

# Dirac

## Une solution ouverte pour la compression vidéo

Tim Borer et Thomas Davies

Département R&D de la BBC, Royaume-Uni

La distribution, la livraison et le stockage de données vidéo constituent l'activité principale des radiodiffuseurs. Dans l'univers du numérique, la compression vise une utilisation optimale des capacités de stockage et de transmission. La BBC développe actuellement une technologie de compression vidéo, économique et libre d'utilisation.

Dénommée Dirac, il s'agit d'un codec hybride, utilisant une technologie ouverte, particulièrement adapté au modèle commercial des radiodiffuseurs de service public.

Nous vivons actuellement, grâce au numérique, une révolution caractérisée par la fusion de la radiodiffusion, des télécommunications et des technologies de l'information. La *compression vidéo* se situe au cœur de ce processus. La compression est pratiquement indissociable de la vidéo pour répondre aux restrictions inhérentes à la capacité de stockage et à la largeur de bande requise par les données – qu'il s'agisse de la production, du stockage et de la distribution ainsi que de la radiodiffusion du produit fini.

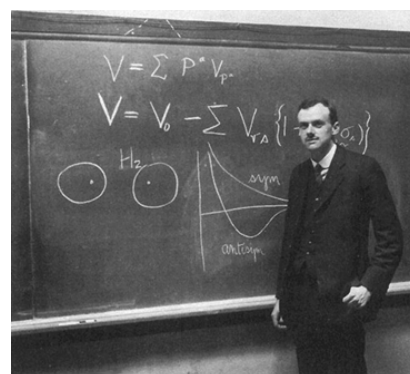
À l'extrémité supérieure de la qualité, la compression est vitale pour la TVHD et le cinéma numérique ainsi que pour la diffusion de contenus par Internet et la téléphonie mobile. La compression est omniprésente dans l'électronique grand public, notamment les lecteurs DVD, les téléviseurs numériques, les caméras vidéo, Internet et les PC. Il s'agit incontestablement d'une technologie cruciale

que les radiodiffuseurs doivent comprendre et utiliser efficacement à un prix raisonnable.

La BBC joue depuis plusieurs années un rôle d'avant-garde dans le développement de la radiodiffusion numérique. Compte tenu de son importance, la BBC a travaillé à la mise au point d'un codec de compression vidéo très performant. En mars 2004, son département R&D a lancé un logiciel expérimental de compression/décompression vidéo appelé *Dirac*. Ce codec très efficace vise diverses applications, de la TVHD à la diffusion de contenus Web. Fondé sur une technologie ouverte, il est à la disposition de toute personne ou organisme qui souhaitent l'utiliser, à quelque fin que ce soit, sans payer de droits.

Le codec doit son nom au physicien britannique, Paul Dirac. Malgré sa notoriété modeste, Dirac (1902-1984) a été l'un des scientifiques les plus importants

du XX<sup>e</sup> siècle [1][2]. En 1933, il a obtenu le prix Nobel de physique avec Erwin Schrödinger pour sa contribution à la mécanique quantique. À l'occasion de l'inauguration en 1995 d'une plaque commémorative à la mémoire de Dirac à l'abbaye de Westminster (Londres), Steven Frank Hawking – l'actuel titulaire de la chaire Lucasian de mathématiques à Cambridge (occupée en son



Paul Dirac

temps par Dirac) – déclarait : « *personne en ce siècle, à l'exception d'Einstein, n'a contribué autant que Dirac au progrès de la physique et à l'évolution de notre perception de l'univers.* »

Cet article offre un aperçu du système de compression vidéo Dirac. Il analyse les tentatives déployées dans ce domaine ainsi que les raisons sous-tendant ces travaux. Il présente les technologies et le logiciel Dirac, examine certains aspects des performances du codec et en aborde les perspectives.

## Dirac en contexte

Des données vidéo en définition standard<sup>1</sup> non compressées, qui proviennent directement de la caméra, requièrent un débit de l'ordre de 200 Mbit/s. Il est beaucoup trop important, qu'il s'agisse du stockage ou de la transmission. Le format de compression vidéo MPEG-2 [3], apparu au début des années 90, s'impose alors comme le système incontournable pour les applications de radiodiffusion. Il permet de réduire le débit binaire brut d'une caméra d'un facteur d'environ 50. MPEG-2 s'avère donc la solution pour l'adoption à grande échelle de la télévision définition standard (SDTV) et les DVD.

Le développement tous azimuts de la technologie numérique modifie aujourd'hui de toute évidence le panorama de la radiodiffusion. Nombre de nouvelles technologies, telles que la TVHD, la diffusion de contenus sur Internet et la TV/IP (TV large bande), occupent le devant de la scène. Le vénérable format de compression MPEG-2 commence à montrer ses limites. Un autre système, aux performances supérieures, est tout simplement nécessaire pour utiliser au mieux la largeur de bande disponible.

MPEG-4 Partie 2 [4], normalisée en 1999, améliore la norme précédente mais ses gains de codage de 15 à 20 % ne

justifient pas les frais indispensables pour son adoption à grande échelle.

Au cours des dernières années, d'autres technologies de compression – notamment H.264 (également connue sous le sigle AVC et MPEG-4 Partie 10) [5], Windows Media [6], Real Video [7] et On2 [8] – voient le jour, améliorant de manière substantielle les performances du format MPEG-2 initial, grâce à une réduction de 50% du débit à qualité équivalente. En d'autres termes, nous pouvons garantir la qualité diffusion multimédia en temps réel (*streaming media*) à quelques centaines de kbit/s, la qualité TV standard à environ 2 Mbit/s et TVHD à environ 10 Mbit/s.

## Technologie ouverte

L'éventail de codecs étant déjà très large, qu'est ce que Dirac apporte de plus aux radiodiffuseurs ? Il se caractérise principalement par sa *technologie ouverte*. Conçu en évitant toute violation de brevets, tout le monde peut l'utiliser sans payer de droits. Bien que cet aspect semble anodin, il pourrait avoir une incidence sur l'évolution de la technologie numérique, en particulier, son utilisation par les radiodiffuseurs de service public.

Il convient de clarifier la différence entre « normes ouvertes » et « technologie ouverte », deux concepts prêtant souvent à confusion. Les radiodiffuseurs ont toujours privilégié les normes ouvertes plutôt que les technologies propriétaires afin de bénéficier de l'interopérabilité et s'assurer ainsi un créneau sur un marché compétitif. Les normes ouvertes sont publiées et à la disposition de tous mais les développeurs et les utilisateurs sont en général redevables de royalties aux détenteurs des brevets intégrés à ces normes. Elles peuvent donc être propriétaires en ce sens que la technologie est privée et que son utilisation est payante. En revanche, la technologie ouverte favorise l'universalité et peut être utilisée gratuitement.

Le succès croissant de la diffusion de contenus vidéo via Internet impose de nouvelles exigences aux radiodiffuseurs de service public notamment à la BBC.

Contrairement à la radiodiffusion classique, le coût de distribution sur le web augmente avec le nombre d'utilisateurs. Si cela est acceptable pour un service d'abonnés, elle va à l'encontre du modèle à revenu fixe du secteur de la radiodiffusion publique. Une partie des coûts est due à la largeur de bande requise pour transmettre le contenu vidéo. La largeur peut être minimisée en utilisant un codec efficace et en adoptant des méthodes de distribution répartie telles que le *peer-to-peer* et le multicasting. Un autre aspect financier important est lié aux droits lorsqu'une technologie propriétaire est utilisée. Ces droits doivent être également acquittés dans le cas de normes ouvertes telles que MPEG. Bien que ces coûts soient gérables dans un premier temps, ils peuvent devenir prohibitifs si les radiodiffuseurs tentent de servir plusieurs millions d'utilisateurs, ou que de nouveaux services sont déployés alors qu'ils n'étaient pas prévus dans les contrats de licence initiaux.

Il est par conséquent difficile avec les technologies de codec classiques (y compris les normes ouvertes) d'intégrer le modèle de diffusion Internet utilisé par les radiodiffuseurs de service public : les droits associés à ces codecs sont en général définis dans le cadre d'une formule commerciale sur abonnement. Il est donc nécessaire de disposer d'une « technologie ouverte » pouvant être utilisée librement, sans paiement de royalties et indépendamment du nombre d'utilisateurs ou des nouveaux types de services fournis.

La question de la technologie ouverte ne se limite pourtant pas à une simple réduction des coûts pour les radiodiffuseurs. Un principe fondamental de la BBC est l'accès universel à tous ses services [9]. En d'autres termes, la BBC a l'obligation de mettre gratuitement ses contenus à la disposition du public, quelle que soit la plate-forme, sans dispositifs de verrouillage propriétaires. En outre, elle envisage de nouvelles technologies permettant notamment de télécharger la majeure partie de ses programmes pendant sept jours à compter de la première diffusion. Elle examinera ultérieurement les possibilités d'étendre cet accès au contenu de ses archives. Le déverrouillage de l'intégralité du contenu à vocation publique de la BBC consistera à le mettre à la disposi-

1. Définition standard désigne ici la radiodiffusion selon le procédé PAL utilisé en Europe, c'est-à-dire le système « 625 lignes » avec une résolution de 720 x 576 pixels.

tion du public, à l'endroit et au moment qu'il souhaite, sur toute une gamme de plates-formes telles que les réseaux large bande et *peer-to-peer* ainsi que les périphériques mobiles [9].

Contrairement à la technologie propriétaire, la technologie ouverte facilite la diffusion libre de contenus ainsi que l'exploitation du numérique. Les plates-formes de lecture de contenus vidéo seront de plus en plus variées. Les codecs propriétaires ne pourront vraisemblablement pas les prendre toutes en charge. Ceux basés sur des normes ouvertes telles que H.264 pourraient supporter de nombreuses plates-formes mais les prérequis en matière de licence restent un problème. Avec le numérique, dans un monde où la vidéo est diffusée localement dans les foyers, partagée sur des réseaux *peer-to-peer*, téléchargée et visionnée à la demande, peut-être même montée et recodée par le consommateur, de nombreux codecs seront présents dans chaque logement. Dès lors, même les frais de licence les plus modiques commencent à s'additionner, entravant l'adoption de ces nouvelles technologies.

Aspect peut-être encore plus important que les coûts, les difficultés liées à la cession des droits de licence. Beaucoup de nouvelles plates-formes – telles que les décodeurs, les caméras vidéo, les enregistreurs à disque dur, les assistants personnels et un nombre croissant de PC – utilisent le système d'exploitation à source ouverte Linux reposant sur une « technologie ouverte ». Cette tendance s'explique en partie par l'absence de contraintes en matière de licence. Le développement et l'utilisation de codecs vidéo sous Linux ont cependant été entravés par l'obligation de paiement de royalties pour ces codecs. Le principe reposant sur la source ouverte est synonyme de distribution gratuite et, par définition, exempt de tout paiement. Les principales technologies de lecture de contenus vidéo sous Linux, telles que MPlayer [10], revêtent un caractère juridique ambigu qui dissuade leur utilisation sous ce système d'exploitation. Un codec vidéo reposant sur une technologie ouverte est dès lors essentiel.

Cette « ouverture » garantit la disponibilité pérenne de la technologie. Les radiodiffuseurs dépendent de la longévité de la technologie afin de pouvoir accéder à

leurs archives. Les consommateurs souhaitent également une prise en charge continue de la technologie pour pouvoir, eux aussi, consulter leurs propres collections. De nombreux codecs propriétaires ont eu une longévité éphémère.

Pour cette raison, nous lançons un logiciel standard totalement portable (écrit en C++) qui peut être mis en œuvre sur n'importe quelle plate-forme. Dirac sera disponible pendant de nombreuses années et peut être facilement réécrit pour de nouvelles plates-formes.

Pour se convaincre de l'efficacité de la technologie ouverte, il suffit simplement de prendre le réseau Internet. La majeure partie des technologies Internet repose sur le code ouvert. Par exemple, 70% des serveurs Web utilisent le logiciel Apache basé sur une technologie ouverte. La croissance effrénée du réseau Internet au cours des dix dernières années confirme l'efficacité de cette approche. Bref, lors de la mise au point du codec Dirac, nous avons simplement tenté de reprendre la méthode appliquée avec succès au développement du réseau Internet.

## La philosophie Dirac

Le développement de Dirac en tant que technologie ouverte exige une approche différente de la conception des codecs classiques. Les normes de compression vidéo précédentes ont été mises au point sous les auspices de l'UIT et du MPEG. En général, de nouvelles normes sont développées lors de conférences réunissant les parties intéressées des secteurs industriel et académique. Cette procédure présente l'avantage de rassembler la compétence de spécialistes d'horizons très divers. Elle peut aussi présenter certains inconvénients :

- elle peut être lente et compliquée ;
- les acteurs ont intérêt à intégrer à la norme des technologies brevetées – même si cette démarche accroît la complexité ;
- la procédure aboutit à un flux normalisé et un codec de référence qui applique la norme mais s'avère inutilisable dans la pratique ;

- la conception du codeur respecte des contraintes minimalistes.

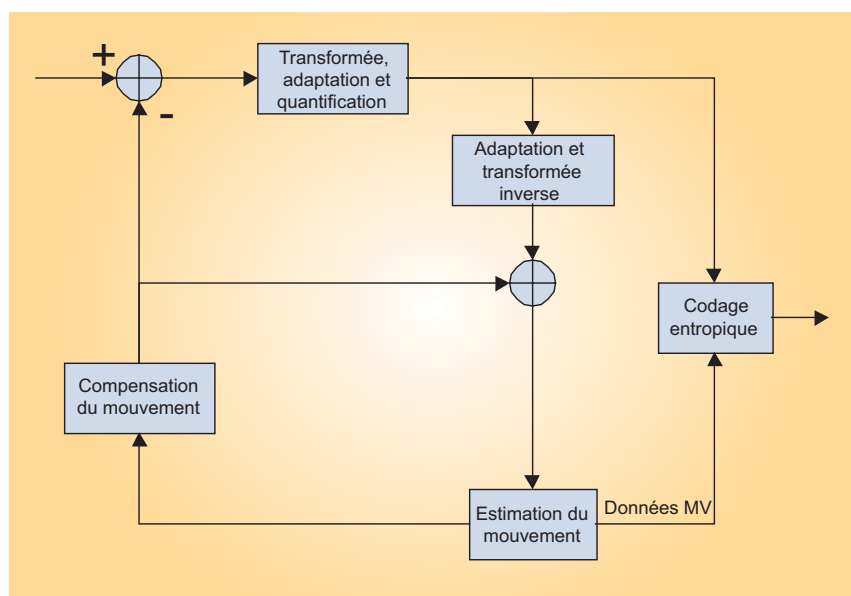
La description de Dirac comprend deux parties : une *spécification de compression* pour le flux binaire et le décodeur, et un *logiciel* pour les opérations de compression/décompression. Contrairement aux normes MPEG, le logiciel n'a pas pour vocation unique de fournir un codage et un décodage de référence, mais il constitue un prototype pouvant être librement modifié, amélioré et déployé. La mise en œuvre du décodeur vise notamment un décodage rapide tout en garantissant la compatibilité d'une plate-forme logicielle à l'autre.

Dans le cas de Dirac, le logiciel a été développé en premier. Des travaux en cours actuellement doivent permettre la convergence de l'application et de la spécification. L'approche classique consiste à développer une spécification et à la mettre en œuvre ensuite. La méthode choisie pour Dirac est plus rapide et plus souple. En accordant la priorité au développement d'une application « monde réel », on s'efforce de garantir une spécification simple et facile à mettre en œuvre.

Comme le codec Dirac repose sur une technologie ouverte, il doit être facile à comprendre et à utiliser. Le concept de base se résume en un mot : « simplicité ». De toute évidence, un codec moderne à la pointe de la technologie ne peut être que d'une grande complexité mais nous avons tenté de réduire cette dernière au maximum. Dirac devient dès lors plus simple à comprendre, plus facile à mettre en œuvre et plus aisé à optimiser pour des performances en temps réel. Une documentation détaillée est fournie, certains documents étant déjà disponibles sur notre site Web [11].

## La technologie Dirac

Dirac utilise un petit nombre d'outils choisis pour leurs performances subjectives. Bien que l'application de certaines de ses méthodes soient nouvelles dans le domaine de la compression vidéo, elles reposent sur des techniques existantes. A notre connaissance, Dirac n'enfreint aucun brevet propriétaire.



Principe du codeur (le décodeur assure les opérations inverses)

## Architecture

Dirac est un codec vidéo hybride à compensation de mouvement classique, à l'instar des normes MPEG. Le mouvement de l'image est analysé et l'information résultante utilisée pour prédire une trame ultérieure. On applique une transformée à la prédiction et les coefficients de cette transformée sont quantifiés et codés par entropie [12][13][14]. Le terme « hybride » désigne l'utilisation d'une transformée et d'une compensation de mouvement. La compensation de mouvement vise à supprimer la *redondance temporelle* tandis que la transformée sert à éliminer la *redondance spatiale*. Contrairement à la plupart des codecs, Dirac a recours à une *transformée en ondelettes* plutôt

qu'à une transformée de blocs telle que la transformée en cosinus discrète (TCD). Le codage entropique agence les bits de manière efficace dans le flux binaire. Dirac fait appel à un codage entropique plus souple et efficace appelé *codage arithmétique* [15], plutôt qu'aux habituels codes à longueur variable de Huffman.

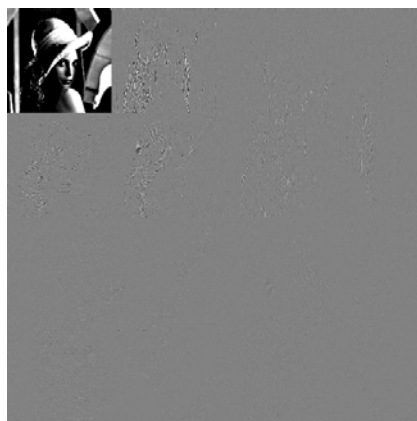
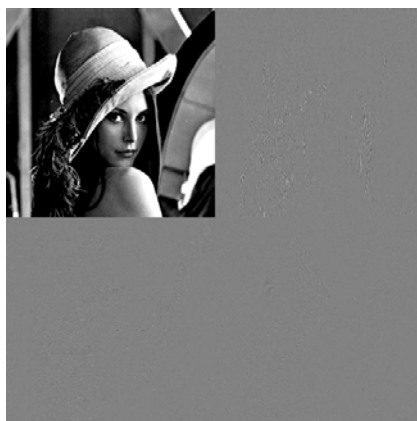
## Ondelettes

Les ondelettes se sont avérées plus efficaces que les blocs pour la compression d'images fixes. Elles sont utilisées dans la norme de compression d'images fixes JPEG2000 [16]. Les artefacts à des débits binaires restreints ont tendance à

être moins importants que ceux engendrés par les transformées de blocs. Les ondelettes agissent d'un coup sur la totalité de l'image plutôt que sur de petites zones comme c'est le cas des transformées de blocs. Dirac bénéficie donc de la souplesse nécessaire pour fonctionner à des niveaux de résolution allant de la diffusion de contenus sur Internet à la TVHD.

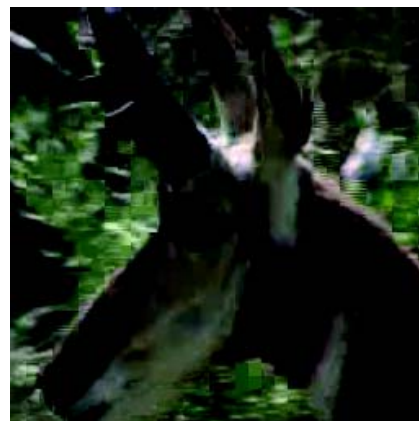
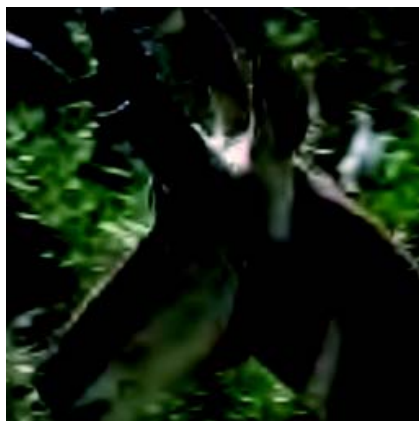
La transformée en ondelettes est obtenue par un filtrage récurrent des signaux dans les zones basses et hautes fréquences. Dans le cas de signaux bidimensionnels, le filtrage intervient à la fois horizontalement et verticalement. À chaque étape, la sous-bande basses fréquences horizontale/verticale fait l'objet d'une nouvelle division entraînant une décomposition des fréquences logarithmiques en sous-bandes.

La *figure* ci-dessous montre, à gauche, l'image initiale, au milieu le résultat après une transformée en ondelettes de premier niveau et, à droite, la même photo après une transformée en ondelettes de deuxième niveau. Sur la photo du milieu, la zone grisée représente zéro. Ainsi, bien que l'image transformée soit de la même taille que l'originale, la majeure partie de l'information est concentrée dans le coin supérieur gauche des basses fréquences. Lorsque l'on y regarde de plus près, il est possible de voir les détails dans d'autres zones de la transformée mais, bien évidemment, à un niveau nettement inférieur. La procédure insère le gros de l'information dans une partie de la transformée (coin supérieur gauche des basses fréquences), ce qui permet d'obtenir la compression.



Les étapes de la transformation en ondelettes





Original, compression DIRAC et compression MPEG 2 (de gauche à droite)

Un codage par transformée de deuxième niveau peut être appliqué pour comprimer davantage l'information. L'image de droite illustre une seconde transformée en ondelettes mais, cette fois, uniquement sur la partie supérieure gauche de la transformée du premier niveau. Bien que l'information soit plus compacte, il est possible de voir certains détails émergeant à l'extérieur du coin supérieur gauche. La même procédure peut être appliquée plusieurs fois successives pour parvenir à des niveaux supérieurs de transformée en ondelettes, mais comme les avantages diminuent, Dirac utilise uniquement une transformée en ondelettes à quatre niveaux.

La figure ci-dessus illustre la différence entre les transformées de blocs et les transformées en ondelettes. Les photos représentent des parties de trame prélevées d'une image de départ, après compression avec Dirac et MPEG-2. Le débit binaire initial de 160 Mbit/s a été compressé à 1 Mbit/s avec les deux systèmes de compression. Le débit de données a donc été réduit d'un facteur 160 ! Des artefacts de bloc sont clairement visibles sur l'image codée MPEG alors qu'ils sont inexistantes sur la photo codée Dirac. Au premier abord, l'image MPEG peut sembler plus nette mais il s'agit d'une illusion créée par le fait que l'on regarde une image fixe et non une vidéo. En réalité, les artefacts de bloc restent fixes tandis que l'image se déplace, entraînant un artefact particulièrement perturbant. Sur l'image en mouvement, la qualité de la compression Dirac est de loin supérieure.

## Codage entropique

Après la transformée en ondelettes, un codage entropique intervient pour minimiser le nombre de bits utilisé. Le secret du codage entropique consiste à utiliser un nombre variable de bits pour les différentes valeurs. En principe, nous utilisons huit bits pour définir la luminosité d'un pixel. Avec la transformée en ondelettes, nous constatons que nombre de ces valeurs sont approximativement égales à zéro.

Si nous n'utilisons qu'un seul bit pour indiquer une valeur zéro, nous avons du coup besoin d'un nombre nettement inférieur de bits pour stocker la transformée. Cette technique ne fonctionne bien sûr qu'après une transformée en ondelettes car la photo de départ renferme peu de valeurs égales à zéro. Se reporter à [12] pour de plus amples informations.

Dirac utilise pour le codage entropique une technique évoluée, à la fois souple et efficace, appelée « codage arithmétique » [12]. Les valeurs différentes de zéro dans les sous-bandes hautes fréquences de la transformée en ondelettes (et il y en a lorsqu'on y regarde de plus près) occupent souvent la même position sur l'image que celles dans les sous-bandes basses fréquences. Il existe donc des corrélations statistiques entre les sous-bandes. Dirac établit des modèles statistiques de ces corrélations et un codage arithmétique permet ensuite de les exploiter au mieux afin d'obtenir une meilleure compression [17].

L'information de mouvement estimée au niveau du codeur fait également l'objet d'une modélisation statistique et d'un codage arithmétique en vue d'être compressée en un nombre minimum de bits possibles. Ces données compressées sont intégrées à un flux binaire qui sera utilisé par le décodeur en tant qu'élément de la vidéo compressée.

## Compensation de mouvement

Dirac utilise la compensation de mouvement, à l'instar de nombreux autres systèmes, afin de parvenir à une bonne compression [11]. Pour éviter les artefacts de bloc caractéristiques d'autres codecs, il évalue le mouvement à l'aide de blocs chevauchants. Dirac prend également en charge les estimations globales de mouvement permettant de spécifier les déplacements de la caméra (panoramiques et zooms) en quelques octets et de réduire ainsi le débit binaire.

Lorsque les débits binaires sont faibles, il peut être utile de prédire simplement une trame en utilisant uniquement l'information de mouvement sans transmettre de coefficients d'ondelettes. Une méthode encore plus radicale consiste à prédire qu'une trame sera semblable à la précédente. Ces techniques, prises en charge par Dirac, peuvent offrir des réductions substantielles du débit binaire lorsqu'une qualité moyenne est requise, comme dans le cas de la diffusion de contenus sur Internet.

## Flux binaire

La syntaxe du flux binaire est tout à fait différente de celle du codage MPEG classique. La mise au point d'un nouveau codec a permis de développer une nouvelle syntaxe tout en exploitant et en incorporant certaines des meilleures fonctionnalités de la syntaxe MPEG en proposant une structure plus simple, plus cohérente et plus facile à utiliser. Nous sommes parvenus à intégrer de nouvelles fonctionnalités inexistantes dans MPEG (ex. : numéros de trame uniques) et à en supprimer d'autres devenues obsolètes (ex. : paramètres colorimétriques de la TVHD). Par exemple, chaque trame d'un flux Dirac indique l'emplacement des trames suivante et précédente dans le flux.

Cette fonctionnalité, inhabituelle dans les systèmes de compression, permet aux logiciels utilisant Dirac de naviguer beaucoup plus facilement dans le flux binaire. La simplicité de navigation dans le flux permet le montage de vidéo compressée. Les applications qui utilisent des codecs plus anciens ne prennent pas en charge cette fonctionnalité, (par exemple MPEG-2), ils requièrent en conséquence des logiciels plus complexes et affichent des performances réduites.

## Mise en œuvre

Le logiciel Dirac est écrit en C++, un langage connu et à la portée de tous. Le C++ se prête parfaitement à ce genre d'application et permet à Dirac de fonctionner sous les systèmes d'exploitation les plus répandus. Dirac a été testé sous Windows, Linux, Apple et d'autres plates-formes.

Bien que le code soit rédigé en C++, une interface de programme d'application (API) a été conçue en C, langage classique utilisé à cette fin, pour permettre aux différents composants du logiciel de fonctionner harmonieusement. L'API, qui est aussi simple que possible, assure une intégration directe de Dirac dans les lecteurs, les outils de traitement vidéo et les applications de diffusion de contenus.

## Performances de Dirac

Dirac est conçu pour obtenir de bonnes performances subjectives grâce à quelques outils reposant sur des critères psychovisuels. La modélisation psychovisuelle intervient uniquement au niveau du codeur – il n'existe aucune matrice de quantification comme dans le cas des codecs MPEG-2 ou H.264 FRExt. Il sera dès lors possible de procéder à la mise en œuvre de Dirac avec plus de liberté et, par voie de conséquence, de disposer d'une marge de manœuvre plus grande pour améliorer ses performances.

Contrairement à la majorité des codecs, Dirac n'a pas été conçu pour optimiser le rapport signal de crête/bruit. La corrélation entre ce rapport et la qualité subjective des images compressées n'est pas bonne, notamment lorsque les débits binaires sont faibles. Dirac tente plutôt d'améliorer la qualité en se concentrant davantage sur des erreurs graves et en accordant moins d'importance aux erreurs dans les hautes fréquences comme, par exemple, au niveau du contour des objets ou dans les zones texturées qui sont moins perceptibles. Bien que la métrique de qualité de Dirac soit simple, elle affiche une efficacité surprenante.

Étant donné que Dirac n'a pas été mis au point pour optimiser le rapport signal de crête/bruit, les mesures des performances sur cet aspect précis, par rapport à celles des autres codecs, ne sont pas représentatives. Un examen poussé indique qu'en dépit de la simplicité de ses outils, Dirac est très comparable aux autres codecs à la pointe de la technologie tels que H.264.

La relative simplicité de Dirac et la sobriété de son architecture sont synonymes de hautes performances. En principe, il devrait permettre des applications plus simples et plus efficaces que ses concurrents, se prêtant parfaitement à une utilisation sur des plates-formes mobiles telles que les téléphones portables et les assistants numériques personnels. Ce type de mises en œuvre est cependant subordonné à un effort d'optimisation considérable auquel le projet s'attelle actuellement.

Début 2005, Dirac a permis la lecture de contenus vidéo jusqu'à 1 Mbit/s, en temps réel, sur un PC tournant sous Windows ou Linux. Il était ainsi possible d'obtenir une qualité proche de celle des radiodiffusions de qualité standard, nettement suffisante pour la diffusion de contenus Internet. La vitesse de lecture augmentera au fur et à mesure que nous optimiserons le logiciel. Des améliorations considérables de la vitesse de décodage sont possibles si nous exploitons la puissance de traitement des accélérateurs graphiques comme le font d'autres codecs.

## Perspectives

Bien que Dirac ait démontré ses capacités à fournir, en temps réel, un contenu de bonne qualité sur toute une série de plates-formes, le codec est toujours en phase de développement. Nous espérons qu'il fera l'objet d'améliorations substantielles au cours des prochains mois. Nous pensons notamment à une amélioration de la spécification [11] ainsi qu'à sa convergence avec le logiciel. Dirac est déjà pris en charge, à titre expérimental, par un certain nombre de lecteurs média, y compris Windows Media Player, et cette tendance se poursuivra. Par la suite, nous espérons une normalisation de Dirac par un organisme officiel, même si la spécification et la technologie sont déjà à la disposition de tous.

Alors que les codecs basés sur une transformée de blocs arrivent à la fin de leur cycle de développement, Dirac n'en est qu'à ses débuts. L'utilisation d'ondelettes et de niveaux variables de transformée montre que Dirac offre de très bons résultats sur tout un éventail de débits binaires et de tailles d'image. Le codage arithmétique est une garantie d'efficacité qui tient compte des propriétés statistiques du signal. Les fonctionnalités telles que la configuration des mouvements globaux et les limiteurs de trames prennent en charge des images de qualité supérieure à de faibles débits binaires. Nous venons à peine de commencer à exploiter ces techniques déjà mises en œuvre dans le flux binaire. Des améliorations substantielles des performances sont plus que probables.

## Résumé

Dirac est un système de compression vidéo générique à la pointe de la technologie. Il garantit de bonnes performances en utilisant des techniques modernes telles que les transformées en ondelettes et le codage arithmétique. Il en est au début de son cycle de développement et possède un potentiel d'amélioration significatif. Il repose sur une technologie ouverte, à la disposition de tous, qui répond aux exigences des radiodiffuseurs de service public et qui offre la possibilité aux consommateurs d'utiliser la technologie numérique.

## Remerciements

Les auteurs saluent l'enthousiasme et le soutien de l'équipe Dirac de la BBC ainsi que de tous ceux qui ont contribué au développement de ce projet ouvert. Sans eux, Dirac n'aurait jamais vu le jour.

## Références

- [1] Biographie de Paul Dirac : <http://www.iop.org/diracbio.htm>
- [2] Biographie de Paul Dirac : <http://nobelprize.org/physics/laureates/1933/dirac-bio.html>
- [3] Organisation internationale de normalisation : MPEG-2, ISO/IEC 13818-2 <http://www.iso.org/iso/fr/>
- [4] Organisation internationale de normalisation : MPEG-4 Part 2, ISO/IEC 14496-2 <http://www.iso.org/iso/fr/>
- [5] Paola Sunna : AVC/H.264 – Un système de codage vidéo évolué pour la HD et la SD  
UER – Revue technique, sélection 2005
- [6] Microsoft Windows Media : <http://www.microsoft.com/windows/windowsmedia>

- [7] RealVideo : <http://www.reálnetworks.com/products/codecs/realvideo.html>
- [8] On2 / vp7 : <http://www.on2.com/vp7.php>
- [9] Review of the BBC's Royal Charter, mai 2005 : [http://www.bbc.co.uk/thefuture/pdfs/green\\_paper\\_response.pdf](http://www.bbc.co.uk/thefuture/pdfs/green_paper_response.pdf)
- [10] Mplayer : <http://www.mplayerhq.hu>
- [11] Page internet de Dirac : <http://dirac.sourceforge.net>
- [12] Mohammed Ghanbari : **Standard Codecs - Image Compression to Advanced Video Coding**  
Institution of Electrical Engineers, 2003, ISBN: 085296710  
<http://www.iee.org/Publish/Books/index.cfm>
- [13] Ian Richardson : **Video Codec Design - Developing Image and Video Compression Systems**  
John Wiley and Sons Ltd, 2002, ISBN: 0471485535  
<http://www.wiley.com/WileyCDA/Section/index.html>
- [14] Ian Richardson : **H.264 and MPEG-4 Video Compression -**
- Video Coding for Next-Generation Multimedia**  
John Wiley and Sons Ltd, 2003, ISBN: 0470848375  
<http://www.wiley.com/WileyCDA/Section/index.html>
- [15] I.H. Witten, R.M. Neal et J.G. Cleary : **Arithmetic Coding for Data Compression**  
Communications of the ACM, Vol. 30, n° 6, pp. 520 - 540, juin 1987.
- [16] JPEG2000 : <http://www.jpeg.org/jpeg2000/>
- [17] G.G. Langdon et J. Rissanen : **A double-adaptive file compression algorithm**  
IEEE Trans., Comms. Vol. COM-31, n° 11, pp. 1253 - 1255, 1983  
<http://www.ieee.org/portal/site>



**Tim Borer**, ingénieur de recherche principal au département R&D de la BBC, est le chef du projet Dirac. Titulaire d'un doctorat en traitement vidéo (1992), il travaille depuis plus de 20 ans dans l'industrie de la radiodiffusion, à la BBC, Snell & Wilcox et Leitch. Ses domaines d'activités portent notamment sur les traitements vidéo, la compensation du mouvement, les conversions de normes vidéo et la compression aussi bien matériel que logiciel. Il a déposé pas moins d'une douzaine de brevets.

Ingénieur de recherche senior au département R&D de la BBC, **Thomas Davies**, est le principal développeur des algorithmes du projet Dirac. Après l'obtention d'un doctorat en mathématique et quelques années d'activités dans l'industrie des réseaux de communication et satellite, il est recruté à la BBC en 2000. Outre ses travaux sur les systèmes de codage et les algorithmes de compression vidéo, son champ d'activité à la BBC porte également sur les caméras numériques radiocommandées, la modulation OFDM, le codage pour le contrôle d'erreur et l'évaluation de la qualité vidéo.

