prend également en charge le format HD 720p dans toute sa largeur (1 280 x 720). En plus des formats HD en pleine largeur, les codecs Apple ProRes sont aussi compatibles avec trois formats vidéo HD en « largeur partielle » utilisés comme résolutions d'enregistrement dans plusieurs caméscopes HD populaires : 1 280 x 1 080, 1 440 x 1 080 et 960 x 720.

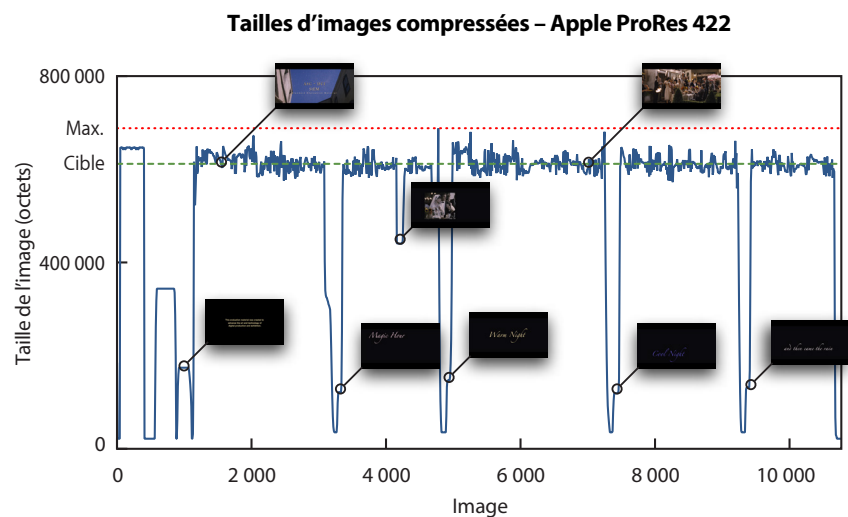
Le débit de données d'un format Apple ProRes dépend principalement de trois facteurs essentiels : le type de codec Apple ProRes, la dimension de l'image encodée et la fréquence d'images. Le diagramme ci-dessous montre en quelques exemples comment la variation d'un de ces facteurs modifie le débit de données d'un format Apple ProRes. Un tableau des débits de données pour différents formats Apple ProRes compatibles avec le montage en temps réel dans Final Cut Pro X figure en annexe.

**Débits de données – Apple ProRes 422 LT contre Apple ProRes 422**



Apple ProRes est un codec vidéo à débit binaire variable (VBR). Cela signifie que le nombre de bits utilisé pour encoder chaque image au sein d'un flux n'est pas constant, mais varie d'une image à l'autre. Pour une dimension d'image vidéo et un type de codec Apple ProRes donnés, l'encodeur Apple ProRes a pour objectif d'atteindre un nombre « cible » de bits par image. Multiplier ce nombre par les images par seconde du format vidéo en cours d'encodage permet d'obtenir le débit de données cible pour un format Apple ProRes en particulier.

Bien qu'Apple ProRes soit un codec à débit binaire variable, la variabilité est habituellement faible. Le véritable débit de données avoisine généralement le débit de données cible. Pour un format Apple ProRes donné, il existe également un nombre maximal de bits par image qui n'est jamais dépassé. Ce nombre maximal est environ 10 % plus élevé que le nombre cible de bits par image. Le graphique ci-dessous présente le nombre réel de bits utilisés par image dans une séquence vidéo Apple ProRes à titre d'exemple.



La séquence décrite est un mini-film de matériel d'évaluation standard (StEM) ASC/DCI à 1 920 x 1 080.

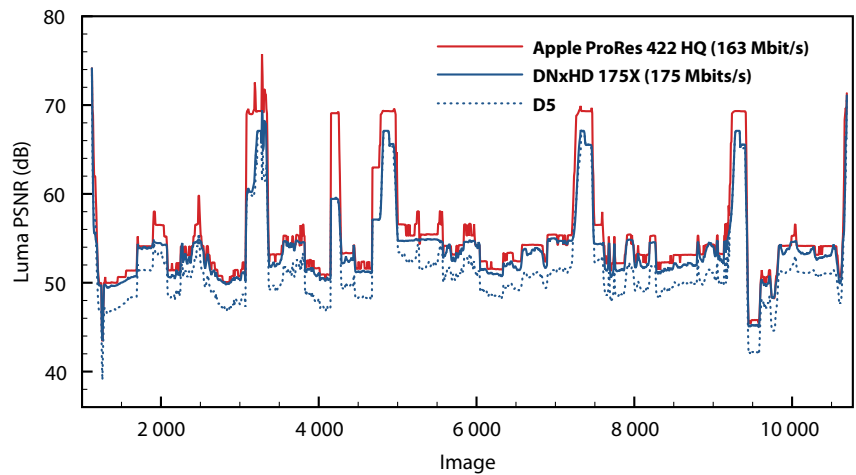
Veillez noter que pour cette séquence spécifique de plus de 10 000 images, une seule image utilise le nombre maximal de bits alors que la majorité des images sont regroupées dans un petit pourcentage de la cible. Cependant, plusieurs images utilisent sensiblement moins de bits que la cible. Ceci s'explique par le fait que les encodeurs Apple ProRes ajoutent des bits à une image uniquement si cette opération permet d'améliorer la ressemblance avec l'image d'origine. Au-delà d'un certain point, les images simples, telles que les images noires avec un texte de quelques mots, ne bénéficient pas d'une meilleure qualité si des bits sont ajoutés. Les encodeurs Apple ProRes ne gaspillent aucun bit sur une image si l'ajout de bits n'améliore pas la qualité.

## Qualité

Bien que la capacité à produire une qualité supérieure constitue une des fonctions principales des codecs image et vidéo, l'objectif premier d'un codec est la préservation de la qualité (ou la fidélité). L'imagerie passe souvent par de nombreuses opérations de traitement avant l'encodage Apple ProRes, et ces opérations peuvent ajouter des imperfections visibles ou des parasites aux images. Tout d'abord, si une séquence d'image présente des parasites visibles, Apple ProRes conservera parfaitement ces parasites, ce qui peut faire penser à tort au public que ces imperfections sont dues au codec Apple ProRes lui-même. L'objectif de tous les codecs de la gamme Apple ProRes est de préserver à la perfection la qualité de la source d'image d'origine, qu'elle soit de bonne ou de mauvaise qualité.

La capacité des différents codecs Apple ProRes à conserver la qualité peut se traduire de façon quantitative et qualitative. Dans le secteur de la compression d'images et de vidéo, la mesure quantitative de la fidélité des images la plus largement utilisée est le rapport signal sur bruit de crête (PSNR – peak signal-to-noise ratio). Le PSNR mesure à quel point une image compressée (après avoir été décompressée) ressemble à l'image d'origine transférée à l'encodeur. Plus la valeur PSNR est élevée, plus l'image encodée correspond à l'originale. Le graphique ci-dessous indique la valeur PSNR pour chaque image dans une séquence test pour trois différents codecs : Apple ProRes 422 HQ, Avid DNxHD et Panasonic D5.

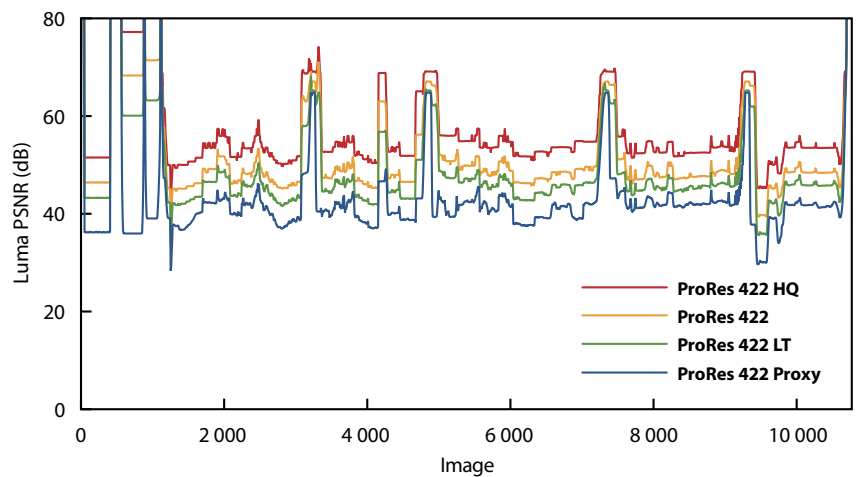
### Comparaison du PSNR – Apple ProRes, DNxHD, et D5



Mesuré à l'aide d'un mini-film de matériel d'évaluation standard (StEM) ASC/DCI à 1 920 x 1 080.

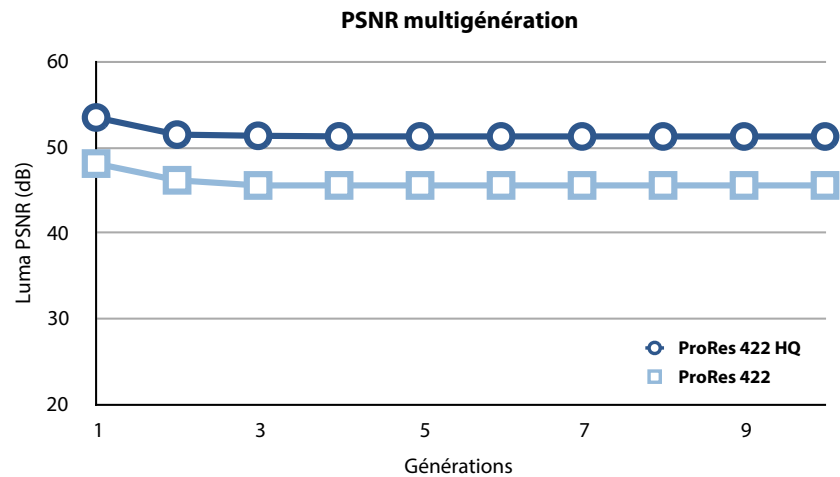
Le prochain graphique montre la même séquence présentée pour chaque codec Apple ProRes 422. Comme le révèle le graphique, il existe des différences au niveau du PSNR entre les codecs d'une même gamme et ceux d'une gamme ultérieure. Ces divergences correspondent aux débits de données comparatifs des codecs Apple ProRes 422. Le PSNR du codec Apple ProRes 422 HQ est 15-20 dB plus élevé que celui du codec Apple ProRes 422 Proxy. Cependant, le flux du codec Apple ProRes 422 HQ présente un débit de données presque cinq fois supérieur à celui du flux du codec Apple ProRes 422 Proxy. L'avantage d'une fidélité supérieure implique des fichiers plus volumineux. Il est donc crucial de sélectionner le codec de la gamme Apple ProRes en fonction de vos besoins en flux de production.

### Comparaison du PSNR – Famille Apple ProRes 422



Mesuré à l'aide d'un mini-film de matériel d'évaluation standard (StEM) ASC/DCI à 1 920 x 1 080.

En plus de refléter une bonne fidélité visuelle, la différence dans les valeurs de PSNR révèle également le niveau de qualité. Par exemple, si vous regardez la séquence d'origine utilisée dans le graphique ci-dessous, puis les versions encodées Apple ProRes 422 HQ et Apple ProRes 422 du même flux, ces trois séquences seront visuellement identiques. Cependant, la valeur PSNR plus élevée pour le codec Apple ProRes 422 HQ indique un niveau de qualité plus élevée. Ce niveau de qualité accru signifie qu'une séquence d'image peut être décodée et ré-encodée sur plusieurs générations et qu'elle sera toujours identique à l'originale, comme illustré dans le graphique ci-dessous.



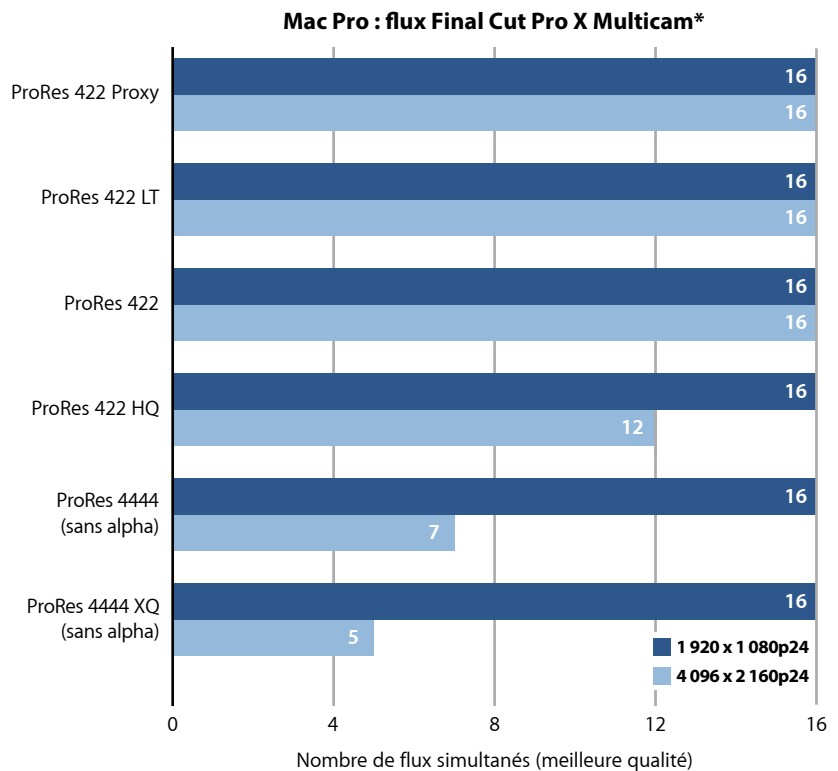
Comme le PSNR ne mesure pas de façon parfaite la fidélité d'une image compressée – aucune valeur PSNR spécifique peut garantir à 100 % qu'une image compressée ne présentera aucune différence visible avec l'originale – avoir une description qualitative d'une qualité d'image attendue pour chaque type de codec Apple ProRes est très utile. Veuillez noter que dans le graphique ci-dessous, la description qualitative pour le codec Apple ProRes 4444 (sans un canal alpha) est identique à celle pour le codec Apple ProRes 422 HQ. Ceci est dû au fait que le codec Apple ProRes 4444, même si son débit binaire cible est 50 % plus élevé que celui du codec Apple ProRes 422 HQ, utilise les bits supplémentaires pour encoder le plus grand nombre d'échantillons chromatiques en 4:4:4 au même niveau de qualité assuré par le codec Apple ProRes 422 HQ pour les sources 4:2:2.

Codec Apple ProRes	Différences visibles (1re génération)	Niveau de qualité
ProRes 4444 XQ	Quasiment aucune	Très élevé, parfait pour la finition multi-génération et les vidéo d'origine
ProRes 4444	Quasiment aucune	Très élevé, parfait pour la finition multi-génération
ProRes 422 HQ	Quasiment aucune	Très élevé, parfait pour la finition multi-génération
ProRes 422	Très rares	Élevé, idéal pour la plupart des flux de production multi-génération
ProRes 422 LT	Rares	Optimal pour certains flux de production multi-génération
ProRes 422 Proxy	Subtiles pour les images très détaillées	Bon, conçu pour le visionnage et le montage première génération

## Performances

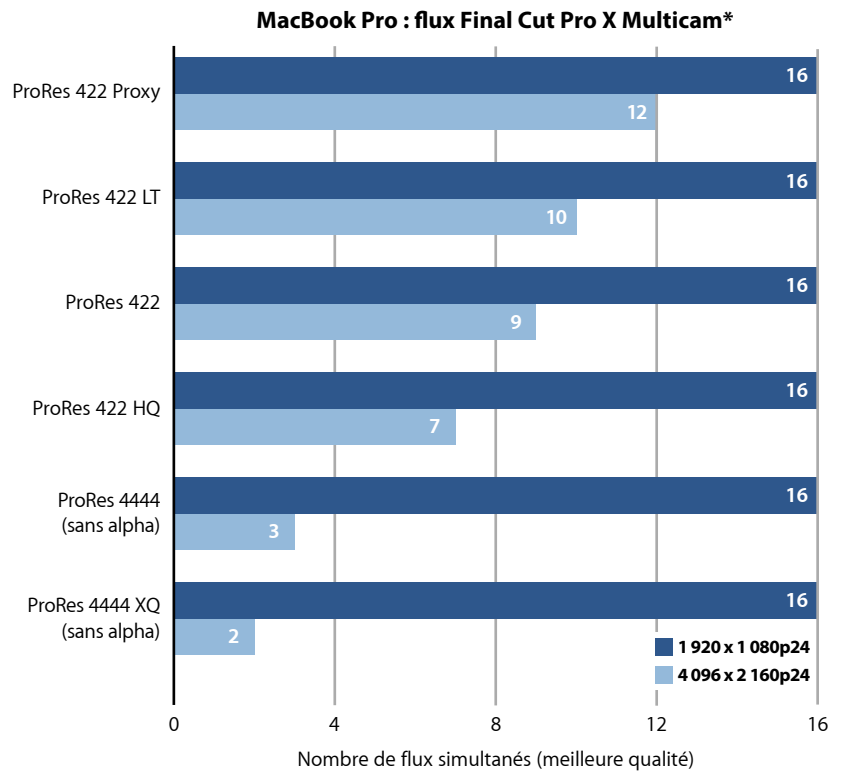
La gamme de codecs Apple ProRes est conçue pour la rapidité, car une vitesse élevée pour l'encodage et le décodage est nécessaire pour éviter tout ralentissement au niveau des flux de production.

Un décodage rapide est particulièrement déterminant pour le montage multiflux en temps réel dans Final Cut Pro X. La gamme de codecs Apple ProRes donne des résultats exceptionnels à ce sujet. Pour chaque type de codec Apple ProRes, les diagrammes suivants indiquent le nombre de flux en pleine largeur pouvant être montés simultanément en temps réel sur les ordinateurs Mac Pro et MacBook Pro. (Dans chaque diagramme, le nombre de flux 4K 4 096 x 2 160 possibles est affiché en bleu clair. Le nombre de flux HD 1 920 x 1 080 est, lui, affiché en bleu foncé.) En pratique, bien sûr, il se peut que vous n'ayez pas souvent besoin de monter cinq, six flux ou plus simultanément, mais ces diagrammes vous donnent une idée du temps de traitement disponible pour le titrage en temps réel, les effets, et autres, lorsque seulement un, deux ou trois flux sont utilisés.



\*La fonctionnalité Final Cut Pro X Multicam vous permet de visualiser jusqu'à 16 angles simultanément tout en basculant ou en effectuant des coupures d'angles en temps réel.

Test mené par Apple en mars 2014 en utilisant l'expédition d'unités Mac Pro 12 cœurs à 2,7 GHz dotés d'1 To de stockage flash, de 64 Go de mémoire RAM, d'un processeur graphique D700 FirePro AMD et d'OS X 10.9.2. Testé avec une version préliminaire de Final Cut Pro X en utilisant des plans multicam du matériel d'évaluation standard 1 920 x 1 080p24 et 4 096 x 2 160p24 ASC-DCI de 10 minutes pour chaque type de contenu. Le Mac Pro gère de façon continue les conditions thermiques et d'alimentation du système, et peut ajuster la vitesse du processeur selon les besoins afin de maintenir un fonctionnement optimal du système. Les performances peuvent varier selon la configuration du système et le contenu.



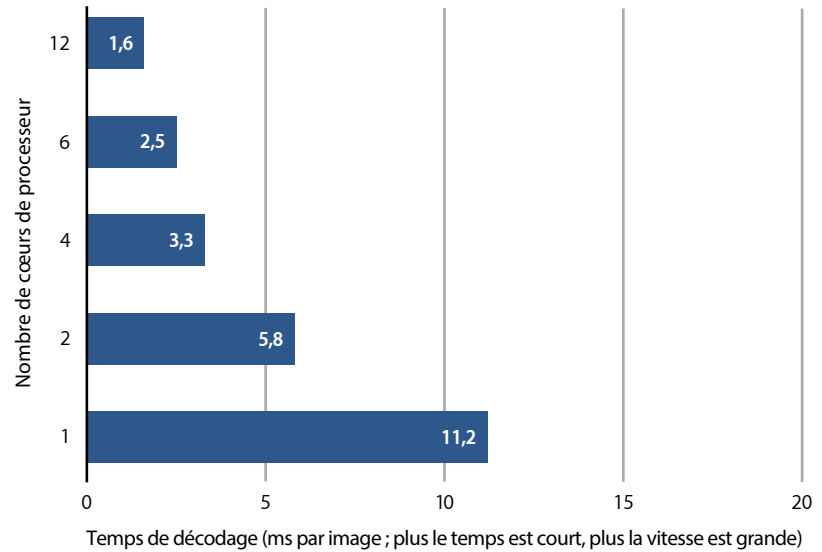
\*La fonctionnalité Final Cut Pro X Multicam vous permet de visualiser jusqu'à 16 angles simultanément tout en basculant ou en effectuant des coupures d'angles en temps réel.

Test mené par Apple en mars 2014 en utilisant l'expédition d'unités MacBook Pro 15 pouces avec écran Retina et processeur quadricœur à 2,6 GHz, dotés d'1 To de stockage flash, de 16 Go de mémoire RAM, d'un processeur graphique NVIDIA Geforce GT 750M, et d'OS X 10.9.2. Testé avec une version préliminaire de Final Cut Pro X en utilisant des plans multicam du matériel d'évaluation standard 1 920 x 1 080p24 et 4 096 x 2 160p24 ASC-DCI de 10 minutes pour chaque type de contenu. Le MacBook Pro gère de façon continue les conditions thermiques et d'alimentation du système, et peut ajuster la vitesse du processeur selon les besoins afin de maintenir un fonctionnement optimal du système. Les performances peuvent varier selon la configuration du système et le contenu.



Les ordinateurs de bureau et portables Mac actuels reposent sur un traitement multicœur, de sorte que la vitesse d'un décodeur de montage rapide doit augmenter – ce qui implique que le temps de décodage par image est réduit – à mesure que le nombre de cœurs de traitement augmente. De nombreuses utilisations de codecs dans l'industrie atteignent leurs limites et ne gagnent pas en performances lorsque des processeurs sont ajoutés, mais les codecs Apple ProRes continuent de voir leur vitesse augmenter quand des cœurs sont ajoutés, comme le révèle le diagramme suivant.

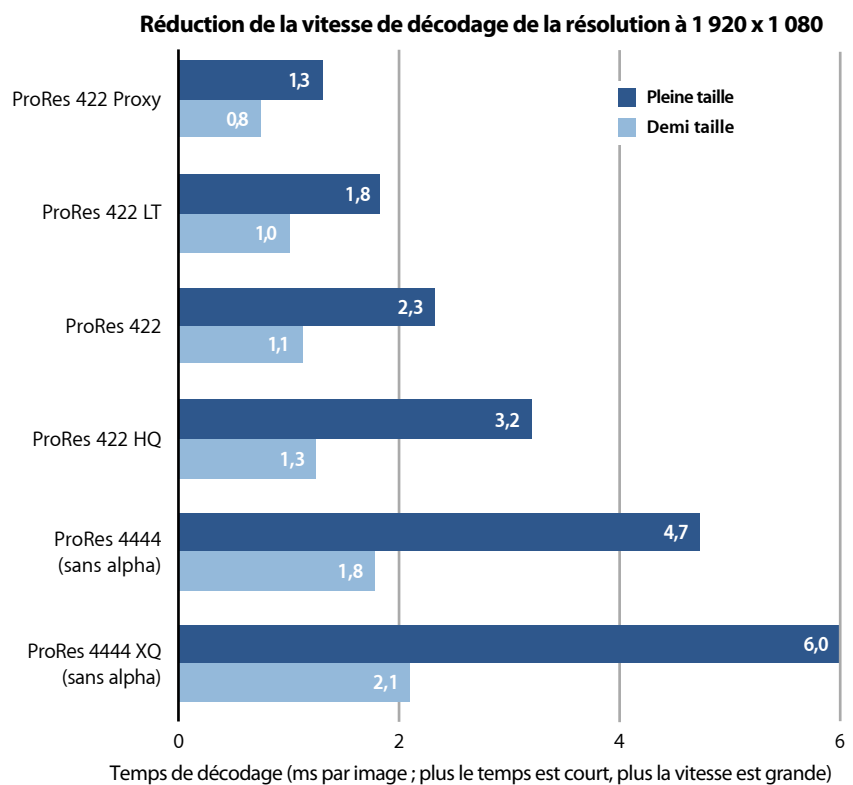
#### Échelle du multiprocesseur – Apple ProRes 422 HQ à 1 920 x 1 080



Test mené par Apple en mai 2014 à l'aide d'OS X Mavericks v.10.9.2 et d'un Mac Pro doté d'un processeur Intel Xeon 12 cœurs à 2,7 GHz. Les performances peuvent varier selon la configuration du système, le contenu et l'utilisation des outils de mesure des performances.

Les décodeurs Apple ProRes sont conçus pour fonctionner de façon particulièrement optimale en tant que codecs de montage de qualité élevée et à hautes performances pour Final Cut Pro X. Ils sont non seulement rapides pour le décodage de vidéo en taille et qualité d'image réelles, mais également plus rapides pour le décodage d'images en demi-format (1/2 de hauteur et 1/2 de largeur). Notamment pour les formats en haute résolution tels que HD et 2K, les images en demi-format offrent beaucoup de détails à l'écran pour prendre des décisions concernant le montage.

Le diagramme ci-dessous indique que le décodage en demi-format est considérablement plus rapide que le décodage en taille réelle (qui est déjà rapide), surtout pour les codecs de qualité élevée Apple ProRes. Une vitesse de décodage plus élevée signifie que davantage de temps de traitement est disponible pour décoder plus de flux ou plus d'effets en temps réel.



Test mené par Apple en mars 2014 en utilisant l'expédition d'unités MacBook Pro 15 pouces avec écran Retina et processeur quadricœur à 2,6 GHz, dotés d'1 To de stockage flash, de 16 Go de mémoire RAM, d'un processeur graphique NVIDIA Geforce GT 750M et d'OS X 10.9.2. Le MacBook Pro gère de façon continue les conditions thermiques et d'alimentation du système, et peut ajuster la vitesse du processeur selon les besoins afin de maintenir un fonctionnement optimal du système. Les performances peuvent varier selon la configuration du système, le contenu et l'utilisation des outils de mesure des performances.

Bien que la vitesse de décodage élevée constitue le principal vecteur des performances de montage en temps réel, une vitesse d'encodage élevée est également essentielle pour les étapes clés dans les flux de post-production. Tout comme les décodeurs Apple ProRes, les encodeurs de la gamme Apple ProRes ont tous été développés comme des configurations logicielles efficaces, et l'encodage rapide est obtenu par le biais de l'utilisation avisée des processeurs multicœurs. Une vitesse d'encodage élevée est indispensable pour certaines étapes et importante dans presque toutes les autres.

Pour la capture en temps réel et l'encodage Apple ProRes de signaux vidéo en bande de base (sources de signal analogue ou numérique SD ou HD), les encodeurs logiciels Apple ProRes doivent être suffisamment rapides pour suivre le rythme des images vidéo en temps réel entrantes. Pour ce faire, une carte de capture vidéo appropriée doit être utilisée. Mais à part cet élément, aucun matériel d'encodage spécialisé n'est requis pour capturer en temps réel une vidéo en bande de base aux formats Apple ProRes.

Pour le transcodage basé sur fichier de fichiers vidéo qui ont été encodé avec d'autres codecs vidéo (non Apple ProRes), le transcodage vers Apple ProRes implique le décodage de la technique de départ et le ré-encodage vers Apple ProRes. La durée de transcodage minimale totale est donc la somme du temps nécessaire pour décoder le fichier et du temps nécessaire pour le ré-encoder vers Apple ProRes. Pour certains formats de codec vidéo connus pour être extrêmement complexes et par conséquent relativement lents pour décoder des fichiers, tels que JPEG 2000 et le format de codec natif REDCODE® RAW (R3D), la durée globale de transcodage sera déterminée principalement par la durée de la procédure de décodage. Cependant, l'encodage rapide Apple ProRes permet de réduire la durée de transcodage totale.

Un encodage et un décodage rapides profitent également au rendu et à l'exportation. Le rendu des effets, dans le cadre du processus créatif ou de l'étape finale avant la sortie, consiste en fait à décoder le média source et à le ré-encoder vers le format de sortie final choisi. Lors du processus de rendu, toutes les étapes de décodage, mélange et de compositing doivent être précalculées avant d'encoder vers le format compressé défini dans votre projet Final Cut Pro X. Même si vous pouvez choisir n'importe quel codec Apple ProRes en tant que format de rendu – du Apple ProRes 422 LT au Apple ProRes 4444 XQ – et changer de codec à tout moment lors de la post-production, Final Cut Pro X utilise par défaut le rendu dans Apple ProRes 422.

Lors du rendu vers Apple ProRes, la durée de rendu totale est déterminée par la rapidité des processus de décodage et d'encodage, qui peut être considérablement plus rapide qu'avec d'autres codecs plus complexes et lents. Cet avantage en termes de rapidité peut également profiter à l'exportation de fichier à la fin d'un projet. Si vous devez diffuser la vidéo sur Internet, ou la transférer sur un DVD ou un disque Blu-ray, vous pouvez accélérer le processus d'exportation en choisissant de monter la vidéo dans Apple ProRes plutôt que dans d'autres formats professionnels, y compris le format sans compression.

## Prise en charge du canal Alpha par les codecs Apple ProRes 4444

En plus de gérer les données de pixel 4:4:4  $Y'_{C_B}C_R$  ou RVB, les types de codec Apple ProRes 4444 XQ et Apple ProRes 4444 prennent également en charge un canal alpha facultatif. La nomenclature d'échantillonnage pour ces images  $Y'_{C_B}C_R A$  ou RVBA est 4:4:4:4, pour indiquer que chaque emplacement de pixel comporte une valeur alpha (ou A) en plus des trois valeurs  $Y'_{C_B}C_R$  ou RVB. Une valeur alpha précise la proportion de ses pixels associés RVB ou  $Y'_{C_B}C_R$  qui doivent être mélangés avec le pixel à l'emplacement correspondant d'une image d'arrière-plan, ce qui a pour effet de créer une transparence variable idéale pour les flux de compositing. Contrairement aux valeurs de pixel  $Y'_{C_B}C_R$  ou RVB, les valeurs alpha ne représentent pas des échantillons d'une image réelle, ou même des échantillons d'une image générée par ordinateur, deux éléments qui sont destinés à être vus par l'œil humain.

Les valeurs alpha sont principalement des données numériques qui précisent comment mélanger, ou composer, une image d'avant-plan dans une image d'arrière-plan. C'est la raison pour laquelle les codecs Apple ProRes 4444 XQ et Apple ProRes 4444 encodent les valeurs alpha de façon exacte plutôt que de façon approximative. Ce type d'encodage exact est appelé compression « sans perte » (ou parfois « mathématiquement sans perte »). Il utilise différentes techniques d'encodage, notamment celles usitées par la gamme de codecs Apple ProRes pour les valeurs de pixel RVB ou  $Y'_{C_B}C_R$ , pour laquelle l'encodage approximatif est acceptable dans la mesure où les différences avec l'originale ne sont pas perceptibles par le public et qu'elles n'affectent pas le traitement. Les codecs Apple ProRes 4444 XQ et Apple ProRes 4444 encodent sans perte les valeurs du canal alpha de chaque profondeur de bits jusqu'à 16 bits inclus.

En résumé, les codecs Apple ProRes 4444 XQ et Apple ProRes 4444 peuvent être considérés « pratiquement sans perte visuelle » pour l'encodage de valeurs de pixel  $Y'_{C_B}C_R$  ou RVB destinées à l'affichage, mais « mathématiquement sans perte » pour l'encodage de valeurs alpha indiquant le compositing. De ce fait, le degré de qualité ou de fidélité n'est jamais mis en doute pour les canaux alpha du codec Apple ProRes 4444, car les données décodées correspondent toujours parfaitement aux originales.

Avec tous les types de compression sans perte, le débit de données varie en fonction de la quantité de détails sur l'image en cours d'encodage. C'est également le cas pour le canal alpha avec compression sans perte du codec Apple ProRes 4444. Cependant, en pratique les canaux alpha ne contiennent généralement que les informations liées aux contours d'objets. Le canal alpha facultatif ajoute d'ordinaire un faible pourcentage au débit de données global du codec Apple ProRes 4444. C'est la raison pour laquelle la présence d'un canal alpha dans un flux Apple ProRes 4444 réduit habituellement les performances de décodage et d'encodage d'environ 10 % ou moins.

# Annexe

## Débits de données cibles

Dimensions	Fréquence des images	ProRes 422 Proxy		ProRes 422 LT		ProRes 422		ProRes 422 HQ		ProRes 4444 (sans Alpha)		ProRes 4444 XQ (sans Alpha)	
		Mbit/s	Gbit/h	Mbit/s	Gbit/h	Mbit/s	Gbit/h	Mbit/s	Gbit/h	Mbit/s	Gbit/h	Mbit/s	Gbit/h
720 x 486	24p	10	4	23	10	34	15	50	23	75	34	113	51
	60i, 30p	12	5	29	13	42	19	63	28	94	42	141	64
720 x 576	50i, 25p	12	6	28	13	41	18	61	28	92	41	138	62
960 x 720	24p	15	7	35	16	50	23	75	34	113	51	170	76
	25p	16	7	36	16	52	24	79	35	118	53	177	80
	30p	19	9	44	20	63	28	94	42	141	64	212	95
	50p	32	14	73	33	105	47	157	71	236	106	354	159
	60p	38	17	87	39	126	57	189	85	283	127	424	191
1 280 x 720	24p	18	8	41	18	59	26	88	40	132	59	198	89
	25p	19	9	42	19	61	28	92	41	138	62	206	93
	30p	23	10	51	23	73	33	110	49	165	74	247	111
	50p	38	17	84	38	122	55	184	83	275	124	413	186
	60p	45	20	101	46	147	66	220	99	330	148	495	223
1 280 x 1 080	24p	31	14	70	31	101	45	151	68	226	102	339	153
	60i, 30p	38	17	87	39	126	57	189	85	283	127	424	191
1 440 x 1 080	24p	31	14	70	31	101	45	151	68	226	102	339	153
	50i, 25p	32	14	73	33	105	47	157	71	236	106	354	159
	60i, 30p	38	17	87	39	126	57	189	85	283	127	424	191
1 920 x 1 080	24p	36	16	82	37	117	53	176	79	264	119	396	178
	50i, 25p	38	17	85	38	122	55	184	83	275	124	413	186
	60i, 30p	45	20	102	46	147	66	220	99	330	148	495	223
	50p	76	34	170	77	245	110	367	165	551	248	826	372
	60p	91	41	204	92	293	132	440	198	660	297	990	445

Débits de données cibles (suite)

Dimensions	Fréquence des images	ProRes 422 Proxy		ProRes 422 LT		ProRes 422		ProRes 422 HQ		ProRes 4444 (sans Alpha)		ProRes 4444 XQ (sans Alpha)	
		Mbit/s	Gbit/h	Mbit/s	Gbit/h	Mbit/s	Gbit/h	Mbit/s	Gbit/h	Mbit/s	Gbit/h	Mbit/s	Gbit/h
2 048 x 1 080	24p	41	19	93	42	134	60	201	91	302	136	453	204
	25p	43	19	97	44	140	63	210	94	315	142	472	212
	30p	52	23	116	52	168	75	251	113	377	170	566	255
	50p	86	39	194	87	280	126	419	189	629	283	944	425
	60p	103	46	232	104	335	151	503	226	754	339	1 131	509
2 048 x 1 556	24p	56	25	126	57	181	81	272	122	407	183	611	275
	25p	58	26	131	59	189	85	283	127	425	191	637	287
	30p	70	31	157	71	226	102	340	153	509	339	764	344
	50p	117	52	262	118	377	170	567	255	850	382	1 275	574
	60p	140	63	314	141	452	203	679	306	1 019	458	1 528	688
3 840 x 2 160	24p	145	65	328	148	471	212	707	318	1 061	477	1 591	716
	25p	151	68	342	154	492	221	737	332	1 106	498	1 659	746
	30p	182	82	410	185	589	265	884	398	1 326	597	1 989	895
	50p	303	136	684	308	983	442	1 475	664	2 212	995	3 318	1 493
	60p	363	163	821	369	1 178	530	1 768	795	2 652	1 193	3 977	1 790
4 096 x 2 160	24p	155	70	350	157	503	226	754	339	1 131	509	1 697	764
	25p	162	73	365	164	524	236	786	354	1 180	531	1 769	796
	30p	194	87	437	197	629	283	943	424	1 414	636	2 121	955
	50p	323	145	730	328	1 049	472	1 573	708	2 359	1 062	3 539	1 593
	60p	388	174	875	394	1 257	566	1 886	848	2 828	1 273	4 242	1 909
5 120 x 2 160	24p	194	87	437	197	629	283	943	424	1 414	636	2 121	955
	25p	202	91	456	205	655	295	983	442	1 475	664	2 212	995
	30p	243	109	546	246	786	354	1 178	530	1 768	795	2 652	1 193
	50p	405	182	912	410	1 311	590	1 966	885	2 949	1 327	4 424	1 991
	60p	485	218	1 093	492	1 571	707	2 357	1 061	3 535	1 591	5 303	2 386

# Glossaire

**canal alpha** un canal d'informations supplémentaire qui peut être éventuellement inclus dans les images RVB et  $Y'CbCr$ . S'il est compris dans une image RVB, pour chaque valeur R, V et B qui définit un pixel, il existe une valeur A qui précise comment le pixel RVB doit être mélangé avec une image d'arrière-plan. Généralement, une valeur extrême du A correspond à 100 % de transparence et l'autre valeur extrême correspond à 100 % d'opacité. Les valeurs situées entre les extrêmes déterminent le degré d'opacité.

**codec** abréviation de *compresseur/décompresseur*. Un terme général se rapportant à l'encodeur et au décodeur.

**décodeur** un algorithme ou un système de traitement qui prend un flux binaire compressé comme entrée et restitue une séquence d'images ou vidéo comme sortie. Pour Apple ProRes, ce terme renvoie à un composant du décompresseur QuickTime qui convertit un fichier .mov encodé Apple ProRes en une séquence d'images, pour un traitement ou un affichage ultérieur.

**encodeur** un algorithme ou un système de traitement qui prend des images sans compression comme entrée et restitue un flux binaire compressé comme sortie. Pour Apple ProRes, ce terme renvoie à un composant du compresseur QuickTime qui génère un fichier .mov encodé Apple ProRes.

**format Apple ProRes** un flux binaire encodé Apple ProRes, habituellement sous la forme d'un fichier .mov, pour lequel le type de codec Apple ProRes et le format vidéo sont définis. Par exemple, un « format 1 920 x 1 080i 29,97 Apple ProRes 422 HQ ».

**format vidéo** une séquence vidéo pour laquelle la hauteur, la largeur et la fréquence d'image sont toutes les trois définies. Par exemple, un « format vidéo 1 920 x 1 080i 29,97 ».

**sans perte** un type de codec pour lequel la soumission d'une image à l'encodage, suivi du décodage produit une image qui est assurée mathématiquement d'avoir exactement les mêmes valeurs de pixel que l'originale.

**séquence d'image** un ensemble ordonné d'images qui, une fois affiché à une fréquence d'images spécifiée, est perçu par le public comme une séquence d'image animée en temps réel. Lorsqu'elle n'est pas considérée comme une « vidéo », une séquence d'image est souvent un ensemble d'images RVB (avec un canal alpha facultatif), tels que les formats de fichiers DPX, TIFF et OpenEXR.

**sans perte visuelle** un type de codec pour lequel la soumission d'une image à l'encodage suivi du décodage produit une image qui n'est pas mathématiquement sans perte, mais qui est visuellement impossible à distinguer de l'originale lorsqu'elle est affichée à côté de l'originale sur des écrans identiques.

**vidéo** une séquence d'image pour laquelle les images utilisent généralement l'espace colorimétrique  $Y'CbCr$  et les canaux chromatiques sous-échantillonnés, habituellement avec l'un des types suivants : 4:2:2, 4:2:0 ou 4:1:1.