

CHAPITRE 1

LE TRANSPORT DE SÉQUENCES H.264

Au chapitre précédent, nous avons décrit sommairement la norme de codage H.264. Dans ce chapitre, il sera question des considérations de transport d'une séquence H.264 sur des réseaux peu fiables. La norme H.264 inclut plusieurs mécanismes permettant d'améliorer la résilience aux erreurs et l'empaquetage d'une séquence vidéo encodée.

Tout d'abord, la notion de ~~tranches, décrites~~ tranche, décrite au chapitre précédent, est revisitée, à la section 1.1, mais cette fois, dans l'optique du transport sur des réseaux peu fiables. Par la suite, à la section 1.2, nous présentons des algorithmes de dissimulation de paquets perdus. Après quoi, d'autres approches de résilience aux erreurs sont décrites : l'ordonnancement flexible de macroblocs, à la section 1.3, ainsi que les ensembles de paramètres, à la section 1.4. Finalement, aux sections 1.5 et 1.6, des notions en lien avec la réseautique sont présentées, soit la couche d'abstraction réseau et la hiérarchie protocolaire RTP/UDP/IP.

1.1 Les tranches

Nous avons déjà mentionné, lors de notre description de la norme H.264, la notion de ~~tranches. Soit~~ tranche. On définit une tranche comme un regroupement de macroblocs encodés indépendamment du contenu des autres ~~tranches~~ macroblocs de la trame. En ce qui a trait à la résilience aux erreurs, l'usage de tranches offre deux avantages intéressants : empêcher la propagation d'erreurs et réduire les données manquantes lors de la perte de paquets. La séparation du contenu de la trame en plusieurs paquets fait en sorte que si un de ceux-ci est perdu, ce n'est pas la trame entière qui est perdue, mais seulement le contenu de la tranche manquante. Typiquement, l'assignation des macroblocs à une tranche se fait par un ordonnancement séquentiel de gauche à droite et du haut vers le bas (*raster*). Comme illustré à la figure 1.1, où les 99 macroblocs d'une trame QCIF sont regroupés à l'intérieur de trois tranches.

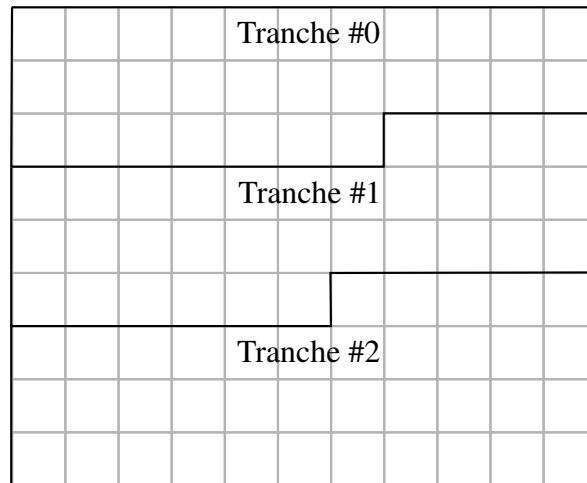


Figure 1.1 Séparation des macroblocs d'une trame QCIF en trois tranches.
Adaptée de Wiegand et al. (2003, p. 556)

Cependant, il y a des désavantages reliés à l'usage des ~~trame~~tranches. Premièrement, les résultats des prédictions sont parfois moins précis, vu qu'elles sont restreintes à utiliser uniquement le contenu de la tranche. Par exemple, le bloc offrant la meilleure prédiction pourrait être à l'extérieur de la tranche. Deuxièmement, les tranches augmentent le ratio de données d'entête par rapport aux données vidéo. Comme ~~présentée~~présenté à la section 1.6, chaque tranche doit avoir un entête NAL, ainsi que les entêtes des protocoles RTP, UDP et IP.

[SC]: réduit les délais de quoi puisqu'à la fin il faut les attendre ?

Le regroupement de macroblocs à l'intérieur de tranches permet aussi d'envoyer ces dernières séparément. De plus, la norme H.264 prévoit la notion d'ordonnancement arbitraire des tranches (*Arbitrary Slice Order (ASO)*). L'ASO permet la transmission des tranches dans le désordre~~ordre~~. Ceci réduit considérablement les délais sur des réseaux, où il n'y a pas de garantie de l'ordre de livraison des paquets,

tels les réseaux IP (Sullivan et Wiegand, 2005).

1.2 Dissimulation d'erreurs dans le décodeur H.264

La perte de paquets est omniprésente sur les réseaux peu fiables. Soit parce que ceux-ci ne se rendent pas à destination dans les délais requis, ou parce qu'ils sont endommagés lors du transport. Le décodeur inclus dans le logiciel de référence H.264/AVC JM offre deux options de dissimulation de tranches manquantes : le calque de la trame¹ et le calque des vecteurs de mouvement².

[SC]: calque de tranche ou de trame ?

Comme son nom l'indique, le calque de la trame remplace une trame corrompue par la trame qui la précède. S'il y a plus d'une tranche par trame, alors le remplacement s'effectue au niveau de la tranche manquante. Tandis que les autres tranches de la trame sont intactes. Cette approche a deux avantages : le premier est sa facilité d'implémentation, et le deuxième est [son](#) efficacité lorsqu'il y a peu de variation entre les trames. La figure 1.4 illustre un exemple où la deuxième tranche d'une trame est corrompue, le décodeur la remplace par la deuxième tranche de la trame qui la précède.

Une autre approche de dissimulation employée par le décodeur inclus dans le logiciel de référence H.264/AVC JM est le calque des vecteurs de mouvement, comme illustré à la figure 1.3. Cette approche repose sur la corrélation temporelle des vecteurs de mouvement, proposée par Wu et Boyce (2006). Lorsqu'une tranche est endommagée, les vecteurs de mouvement de la tranche correspondante, dans la trame précédente, sont réutilisés. ~~Ce qui~~ [Cela](#) a pour effet de perpétuer le mouvement. Selon Wu et Boyce, cette approche est plus efficace que le calque de la trame lorsqu'il y a du mouvement entre la trame précédente et la trame erronée.

1. Traduction employée dans cet ouvrage pour l'expression *slice copy*.

2. Traduction employée dans cet ouvrage pour l'expression *motion copy*.

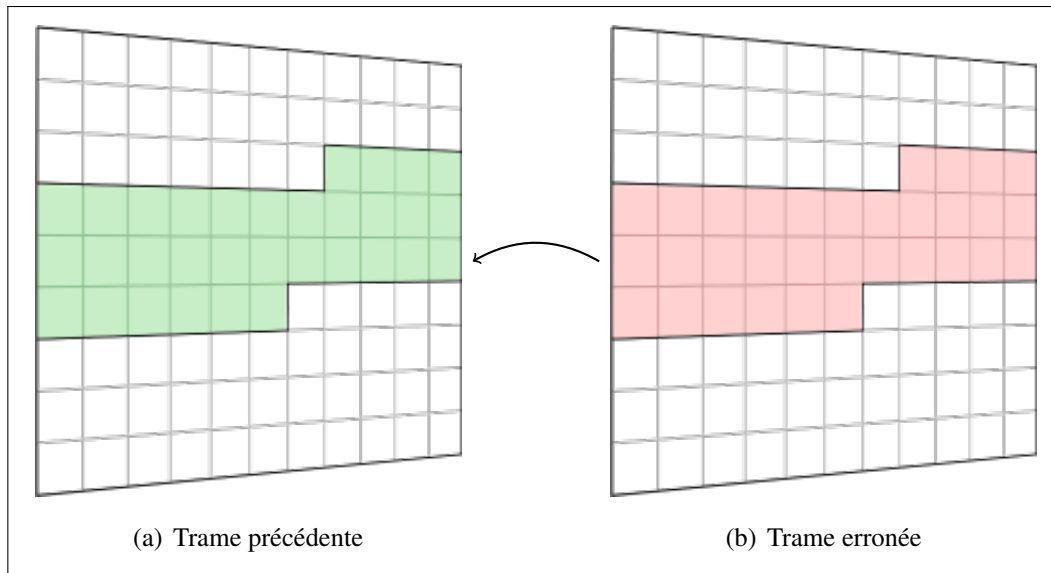


Figure 1.2 Visualisation du calque d'une tranche.

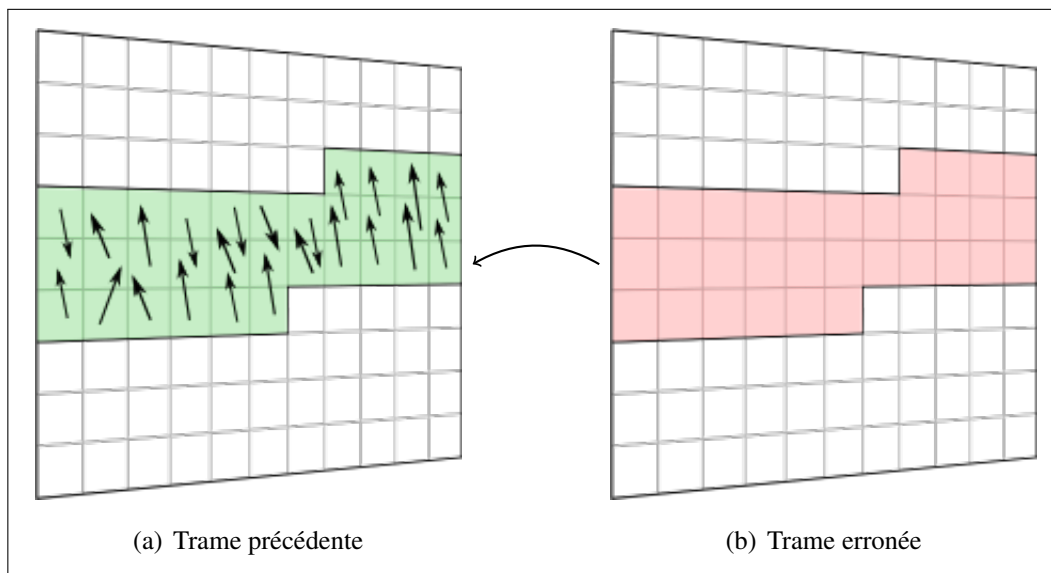


Figure 1.3 Visualisation du calque des vecteurs de mouvement.

1.3 L'ordonnement flexible de macroblocs

Comme ~~mentionnées~~mentionné à la section précédente, seules les tranches endommagées sont dissimulées. Pour améliorer l'efficacité de l'algorithme de dissimulation, la norme H.264 prévoit la possibilité de changer l'ordonnancement des macroblocs à l'intérieur d'une trame.

Ce concept se nomme ordonnancement flexible de macroblochs (*Flexible Macroblock Ordering (FMO)*). Cette technique permet un meilleur contrôle sur la répartition des macroblochs dans les tranches. ~~De~~ sorte à mieux disperser les pertes à travers l'image afin ~~et ainsi~~ d'augmenter l'efficacité de la dissimulation.

La figure 1.1 montre l'ordonnancement typique d'une séquence H.264. Il existe plusieurs types d'~~ordonnancement~~ ordonnancements flexibles. À titre d'exemple, nous présentons aux figures 1.4(a) et 1.4(b) les ordonnancements de macroblochs dispersé et entrelacé. Tous deux illustrent la répartition des macroblochs d'une trame séparée en deux tranches.

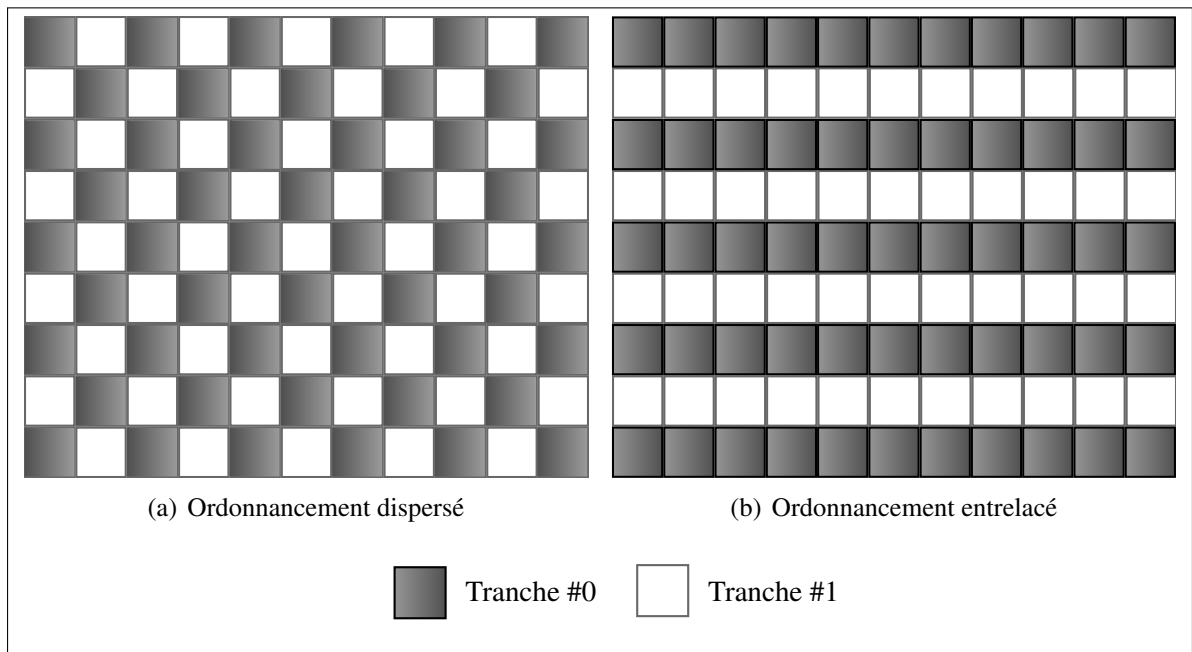


Figure 1.4 Exemples d'ordonnancements flexibles de macroblochs pour des trames QCIF séparées en deux tranches.

L'ordonnancement dispersé (1.4(a)) ressemble à un damier, où les cases alternent d'une tranche à une autre. Ceci fait en sorte que les quatre voisins d'un macrobloc sont des macroblochs provenant d'autres tranches. Un exemple de la détérioration visuelle issue du décodage d'une tranche corrompue contenue dans une trame avec un ordonnancement de type dispersé est présenté à la figure 1.5.



Figure 1.5 Exemple de la détérioration visuelle issue du décodage d'une tranche corrompue contenue dans une trame avec un ordonnancement de type dispersé.

Pour sa part, l'ordonnancement entrelacé (1.4(b)) regroupe les macroblocs en rangées. Celles-ci sont séquentiellement assignées aux tranches de la trame. Lorsqu'utilisé avec le calquage de tranche, cet ordonnancement permet de conserver la corrélation spatiale horizontale des macroblocs, au détriment de la corrélation spatiale verticale. Dans le contexte de notre exemple, une telle approche de dissimulation fait en sorte que la moitié des rangées de macroblocs de la trame proviennent de la trame précédente. Un exemple de la détérioration visuelle issue du décodage d'une tranche corrompue contenue dans une trame avec un ordonnancement de type entrelacé est présenté à la figure 1.6.



Figure 1.6 Exemple de la détérioration visuelle issue du décodage d'une tranche corrompue contenue dans une trame avec un ordonnancement de type entrelacé.

1.4 Les ensembles de paramètres

La notion d'ensembles de paramètres (*Parameter sets*) augmente considérablement la résilience aux erreurs, lors du transport d'une séquence H.264. Ces améliorations sont obtenues par la séparation des paramètres d'encodage du contenu encodé. En ce qui concerne les normes antérieures, les paramètres de codages sont souvent inclus dans les mêmes paquets que le contenu encodé, ce qui augmente la taille des paquets ~~les rend~~, les rendant ainsi plus susceptibles d'être erronés. De plus, l'information répétée dans chaque paquet en augmente considérablement les risques de corruption. Grâce à cette séparation, il est possible de transmettre ces paramètres de façon plus fiable, afin de s'assurer ~~leurs réceptions~~ leur réception sans erreur. Ils peuvent être aussi transmis plus tôt, afin de compenser les délais de transport. La norme H.264 prévoit deux types d'ensembles de paramètres : les paramètres de séquences et les paramètres d'images. Ceux-ci sont présentés à la figure 1.7.

Premièrement, il y a les ensembles de paramètres de la séquence, ~~ceux-ci~~, Ceux-ci sont des paramètres généraux qui régissent la séquence dans son ensemble. Parmi les paramètres de la séquence, on retrouve : la largeur et la hauteur, en pixels, de la séquence ainsi que le nombre de trames de référence requises pour le décodage.

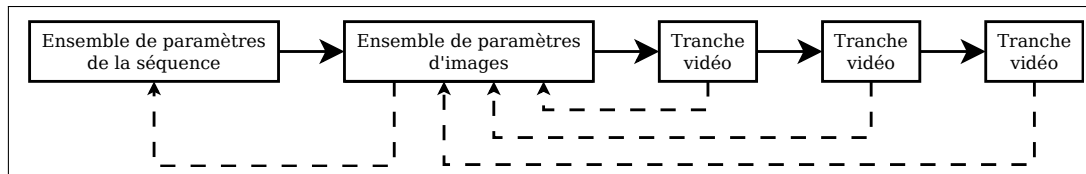


Figure 1.7 Liens entre les tranches, les ensembles de paramètres d'images et ceux de la séquence. Adaptée de Superiori et Nemethova (2006, p. 53)

Deuxièmement, il y a les ensembles de paramètres d'image, ~~ils~~ qui régissent une ou plusieurs trames de la séquence. Parmi les paramètres d'image, on retrouve : un identificateur des paramètres de séquences associés à ces paramètres d'images, un identifiant permettant d'identifier l'encodage entropique utilisé et le paramètre de quantification.

1.5 La couche d'abstraction réseau

La norme H.264 sépare les notions de codage vidéo de celles du transport en deux couches distinctes, comme illustré à la figure 1.8. La couche de codage vidéo (*Video Coding Layer (VCL)*) est conçue pour être indépendante du canal de transmission. Cette couche est présentée en détail dans notre chapitre sur H.264. La couche d'abstraction réseau (*Network Abstraction Layer (NAL)*) a pour responsabilité d'adapter le contenu de la VCL selon les caractéristiques du canal de transmission afin d'être empaquetée dans des unités NAL. Grâce à cette couche, la norme H.264 peut être adaptée au transport sur les réseaux de type : RTP/UDP/IP, H.324/M, MPEG-2 ~~Transport~~ TS et H.320 (Wenger, 2003).

Une unité NAL (*NAL unit*) est le nom donné à paquet logique dont le but est de contenir le contenu provenant de la VCL. Une unité NAL combine un entête NAL et une séquence d'octets utiles (*Raw Byte Sequence Payload (RBSP)*). Ces octets sont ceux issus de l'encodage d'une séquence H.264.

[LT]: Faire le lien avec le chapitre sur H.264

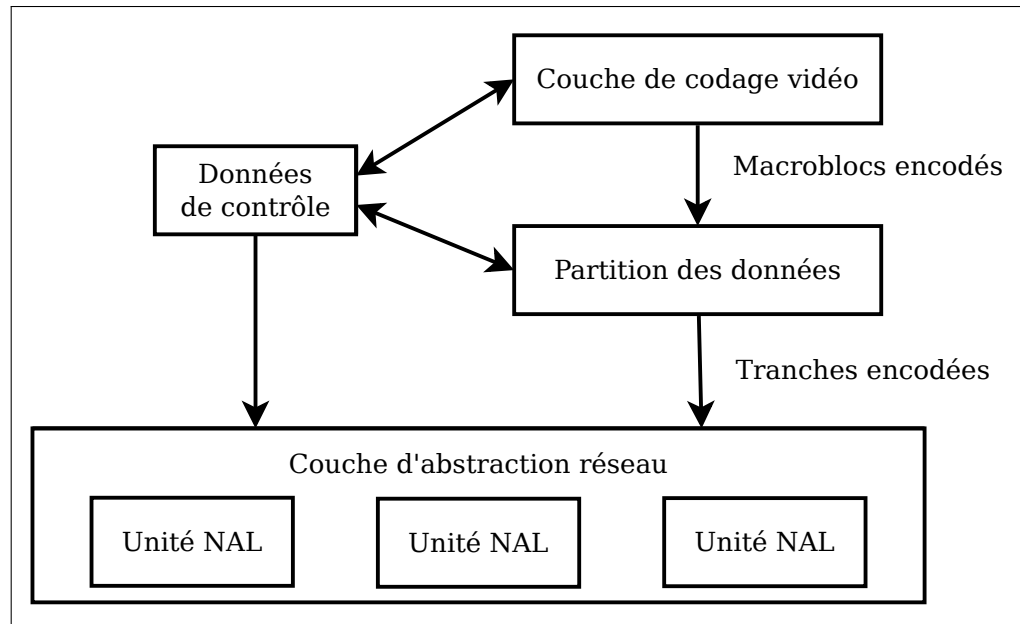


Figure 1.8 Liens entre les tranches, les ensemble de paramètre d'image et de la séquence.
Adaptée de Superiori et Nemethova (2006, p. 53)

[SC]: Je ne vois pas les paramètres d'image et de séquence dans la figure

1.6 La hiérarchie protocolaire RTP/UDP/IP

La hiérarchie protocolaire majoritairement utilisée pour la consultation de flux vidéo (*streaming*) et la vidéophonie est RTP/UDP/IP (Wenger, 2003). De par son nom, elle identifie les protocoles utilisés aux couches trois, quatre et cinq des sept couches du modèle OSI (Zimmermann, 1980), comme illustrées à la figure 1.9. De plus, à la figure 1.10, nous présentons l'encapsulation d'une unité NAL pour la hiérarchie protocolaire RTP/UDP/IP. Le nombre d'octets requis par chaque entête y est aussi indiqué. Ceci nous indique le fardeau binaire lié à l'encapsulation, soit 40 octets.

Le plus grand avantage d'utiliser le protocole Internet (*Internet Protocol (IP)*) est son omniprésence dans le domaine des télécommunications (Smith et Collins, 2007). Ce protocole est supporté, non seulement par l'ensemble des ordinateurs modernes, mais aussi par une panoplie d'appareils portables, tels les tablettes, les téléphones intelligents ainsi que les décodeurs numériques. Proprement dit, le protocole IP permet d'acheminer des paquets d'un

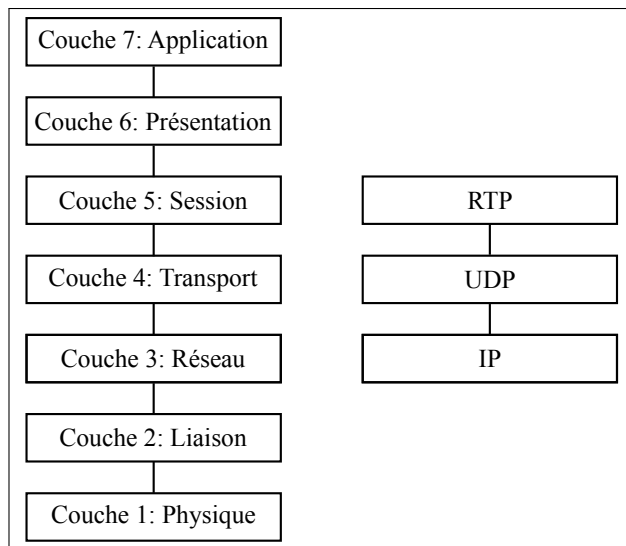


Figure 1.9 Hiérarchie protocolaire RTP/UDP/IP et les couches du modèle OSI
Adaptée de Smith et Collins (2007, p. 339)

Entête IP	Entête UDP	Entête RTP	Unité NAL
20 octets	8 octets	12 octets	1 octet pour l'entête, de 100 octets à 64 kb pour le contenu

Figure 1.10 Données d'entêtes des protocoles IP, UDP, RTP pour l'encapsulation d'une unité NAL.

routeur à une autre, à travers le réseau, en direction de la destination appropriée définie par l'adresse de destination IP contenue dans l'entête IP. Cependant, le protocole IP ne fournit aucune protection contre la perte ou la corruption de paquets. Notons aussi que le protocole IP ne fournit pas d'information sur l'ordre de reconstruction des paquets. Pour ce faire, il faudra avoir recours à des protocoles des couches supérieures.

Le protocole de *datagramme* utilisateur (*User Datagram Protocol (UDP)*) réside à la couche quatre du modèle OSI. Il régit un service, simple, de transport de *datagrammes* sans pour autant en garantir la bonne livraison. Contrairement à d'autres protocoles de la couche transport, on note l'absence d'un mécanisme permettant, la validation des *datagrammes* reçus par le destinataire et leur retransmission au besoin. Ce mécanisme n'étant pas souhaitable dans

nos conditions de transport, car il ajouterait un fardeau additionnel sur le réseau et dans certains cas, ne permettrait pas de respecter la contrainte temps réel (Wenger, 2003). Toutefois, une somme de contrôle (*checksum*) est incluse dans l'entête UDP. Elle permet de valider la fidélité du *datagramme* reçu. Cependant, notons toujours l'absence d'information sur l'ordre de reconstruction des paquets.

Au dessus d'UDP, on retrouve le protocole de transmission en temps réel (*real-time transport protocol (RTP)*). Il établit et maintient une session entre un émetteur et un ou plusieurs destinataires. L'entête de ce protocole est composé d'informations tels le numéro de séquence, l'estampille temporelle et le type de données utilisées. Ces informations viennent boucler la boucle en ce qui concerne le transport de vidéo sur des réseaux peu ~~fiable~~fiables. Le numéro de séquence, incrémenté d'un pour chaque paquet de la session, permet d'identifier les paquets perdus. L'estampille temporelle permet la synchronisation entre l'émetteur et le destinataire. Les informations sur le type de données utilisées permettent l'identification de la norme de codage des données, tel H.264.

Ce chapitre sur le transport de séquence H.264, regroupe un grand nombre de concepts appartenant, d'une part, à la norme de codage H.264, tels les tranches, la dissimulation d'erreurs, l'ordonnancement flexible de macroblocs, les ensembles de paramètres et la couche d'abstraction réseau. D'autre part, on constate des notions de réseautique tels les protocoles IP, UDP et RTP. Même lorsque tous ces concepts sont employés, il est fort probable que du contenu vidéo transmis sur un canal de communication peu fiable soit endommagé. Au prochain chapitre, nous étudions cette erreur, et les conséquences de son décodage, soit de la détérioration visuelle voire même le plantage du décodeur.

BIBLIOGRAPHIE

- Smith, C. et D. Collins, 2007. *3G Wireless Networks, Second Edition*. McGraw-Hill, Inc., New York, NY, USA, 2 edition. ISBN 007226344X, 9780072263442.
- Sullivan, G. J. et Thomas Wiegand, January 2005. Video Compression - From Concepts to the H.264/AVC Standard. *Proceedings of the IEEE*, 93(1) : 18–31. ISSN 0018-9219. doi : 10.1109/JPROC.2004.839617. URL <http://dx.doi.org/10.1109/JPROC.2004.839617>.
- Superiori, L. et O. Nemethova, 2006. Performance of a H.264/AVC Error Detection Algorithm Based on Syntax Analysis. in *Proc. of the Int. Conf. on Advances in Mobile Computing and Multimedia (MoMM 2006)*, pages 49–58. Rinton Press.
- Wenger, S., Juillet 2003. H.264/AVC over IP. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 13(7) :645–656. ISSN 1051-8215. doi : 10.1109/TCSVT.2003.814966. URL <http://dx.doi.org/10.1109/TCSVT.2003.814966>.
- Wiegand, T., Garry J. Sullivan, Gisle Bjontegaard, et Ajay Luthra, July 2003. Overview of the H.264/AVC video coding standard. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 13(7) :560–576. ISSN 1051-8215. doi : 10.1109/TCSVT.2003.815165. URL <http://dx.doi.org/10.1109/TCSVT.2003.815165>.
- Wu, J. et J.M. Boyce, 2006. An error concealment scheme for entire frame losses based on h.264/avc. *Circuits and Systems, 2006. ISCAS 2006. Proceedings. 2006 IEEE International Symposium on*, page 4 pp. doi : 10.1109/ISCAS.2006.1693620.
- Zimmermann, H., 1980. OSI Reference Model–The ISO Model of Architecture for Open Systems Interconnection. *IEEE Transactions on Communications*, 28(4) :425–432.