

Diffusion vidéo : dépasser l'objectif d'efficacité et viser une sobriété choisie

Thomas Maugey*, Daniel Ménard*, Anne-Cécile Orgerie*, Robin Richard*

*ordre alphabétique
thomas.maugey@inria.fr



GRETSI, Strasbourg
Août 2025

Problématique

Réduire l'impact environmental de la diffusion vidéo

ENCODAGE

STOCKAGE

TRANSPORT

DECODAGE

AFFICHAGE

Pourquoi la diffusion video ?

Un fort impact :

- Environ 1% des émissions GES¹
- En France en 2022 :²
 - 6 et 57 gCO₂eq / heure : 50 à 500 m en voiture
 - 5,6 MtCO₂eq au total soit 1/3 des émissions dues au numérique
 - Premier poste : fabrication des terminaux

De potentiels leviers d'action :

- Une communauté scientifique riche en Europe, en France et en Bretagne
- Un réseau dense d'industriels

1. M. Efoui-Hess, *Climate crisis : The unsustainable use of online video*, The Shift Project, 2019.

2. ARCOM, ARCEP, *Étude de l'impact environnemental des usages audiovisuels en France*, 2024.

Quels efforts de recherche aujourd'hui ?

Mesurer le coût de diffusion des vidéos

Réduire le coût de diffusion des vidéos

Coûts environnementaux :

- coûts énergétiques à l'usage^{3 4 5}
- coûts d'usage et matériels par Analyse en Cycle de Vie⁶

Coûts sociaux :

- conditions d'extraction des métaux⁷
- effet sur les individus et sur la société⁸

Objectifs :

- comprendre les impacts
- guider des politiques de sensibilisation et de meilleures pratiques⁹

3. Tashtarian, et al. *COCONUT : Content Consumption Energy Measurement Dataset for Adaptive Video Streaming*. ACM Multimedia Systems Conference 2024.

4. Amirpour, et al. *MVCD : Multi-dimensional video compression dataset*. IEEE VCIP 2024

5. Herglotz et al., *Foundations of measuring power and energy consumption in video communication*. IEEE Access, 2025.

6. ARCOM, ARCEP, *Étude de l'impact environnemental des usages audiovisuels en France*, 2024.

7. F. Lebrun. *Barbarie numérique : l'exploitation criminelle des métaux technologiques au Congo (RDC)*, 2023.

8. Habib et al., *YouTube Recommendations Reinforce Negative Emotions : Auditing Algorithmic Bias with Emotionally-Agentic Sock Puppets*, arXiv 2025.

9. ARCEP, *Référentiel général de l'écoconception des services numériques*, 2024.

Definitions :

- *“Caractère (..) d'un organisme (..) qui produit le maximum de résultats avec le minimum d'efforts, de moyens ”*¹⁰
- *“Faire plus avec moins : réduire les besoin en ressources et énergie par unité de service ou de produit.”*¹¹
- *“Aptitude à optimiser les moyens alloués pour atteindre un résultat défini”*¹²

La diffusion d'**un pixel** coûte moins d'énergie et de ressources

Le **nombre de pixels** transmis n'est pas contrôlé

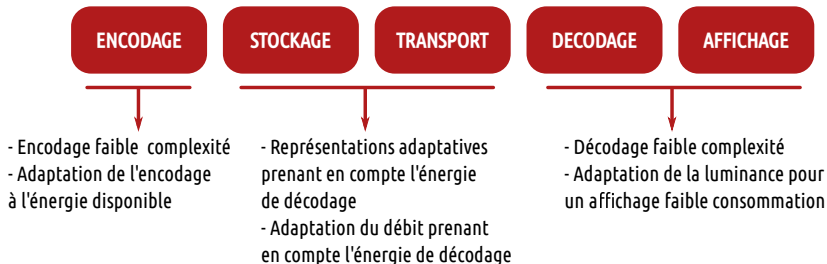
10. Larousse.

11. Santarius, et al. *Digital sufficiency : conceptual considerations for ICTs on a finite planet*. Ann. Telecommun. 2023.

12. Association française de normalisation (AFNOR). *Référentiel général pour l'IA frugale-mesurer et réduire l'impact environnemental de l'IA*. Technical report, AFNOR SPEC 2314, 2024.

Efficacité de la diffusion vidéo

Un vaste sujet de recherche :



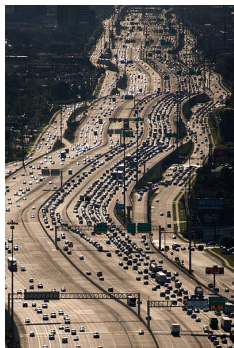
. Herglotz et al., *Special Issue : Editorial on circuits and systems for green video communications*. IEEE Journal on Emerging and Selected Topics in Circuits and Systems, 2025.

. Herglotz et al., *Sweet Streams Are Made of This : The System Engineer's View on Energy Efficiency in Video Communications*, in IEEE Circuits and Systems Magazine, 2023.

L'éléphant dans la pièce

Paradoxe de Jevons (ou Effet rebond) :

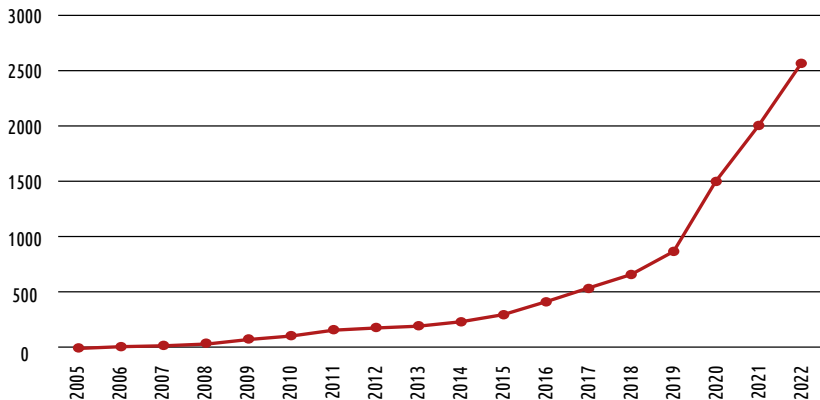
*Le paradoxe de Jevons énonce qu'à mesure que les améliorations technologiques augmentent l'efficacité avec laquelle une ressource est employée, la consommation totale de cette ressource **peut augmenter au lieu de diminuer**. En particulier, ce paradoxe implique que l'introduction de technologies plus efficaces en matière d'énergie peut, dans l'agrégat, augmenter la consommation totale de l'énergie (Wikipedia)*



Katy Freeway, Houston (Wikipedia)

Explosion du nombre de vidéos

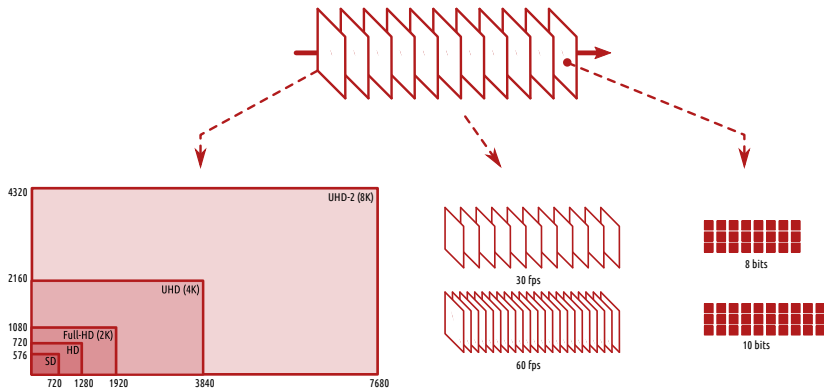
Estimation du nombre de vidéos chargées sur Youtube par an (en millions)



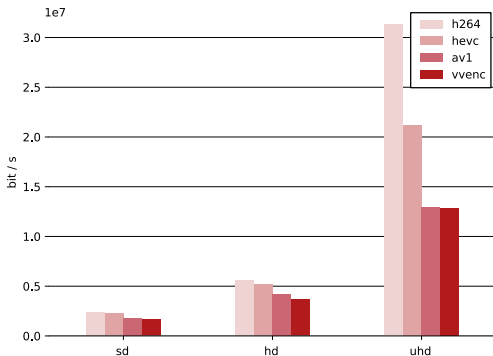
. McGrady et al. . *Dialing for videos : A random sample of YouTube*. Journal of Quantitative Description : Digital Media, 2023.

. <https://tubestats.org/>

Explosion du volume de chaque vidéo



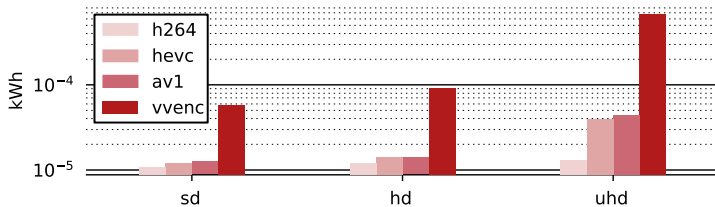
Taille des vidéos en pratique



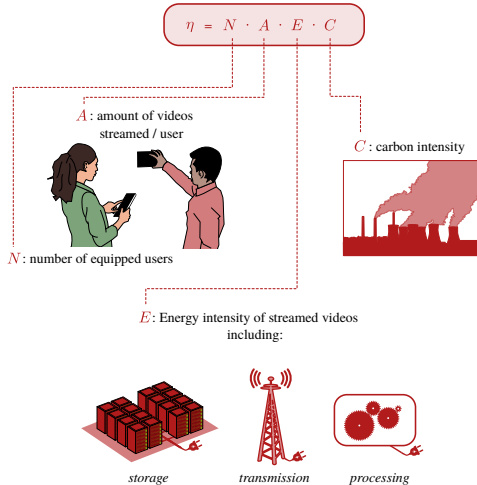
- SD : 24 fps, couleurs codées sur 8 bits, définition 720x480
- HD : 25 fps, couleurs codées sur 8 bits, définition 1280x720
- UHD : 60 fps, couleurs codées sur 10 bits, définition 3840x2160

Une autre évolution à prendre en compte

Des codeurs plus performants... mais plus complexes :



Identité de Kaya



Evolution **exponentielle** :

$$N(t) = \alpha_N N(t-1)$$

$$A(t) = \alpha_A A(t-1)$$

$$E(t) = \alpha_E E(t-1)$$

$$C(t) = \alpha_C C(t-1).$$

$$\alpha_N = 1,06$$

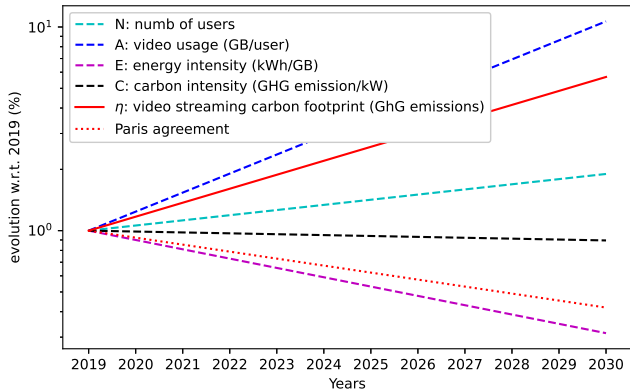
$$\alpha_A = 1,24$$

$$\alpha_C = 0,99$$

$$\alpha_E = ?$$

- . T. Maugey, *Towards digital sobriety : why improving the energy efficiency of video streaming is not enough*, IEEE MMSP 2023.
- . Cisco, *Cisco annual internet report (2018–2023) white paper*, 2020.
- . P. Jonsson, et al., *Ericsson mobility report* 2021.

Evolution des émissions



$$\alpha_E = 0.9 \text{ (50\% par décade)}$$

Définitions :

- Sobre : *“Qui est marqué par la mesure, la modération”*¹³
- *“Toute stratégie visant directement à réduire le niveau absolu d'utilisation des ressources et de l'énergie en réduisant les niveaux de production et de consommation.”*¹⁴
- *“Aptitude à se contenter d'un niveau de résultat jugé suffisant en redéfinissant les usages et les besoins”*¹⁵

Le coût **global** de la diffusion vidéo est réduit ou contrôlé

Des limites sur le **nombre de pixels** sont posées

13. Larousse

14. Santarius, et al. *Digital sufficiency : conceptual considerations for ICTs on a finite planet*. Ann. Telecommun. 2023.

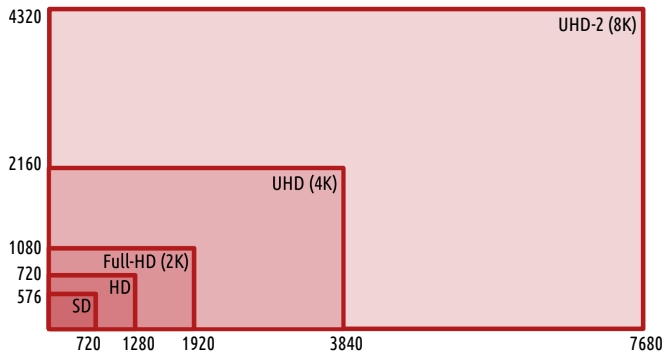
15. Association française de normalisation (AFNOR). *Référentiel général pour l'IA frugale-mesurer et réduire l'impact environnemental de l'IA*. Technical report, AFNOR SPEC 2314, 2024.

Questionner la technologie

Identifier les controverses

Poser des limites par des réglementations

Exemple de la TV 8K



Une limite posée par une réglementation européenne

COMMISSION REGULATION (EU) 2019/2021

of 1 October 2019

laying down ecodesign requirements for electronic displays pursuant to Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council, amending Commission Regulation (EC) No 1275/2008 and repealing Commission Regulation (EC) No 642/2009

(Text with EEA relevance)

Ecodesign requirements

A. ENERGY EFFICIENCY REQUIREMENTS

1. ENERGY EFFICIENCY INDEX LIMITS FOR ON-MODE

The energy efficiency index (EEI) of an electronic display shall be calculated using the following equation:

$$EEI = \frac{(P_{measured} + 1)}{(3 \times [90 \times \tanh(0,02 + 0,004 \times (A - 11))] + 4) + 3}$$

Table 1

EEI limits for on-mode

	EEI_{max} for electronic displays with resolution up to 2 138 400 pixels (HD)	EEI_{max} for electronic displays with resolution above 2 138 400 pixels (HD) and up to 8 294 400 pixels (UHD-4k)	EEI_{max} for electronic displays with resolution above 8 294 400 pixels (UHD-4k) and for MicroLED displays
1 March 2021	0,90	1,10	n.a.
1 March 2023	0,75	0,90	0,90

Le lobbying :

SEPTEMBER 19, 2022

8K Industry Faces Challenge with New EU Regulatory Ruling

By Chris Chinneck

"Unless something changes, March 2023 will spell trouble for the emerging 8K industry with the 8K EU Regulatory Ruling. (..) The power consumption limits on 8K TVs (and microLED-based displays) are set so low that essentially none of these devices will pass. (..)

*If you think this regulation will impact your business and/or customer access to your 8K-related products or services, **then you should reach out to the EU regulators to express your viewpoint (link)**. Speak to them about the need to review these current regulations before they create disruption in the market."*¹⁶

16. www.8kassociation.com

17. "Samsung Has Found A Solution To Its 8K TV Power Problems. Here's How It Works", *Forbes*, Feb 27, 2023.

18. "EU 8K TV ban goes into effect — here's how Samsung got around it"
<https://www.tomsguide.com>, March 2, 2023

Le lobbying :

SEPTEMBER 19, 2022

8K Industry Faces Challenge with New EU Regulatory Ruling

By Chris Chinneck

"Unless something changes, March 2023 will spell trouble for the emerging 8K industry with the 8K EU Regulatory Ruling. (..) The power consumption limits on 8K TVs (and microLED-based displays) are set so low that essentially none of these devices will pass. (..)

*If you think this regulation will impact your business and/or customer access to your 8K-related products or services, **then you should reach out to the EU regulators to express your viewpoint (link)**. Speak to them about the need to review these current regulations before they create disruption in the market."*¹⁶

Le contournement :

*"The E.U. regulation requires that the TVs be energy efficient **out of the box**, but once users have them set up, **they can change to a higher brightness setting** and watch to their heart's content, even though their 8K TV will now consume more power than the 90W limit set by the EEI."*^{17 18}

16. www.8kassociation.com

17. "Samsung Has Found A Solution To Its 8K TV Power Problems. Here's How It Works", *Forbes*, Feb 27, 2023.

18. "EU 8K TV ban goes into effect — here's how Samsung got around it"
<https://www.tomsguide.com>, March 2, 2023

Comment poser des limites à un système technologique ?

Un problème de recherche à part entière, par essence pluridisciplinaire.

- **Droit** : comment établir une législation juste, équitable et qui soit efficace ? A quel niveau de juridiction intervenir ?
- **Sociologie** : comment réagissent les utilisateurs à des limites ? Quels en sont les effets positif/négatifs adjacents ?
- **Epistémologie** : comment impliquer les citoyennes et citoyens dans le processus de décision et dans la construction d'un nouveau mode de diffusion vidéo sobre ?
- **Economie** : quels modèles économiques pour les entreprises dans un monde avec limites ?
- **Traitement du signal et des images** : où établir des limites afin d'atteindre la sobriété visée ? Comment développer une solution de diffusion sobre et ne misant pas sur une augmentation des flux ?