

APPEL A CANDIDATURES THESE DE DOCTORAT EN COTUTELLE INTERNATIONALE ETS  
MONTREAL (CANADA) – IEMN (UMR CNRS 8520), INSA HAUTS-DE-FRANCE,  
VALENCIENNES (FRANCE)

SUJET : « Diffusion Vidéo Fiable à Faible Latence pour les Applications Immersives en Temps Réel »

**CONTACTS**

Co-directeur École de technologie supérieure (ÉTS), Montréal (Canada) : Stéphane Coulombe,  
[stephane.coulombe@etsmtl.ca](mailto:stephane.coulombe@etsmtl.ca)

Co-directeur de thèse INSA Hauts-de-France, IEMN Valenciennes (France) : François-Xavier Coudoux,  
[Francois-Xavier.Coudoux@insa-hdf.fr](mailto:Francois-Xavier.Coudoux@insa-hdf.fr)

Un poste CDD d'une durée de 36 mois, financé à 100%, est à pourvoir à la rentrée universitaire 2022 dans le cadre d'une thèse de doctorat en cotutelle internationale entre le département Génie logiciel et des TI de l'ÉTS Montréal (Canada) et le groupe Communications numériques de l'IEMN (UMR CNRS 8520), site de Valenciennes (France). Ce poste bénéficiera d'une codirection franco-canadienne et de la collaboration entre les membres des deux équipes de recherche. Par ailleurs, le candidat effectuera différents séjours en France et au Canada suivant le calendrier prévisionnel fourni en fin de document.

Le sujet de thèse porte sur la diffusion vidéo fiable à faible latence pour les applications immersives en temps réel. Les applications de vidéo immersive (Réalité Augmentée ou Réalité Virtuelle) sont considérées aujourd'hui comme la première vague d'applications phares de la 5G. Ces applications imposent des contraintes sévères en termes de débit de transmission, de temps de calcul et surtout de très faible latence interdisant toute retransmission de paquets erronés ou perdus. L'objectif de notre recherche est de transporter des contenus vidéo AR/VR avec un très faible délai et de manière fiable, c'est-à-dire sans aucune perte ou corruption de données. Pour cela, nous proposons de développer de nouveaux schémas de codage/décodage conjoint qui combinent des stratégies de correction d'erreur directe (FEC) et de contrôle de redondance cyclique (CRC) à faible délai. Une preuve de concept sera établie dans un contexte applicatif de vidéo immersive.

**DESCRIPTIF DU SUJET DE RECHERCHE**

Selon un rapport commandé par Intel, 90 % des données 5G seront des vidéos d'ici 2028 et la réalité augmentée (RA)/ réalité virtuelle (RV) compatible avec la 5G générera plus de 140 milliards de dollars de revenus cumulés entre 2021 et 2028. La RA/RV est même considérée comme la première vague d'applications phares de la 5G. Par exemple, les applications de vidéo à 360 degrés immergent l'utilisateur dans un environnement virtuel, ce qui permet de vivre des expériences passionnantes comme le tourisme virtuel (visites de musées et de sites historiques à distance, par exemple) ou la participation à un concert en direct depuis chez soi. Toutefois, ces applications sont très gourmandes en termes de débit de transmission et en temps de calcul. De même, les applications interactives RA/RV de contrôle à distance (par exemple, le contrôle à distance de machines et la télé-chirurgie) intensifient le besoin d'un très faible délai. Même si les réseaux modernes tels que la 5G peuvent offrir une faible latence, les retransmissions dues à la corruption des paquets peuvent augmenter les délais au-delà des niveaux acceptables. En outre, le codec vidéo joue un rôle clé dans la chaîne de communication, car des débits binaires vidéo plus élevés augmentent inévitablement les délais de transmission. La capacité à transporter du contenu AR/VR avec un faible délai et de manière fiable, c'est-à-dire sans aucune perte ou corruption de données, reste un défi crucial. La communauté scientifique s'efforce depuis des décennies de mettre au point des solutions de communication fiables, principalement pour des applications qui ne sont pas soumises à des contraintes de délai, mais l'exigence de faible délai, en

particulier dans le contexte de la vidéo immersive à haut débit, change la donne et exige des solutions innovantes.

Le projet de recherche proposé étudiera des approches et des technologies radicalement nouvelles pour assurer la transmission fiable et à faible délai de contenus vidéo immersifs sur des réseaux non fiables, au sein d'un écosystème décrit à la Figure 1.

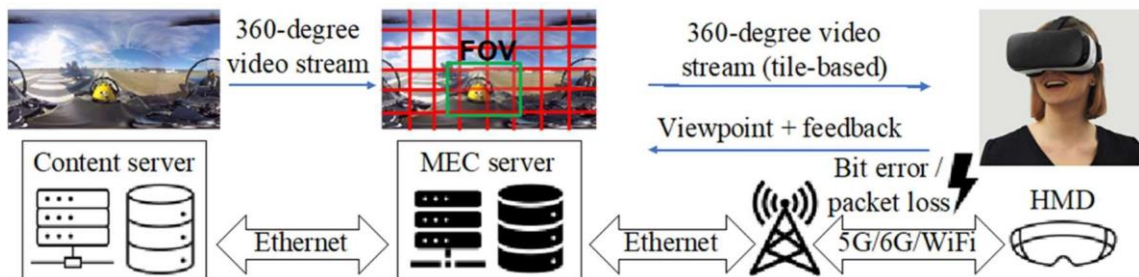


Figure 1 : Nouvel écosystème des communications vidéo immersives et axes de recherche.

Il s'agit notamment de corriger les paquets reçus avec des erreurs, et de reconstruire les paquets perdus à partir des paquets reçus à l'aide de nouvelles méthodes conjointes qui combinent des stratégies de correction d'erreur directe (FEC) et de contrôle de redondance cyclique (CRC) à faible délai. L'objectif principal de la thèse est d'élaborer de nouvelles théories, modèles, algorithmes et technologies pour reconstruire entièrement les paquets vidéo qui ont été perdus ou endommagés pendant leur transport sur des réseaux non fiables dans le contexte d'applications vidéo immersives à très faible délai.

## CANDIDATURE

Le poste est à pourvoir dès que possible et pourrait débuter en octobre 2022. Votre candidature doit être faite en envoyant par courriel aux adresses : [stephane.coulombe@etsmtl.ca](mailto:stephane.coulombe@etsmtl.ca) et [FrancoisXavier.Coudoux@insa-hdf.fr](mailto:FrancoisXavier.Coudoux@insa-hdf.fr) les documents suivants :

- 1) Un Curriculum Vitae avec tous les détails concernant les cours et les résultats académiques, ainsi que les compétences techniques.
- 2) Relevés de notes complets durant le cursus universitaire (Bac+1 à Bac+5)
- 3) Une lettre de motivation expliquant pourquoi vous êtes intéressé par le poste.

**!\ Tout dossier incomplet ne sera pas traité.**

Seuls les étudiants détenteurs d'un diplôme de niveau Bac+5 à la date de Septembre 2022 ou avant peuvent postuler. Un diplôme universitaire de niveau master dans l'un des domaines suivants est requis : Traitement des signaux, Communications numériques, Communications sans fil, Apprentissage automatique/AI, Informatique, Codage d'images et de vidéos, Ingénierie des télécommunications.

Indépendamment du niveau de la candidature, le candidat doit avoir :

- Une très bonne maîtrise de la langue française et anglaise (orale et écrite).
- Une très bonne maîtrise d'au moins un langage de programmation parmi C/C++, Python, Matlab.
- De très bons résultats universitaires.

Le candidat doit également faire preuve des qualités personnelles suivantes :

- Enthousiasme pour la recherche
- Capacité à travailler en équipe
- Esprit critique et scientifique
- Capacité à résoudre des problèmes

## CALENDRIER PREVISIONNEL

- Automne 2022 (France) : familiarisation avec l'état de l'art
- Hiver/Été/Automne 2023 (Canada) : Examen doctoral à l'ÉTS et travaux de recherche
- Hiver/Été 2024 (Canada) : Travaux de recherche
- Automne 2024, Hiver/Été/Automne 2025 (France) : Travaux de recherche, rédaction de la thèse et d'articles

## LE PARTENARIAT ÉTS MONTREAL-IEMN VALENCIENNES

Les deux laboratoires d'accueil IEMN site de Valenciennes et ÉTS Montréal disposent tous les deux d'une forte expertise dans les domaines du traitement et du codage vidéo ainsi que des communications afin d'adapter dynamiquement les stratégies de compression vidéo et de transmission/protection aux conditions variables du réseau. Une sélection de publications récentes des deux partenaires en lien avec le sujet est fournie en fin de section. La collaboration scientifique entre IEMN et ÉTS est en place depuis 2015. Elle a déjà donné lieu à la soutenance de deux thèses, et une thèse est actuellement en cours. Des réunions de travail hebdomadaires permettent d'assurer le suivi régulier de l'avancement des travaux en cours et d'investiguer de nouvelles pistes de recherche. Cette collaboration scientifique se traduit par une production scientifique régulière. Elle a également donné lieu depuis 2015 à des visites bilatérales des chercheurs impliqués en tant que chercheurs invités à UPHF ou à ÉTS.

### Sélection de publications récentes (J=Journaux, C=Conférences) :

- [J1] A. Trioux, M. Gharbi, F.-X. Coudoux, P. Corlay, "A Comprehensive Theoretical Evaluation of the End-to-End Performance of SoftCast-based Linear Video Delivery Schemes", in *Signal Processing: Image Communication*, Volume 98C, 2021, 116369, ISSN 0923-5965.
- [J2] F. Golaghazadeh, S. Coulombe, J.-M. Robert, "Residual Packet Loss Rate Analysis of 2-D Parity Forward Error Correction," in *Signal Processing: Image Communication*, vol. 102, 116597, pp. 1-14, Dec. 2022, doi: 10.1016/j.image.2021.116597.
- [J3] F. Golaghazadeh, S. Coulombe, F. Coudoux and P. Corlay, "Checksum-Filtered List Decoding Applied to H.264 and H.265 Video Error Correction," in *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 28, no. 8, pp. 1993-2006, Aug. 2018, doi: 10.1109/TCSVT.2017.2686647.
- [J4] V. Boussard, S. Coulombe, F. Coudoux and P. Corlay, "Table-Free Multiple Bit-Error Correction Using the CRC Syndrome," in *IEEE Access*, vol. 8, pp. 102357-102372, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2998950.
- [J5] V. Boussard, S. Coulombe, F. -X. Coudoux and P. Corlay, "CRC-Based Correction of Multiple Errors Using an Optimized Lookup Table," in *IEEE Access*, vol. 10, pp. 23931-23947, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3155457.
- [C1] V. Boussard, S. Coulombe, F. -X. Coudoux, P. Corlay and A. Trioux, "CRC-Based Multi-Error Correction of H.265 Encoded Videos in Wireless Communications," 2021 International Conference on Visual Communications and Image Processing (VCIP), 2021, pp. 1-5, doi: 10.1109/VCIP53242.2021.9675400.
- [C2] V. Boussard, F. Golaghazadeh, S. Coulombe, F. -X. Coudoux and P. Corlay, "Robust H.264 Video Decoding Using CRC-Based Single Error Correction and Non-Desynchronizing Bits Validation," 2020 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), 2020, pp. 1098-1102, doi: 10.1109/ICIP40778.2020.9190650.