

# THÈSE DE DOCTORAT DE

NANTES UNIVERSITÉ

ÉCOLE DOCTORALE N° 641  
*Mathématiques et Sciences et Technologies  
de l'Information et de la Communication*  
Spécialité : *Signal, Image, Vision*

Par

**Jingwen ZHU**

**High-end Video Streaming Quality in the Wild : Measuring and Predicting Satisfied User Ratio**

Thèse présentée et soutenue à Nantes, le 09/09/2024

Unité de recherche : Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes (LS2N)

## Rapporteurs avant soutenance :

Frédéric DUFAUX Directeur de recherche CNRS, Université Paris-Saclay, France  
Lu ZHANG Maître de conférences, HDR, INSA Renne, France

## Composition du Jury :

Président :	Thomas MAUGEY	Directeur de recherche, Inria, France
Examineurs :	Dietmar SAUPE	Professeur, Universität Konstanz, Allemagne
	Frédéric DUFAUX	Directeur de recherche CNRS, Université Paris-Saclay, France
	Lu ZHANG	Maître de conférences, HDR, INSA Renne, France
Dir. de thèse :	Patrick LE CALLET	Professeur, Nantes Université, France

**Title:** Elevating Streaming Experience: Subjective and Objective Assessments of Just Noticeable Difference and Satisfied User Ratio for Compressed Video

**Keywords:** Just Noticeable Difference, Satisfied User Ratio, Streaming Optimization, Video Quality Assessment

**Abstract:** The human eye cannot perceive small pixel changes in images or videos until a certain threshold of distortion. In the context of video compression, Just Noticeable Difference (JND) is the smallest distortion level from which the human eye can perceive the difference between reference video and the distorted/compressed one. Satisfied-User-Ratio (SUR) curve is the (complementary) cumulative distribution function of the individual JNDs of a viewer group. JND and SUR have been widely investigated for compressed image and video to use the least resources without damaging the Quality of Experience. In this thesis, we introduce a new AtHome protocol for subjective studies, which combines in-lab

and crowdsourcing methodologies. We optimize JND search methods, reducing subjective test time, and collect new JND datasets for HD-SDR and UHD-HDR videos. We improve data reliability with a screening method named ZREC and propose methods for estimating confidence intervals for SUR. We further conduct a longitudinal study based on the AtHome protocol. We develop a pipeline to predict SUR using VQMs as proxy and parameter-driven models to predict SUR using encoding parameters as proxy, enhancing practicality for streaming services. Finally, we demonstrate how integrating JND and SUR into bitrate ladder optimization can save bitrate and storage.

**Titre :** Améliorer l'Expérience de Streaming : Évaluations Subjectives et Objectives de la Différence Juste Perceptible et du Taux d'Utilisateurs Satisfaits pour la Vidéo Compressée

**Mot clés :** Différence Juste Perceptible, Taux d'Utilisateurs Satisfaits, Optimisation du Streaming, Évaluation de la Qualité Vidéo

**Résumé :** L'œil humain ne peut percevoir de petits changements de pixels dans les images ou les vidéos jusqu'à ce qu'un certain seuil de distorsion soit atteint. Dans le contexte de la compression vidéo, la Différence Juste Perceptible (JND) est le plus petit niveau de distorsion à partir duquel l'œil humain peut percevoir la différence entre une vidéo de référence et la vidéo déformée/compressée. La courbe du Taux d'Utilisateurs Satisfaits (SUR) est la fonction de distribution cumulative (complémentaire) des JND individuels d'un groupe de observateurs. Les JND et SUR ont été largement étudiés pour les images et vidéos compressées afin d'utiliser les ressources minimales sans compromettre la Qualité de l'Expérience. Dans cette thèse, nous introduisons un nouveau protocole AtHome pour les études subjectives, qui com-

bine les approches en laboratoire et de crowdsourcing. Nous optimisons les méthodes de recherche JND, réduisant ainsi le temps des tests subjectifs, et collectons de nouveaux ensembles de données JND pour vidéos HD-SDR et UHD-HDR. Nous améliorons la fiabilité des données avec une méthode appelée ZREC et proposons des méthodes pour estimer les intervalles de confiance pour SUR. Nous menons également une étude longitudinale basée sur le protocole AtHome. Nous développons un pipeline pour prédire SUR en utilisant les VQMs comme proxy et des modèles basés sur les paramètres d'encodage comme proxy, améliorant ainsi la praticité pour les services de streaming. Enfin, nous démontrons comment l'intégration de JND et SUR dans l'optimisation de l'échelle de débit peut économiser le débit et le stockage.