

Informatique Graphique : Questionnement sur l'écologie et l'utilisation des GPUs



RADI-RAF - 19 Novembre 2025

Axel Paris - Research Scientist



Adobe

Bio



⚠ **Disclaimer:** je ne suis **pas** un professionnel de l'impact environnemental !

Bio



⚠ **Disclaimer:** je ne suis **pas** un professionnel de l'impact environnemental !

Je fais de la recherche en **informatique graphique**, au sein **d'Adobe Research**

Expertise: simulation physique, surfaces implicites, modélisation de mondes virtuels



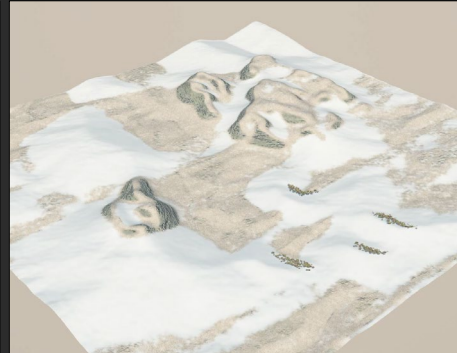
Bio



⚠ **Disclaimer:** je ne suis **pas** un professionnel de l'impact environnemental !

Je fais de la recherche en **informatique graphique**, au sein d'**Adobe Research**

Expertise: simulation physique, surfaces implicites, modélisation de mondes virtuels



Je suis malheureusement incapable de résoudre les problèmes de **Creative Cloud** et de **version** de Photoshop... (Désolé Fortiche)

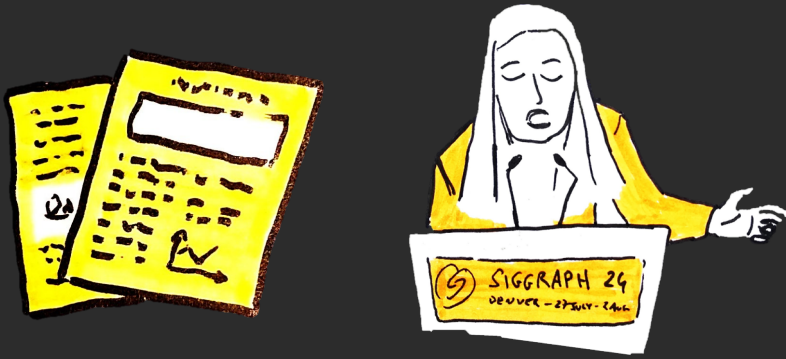
Bio



Recherche académique



Recherche industrielle



Recherche académique

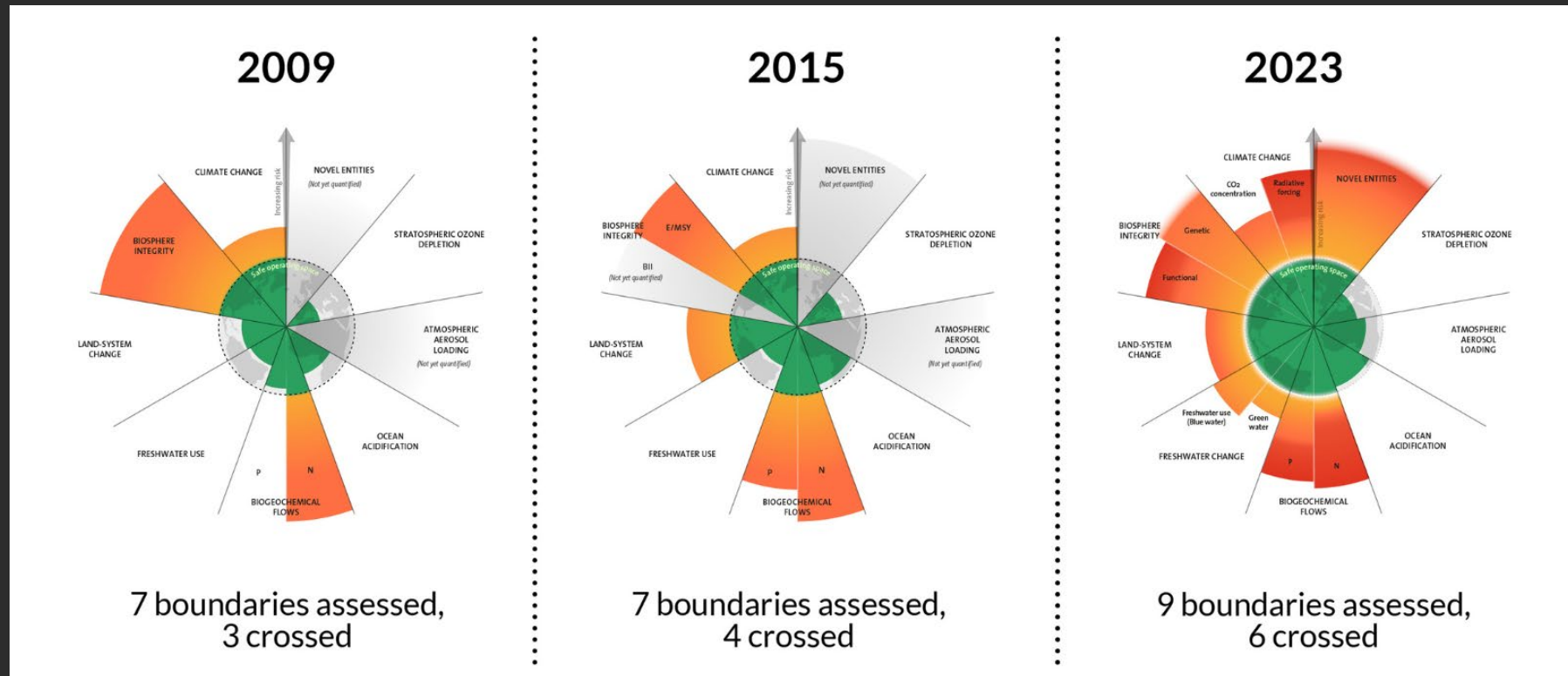


Recherche industrielle

Depuis la fin de ma thèse, je m'intéresse à
l'impact environnemental de l'informatique graphique

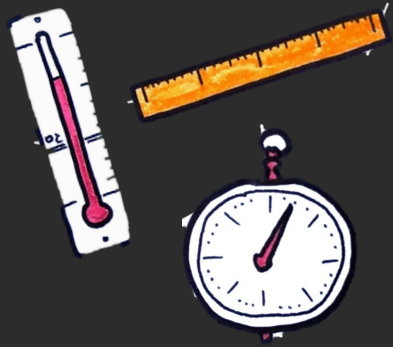
Pourquoi c'est important ?

Les ressources planétaires sont **limitées** et la technologie a un impact, qui croît **exponentiellement**!
→ Particulièrement avec l'IA: chère à **entraîner**, **deployer**, **calculer**, et **maintenir**.



[source] Richardson et al. 2023

Plan de la présentation



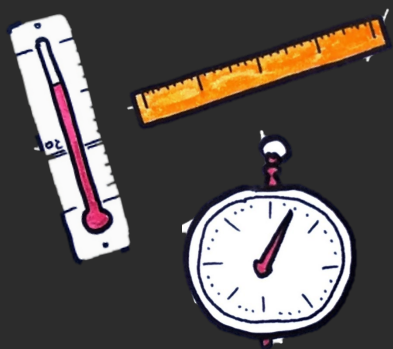
L'impact environnemental de
l'informatique graphique



Présenté à SIGGRAPH 2024 & JFIG2024

Partie 1

Plan de la présentation

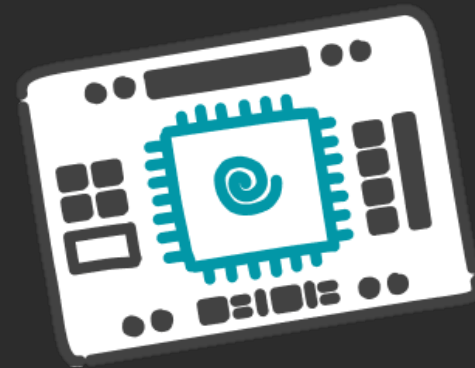


L'impact environnemental de
l'informatique graphique



Présenté à SIGGRAPH 2024 & JFIG2024

Partie 1



Vers une utilisation plus durable
des GPUs en recherche graphique

Présenté à SIGGRAPH 2025



Partie 2

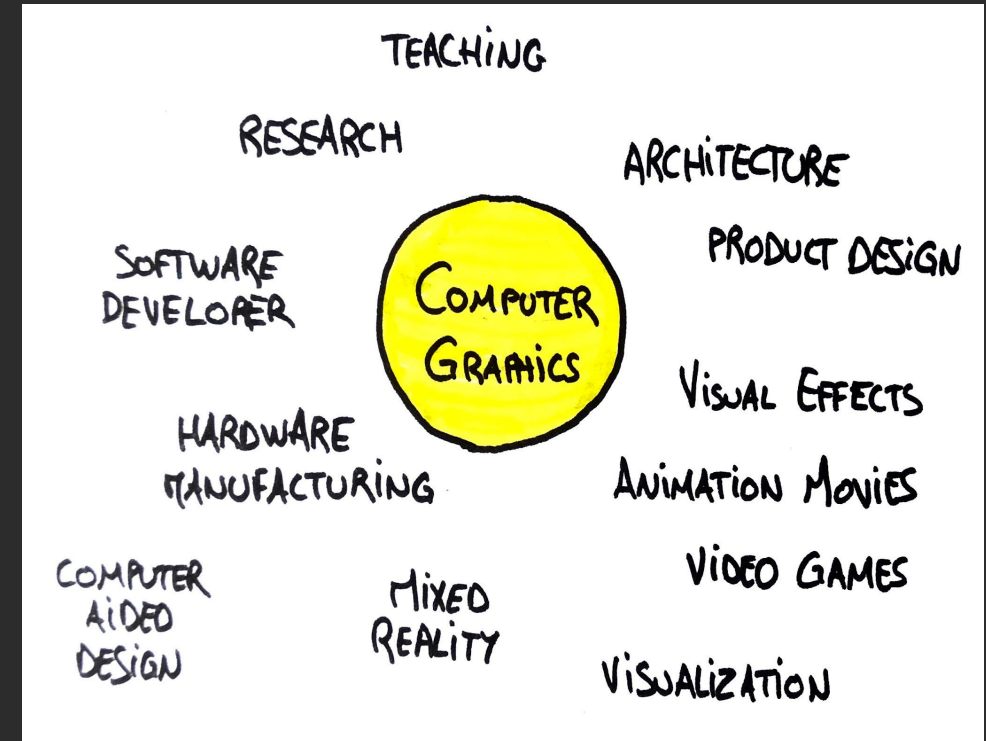
L'Impact Environnemental de l'informatique graphique



Outline

Impact de l'informatique graphique
(Recherche, Art, Tech, etc.)

Limiter les problèmes environnementaux
Avec l'informatique graphique



Mesurer et Réduire notre impact

Si on souhaite adopter une démarche scientifique et prendre des décisions, il faut commencer par...



Mesurer

Mesurer et Réduire notre impact

Si on souhaite adopter une démarche scientifique et prendre des décisions, il faut commencer par...



Mesurer

Nous sommes très bons pour mesurer les temps de calculs, l'impact mémoire des algorithmes...
mais qu'en est-il de l'impact environnemental ?

Mesurer et Réduire notre impact

Mesurer les coûts directs et indirects n'est pas trivial !



WATER



ENERGY



LAND



METAL

Mesurer et Réduire notre impact

Mesurer les couts **directs** et **indirects** n'est pas trivial !



WATER



ENERGY



LAND



METAL

... Et notre société ne **le récompense pas** nécessairement
(Exception faite de la France, plutôt avant gardiste !)

Mesurer et Réduire notre impact

Pratique **recherche** : l'impact carbone est reporté dans certaines communautés

- Des outils comme **NVIDIA SMI** et **IntelPCM** sont “faciles” à intégrer dans les codes/logiciels existants

Mesurer et Réduire notre impact

Pratique **recherche** : l'impact carbone est reporté dans certaines communautés

- Des outils comme **NVIDIA SMI** et **IntelPCM** sont "faciles" à intégrer dans les codes/logiciels existants

Pratique **industrielle**

- Carbon simulator (qarnot) <https://qarnot.com/en/sustainability>
- Carbulator (présenté en 2023 au RADI) <https://carbulator.org/>

Mesurer et Réduire notre impact

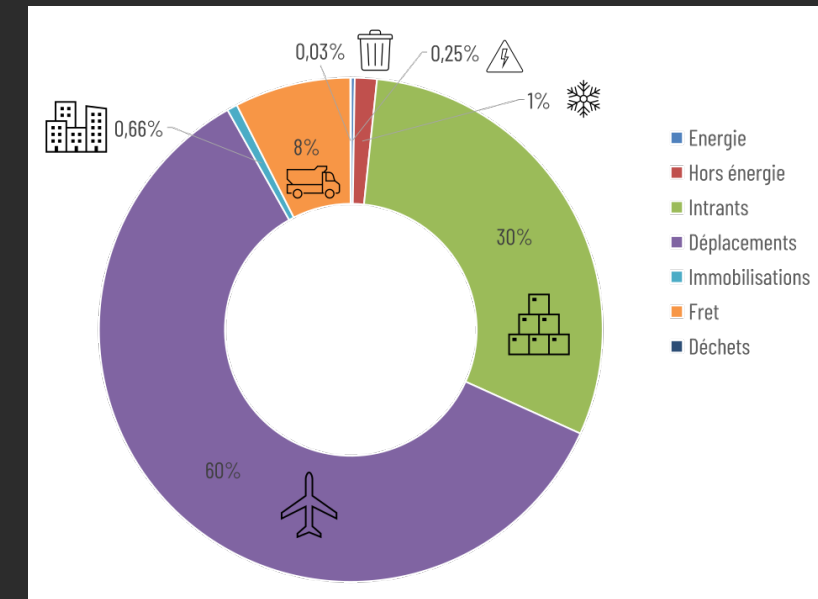
Pratique **recherche** : l'impact carbone est reporté dans certaines communautés

- Des outils comme **NVIDIA SMI** et **IntelPCM** sont "faciles" à intégrer dans les codes/logiciels existants

Pratique **industrielle**

- Carbon simulator (qarnot) <https://qarnot.com/en/sustainability>
- Carbulator (présenté en 2023 au RADi) <https://carbulator.org/>

Pratique **événementielle** : impact carbone du Festival d'Annecy



Mesurer et Réduire notre impact

Une fois que l'on a les données, la question de comment réduire se pose

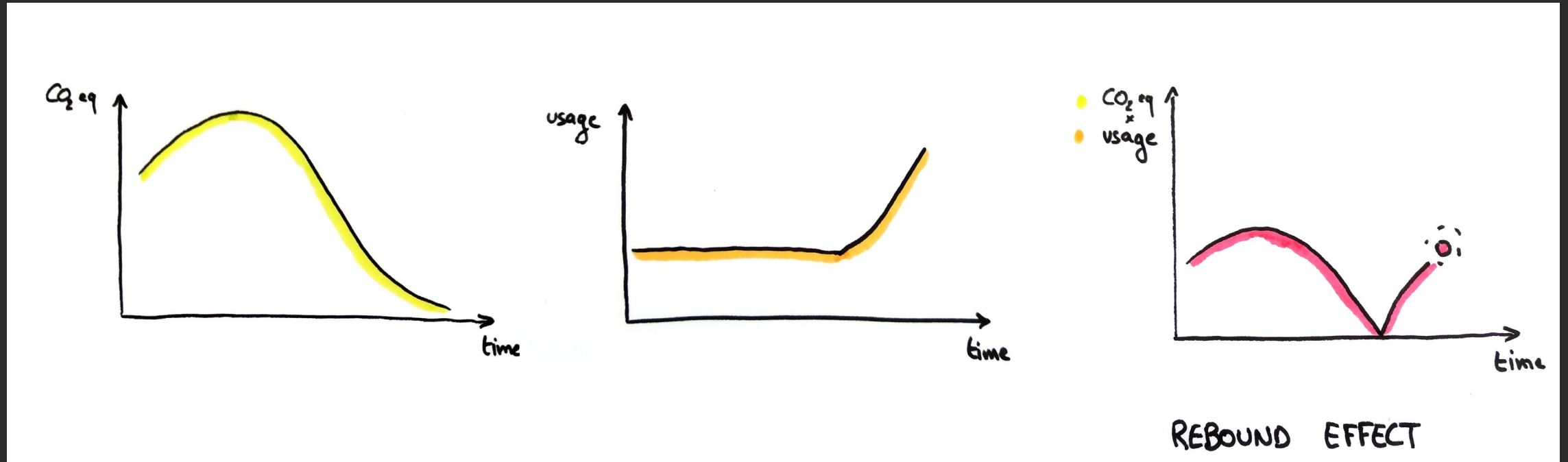
Spécifique à l'animation,
mais pleins de choses se
transposent sûrement à
d'autres domaines !



*Ecoresponsabilité & Animation
(Présenté aux RADI-RAF 2023)*

L'Effet Rebond

Effet rebond : tous les effets **indirects** qui ont des conséquences environnementales ou sociales perçues comme **negatives**



1. La technologie devient plus **efficace**

2. L'utilisation **augmente**

3. L'impact global **empire**

Quelques pistes pour anticiper/contrer l'effet rebond

La problématique n'est pas **nouvelle** - la recherche s'est beaucoup intéressée au sujet !

Quelques pistes pour anticiper/contrer l'effet rebond

La problématique n'est pas **nouvelle** - la recherche s'est beaucoup intéressée au sujet !

*« Méthodes et outils systémiques concrets pour faire face à la complexité environnementale et aux effets rebond pendant un processus de design ou de décision » - **Laetitia Bornes, 2024, PhD Thesis***

Quelques pistes pour anticiper/contrer l'effet rebond

La problématique n'est pas **nouvelle** - la recherche s'est beaucoup intéressée au sujet !

« *Méthodes et outils systémiques concrets pour faire face à la complexité environnementale et aux effets rebond pendant un processus de design ou de décision* » - **Laetitia Bornes, 2024, PhD Thesis**

Archétypes d'effet rebond

Déclencheur: votre intervention peut-elle être utilisée par une organisation pour améliorer son image ?

Effet indirect: Cela pourrait permettre à cette organisation de faire du "greenwashing" et tromper les consommateurs sur ses impacts réels...?

Quelques pistes pour anticiper/contrer l'effet rebond

La problématique n'est pas **nouvelle** - la recherche s'est beaucoup intéressée au sujet !

« Méthodes et outils systémiques concrets pour faire face à la complexité environnementale et aux effets rebond pendant un processus de design ou de décision » - **Laetitia Bornes, 2024, PhD Thesis**

Archétypes d'effet rebond

Déclencheur: votre intervention peut-elle être utilisée par une organisation pour améliorer son image ?

Effet indirect: Cela pourrait permettre à cette organisation de faire du "greenwashing" et tromper les consommateurs sur ses impacts réels...?

Déclencheur: Votre intervention pourrait-elle permettre à des personnes d'accéder à un service ou à un produit auparavant inaccessible ?

Effet rebond: Cela pourrait augmenter le nombre d'utilisateurs potentiels, ce qui pourrait conduire à une utilisation plus intensive

Quelques pistes pour anticiper/contrer l'effet rebond

La problématique n'est pas **nouvelle** - la recherche s'est beaucoup intéressée au sujet !

« Méthodes et outils systémiques concrets pour faire face à la complexité environnementale et aux effets rebond pendant un processus de design ou de décision » - **Laetitia Bornes, 2024, PhD Thesis**

Archétypes d'effet rebond

Déclencheur: votre intervention peut-elle être utilisée par une organisation pour améliorer son image ?

Effet indirect: Cela pourrait permettre à cette organisation de faire du "greenwashing" et tromper les consommateurs sur ses impacts réels...?

Déclencheur: Votre intervention pourrait-elle permettre à des personnes d'accéder à un service ou à un produit auparavant inaccessible ?

Effet rebond: Cela pourrait augmenter le nombre d'utilisateurs potentiels, ce qui pourrait conduire à une utilisation plus intensive

Pas de recette **miracle**, mais des outils pour les **anticiper du mieux possible**

Limiter les problèmes environnementaux

Un autre axe : au delà de réduire nos impacts, peut-on **aider** à réduire plus globalement ?

Limiter les problèmes environnementaux

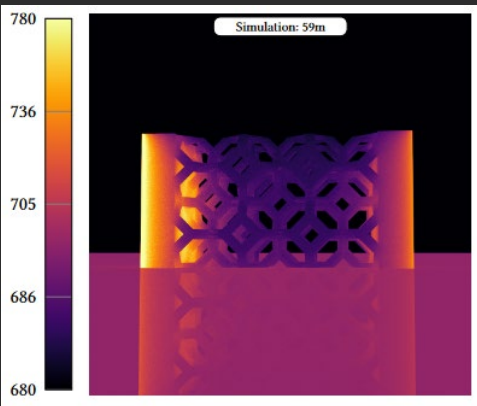
Un autre axe : au delà de réduire nos impacts, peut-on **aider** à réduire plus globalement ?

En tant que **chercheur**, quelles connaissances puis-je mettre à profit pour aider sur des **thématiques environnementales** ?

Limiter les problèmes environnementaux

Un autre axe : au delà de réduire nos impacts, peut-on **aider** à réduire plus globalement ?

En tant que **chercheur**, quelles connaissances puis-je mettre à profit pour aider sur des **thématiques environnementales** ?



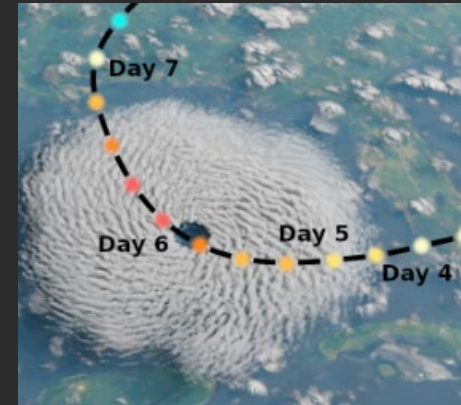
Coupling Conduction, Convection and Radiative Transfer in a Single Path-Space: Application to Infrared Rendering- *SIGGRAPH 2021*



Voxel Carving Based 3D Reconstruction of Sorghum Identifies Genetic Determinants of Radiation Interception Efficiency - *Plant Direct 2020*



Scintilla: Simulating Combustible Vegetation for Wildfires - *SIGGRAPH 2024*

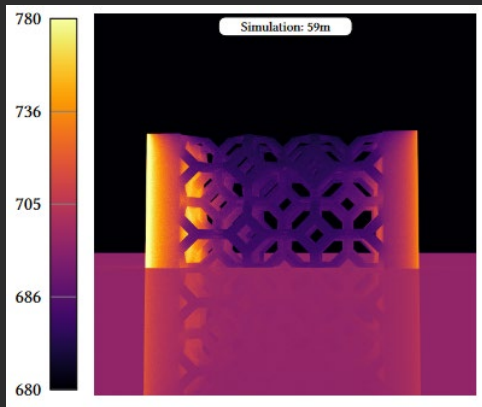


Cyclogenesis: Simulating Hurricanes and Tornadoes *SIGGRAPH 2024*

Limiter les problèmes environnementaux

Un autre axe : au delà de réduire nos impacts, peut-on **aider** à réduire plus globalement ?

En tant que **chercheur**, quelles connaissances puis-je mettre à profit pour aider sur des **thématiques environnementales** ?



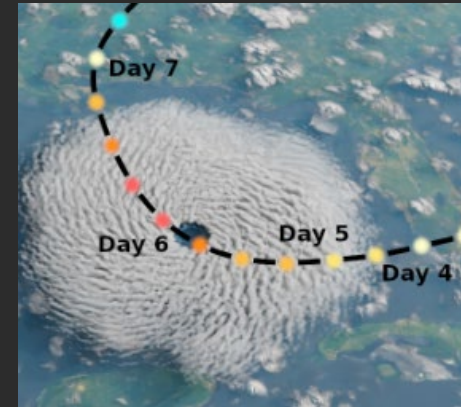
Coupling Conduction, Convection and Radiative Transfer in a Single Path-Space: Application to Infrared Rendering- *SIGGRAPH 2021*



Voxel Carving Based 3D Reconstruction of Sorghum Identifies Genetic Determinants of Radiation Interception Efficiency - *Plant Direct 2020*



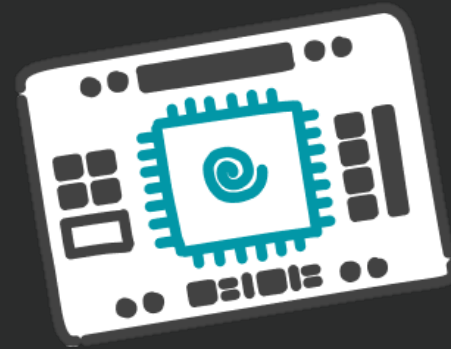
Scintilla: Simulating Combustible Vegetation for Wildfires - *SIGGRAPH 2024*



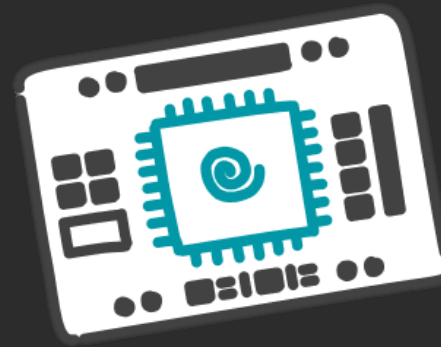
Cyclogenesis: Simulating Hurricanes and Tornadoes *SIGGRAPH 2024*

Dans **votre métier**, quelles sont les compétences qui pourraient profiter à ces thématiques ?

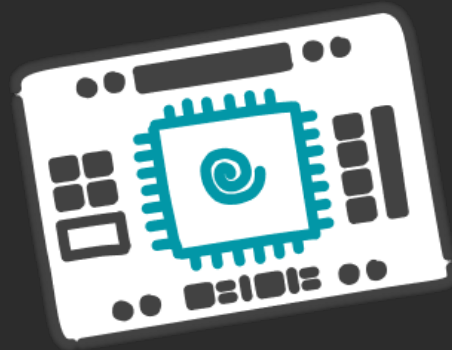
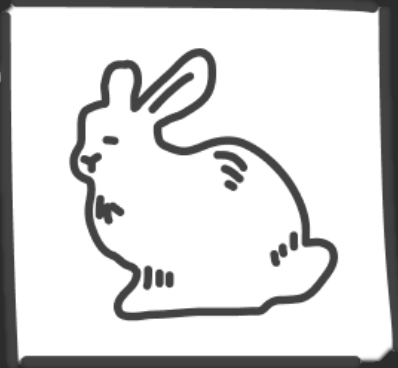
Vers une utilisation plus **durable**
des GPUs en recherche graphique



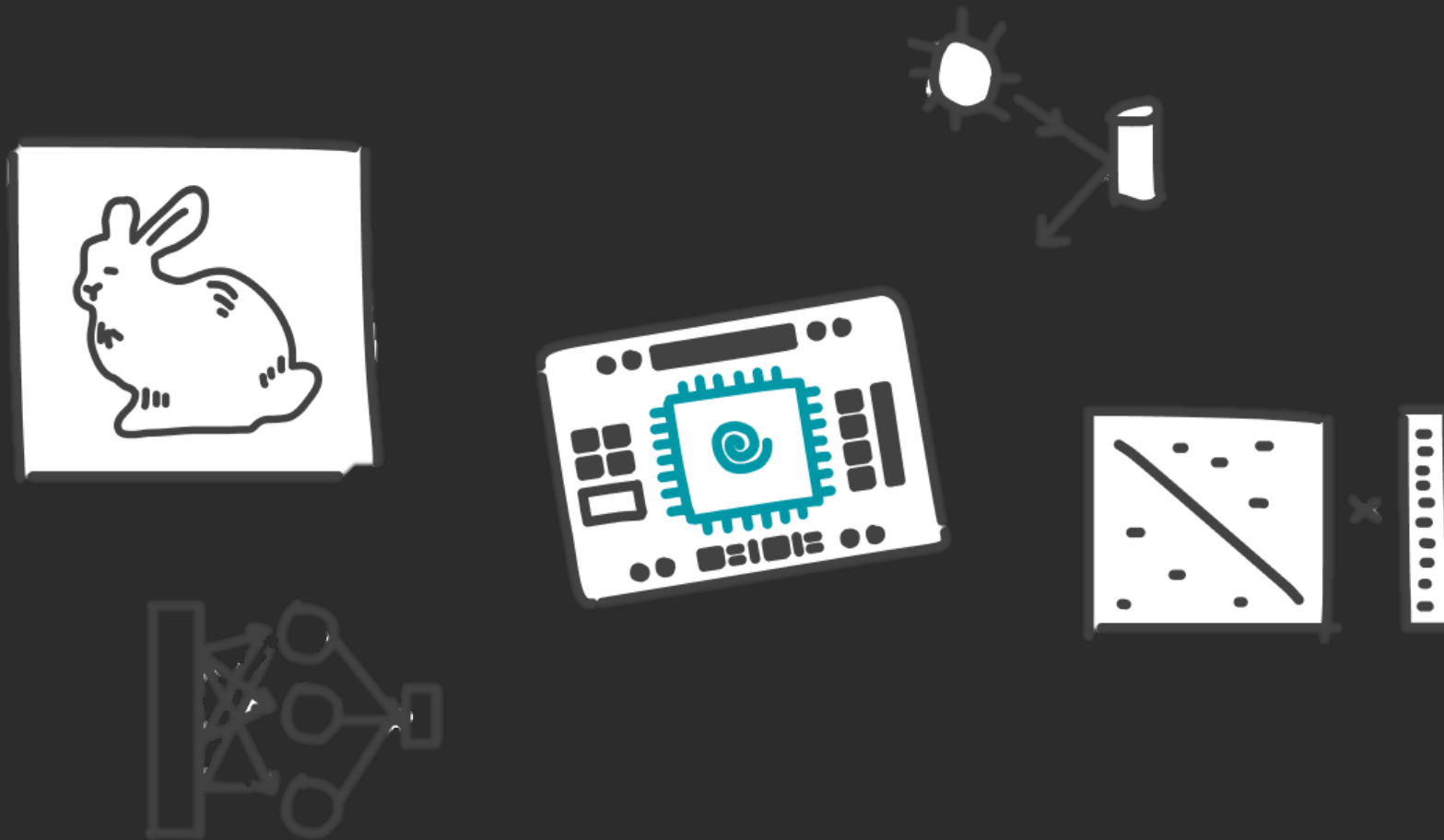
Carte Graphique et Recherche : un lien historique



Carte Graphique et Recherche : un lien historique



Carte Graphique et Recherche : un lien historique

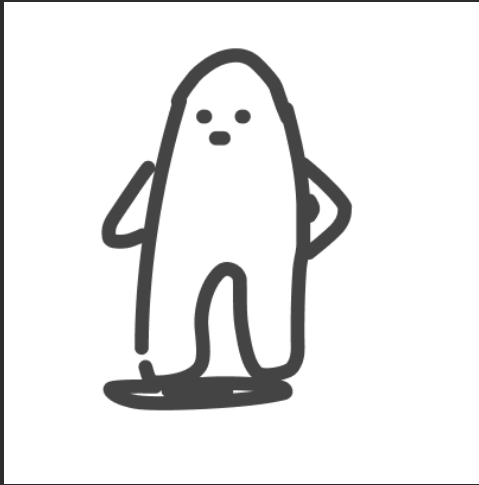


Carte Graphique et Recherche : un lien historique *persistent*

What GPU should
we buy?

What compute
center can we get
access to?

Un problème systémique

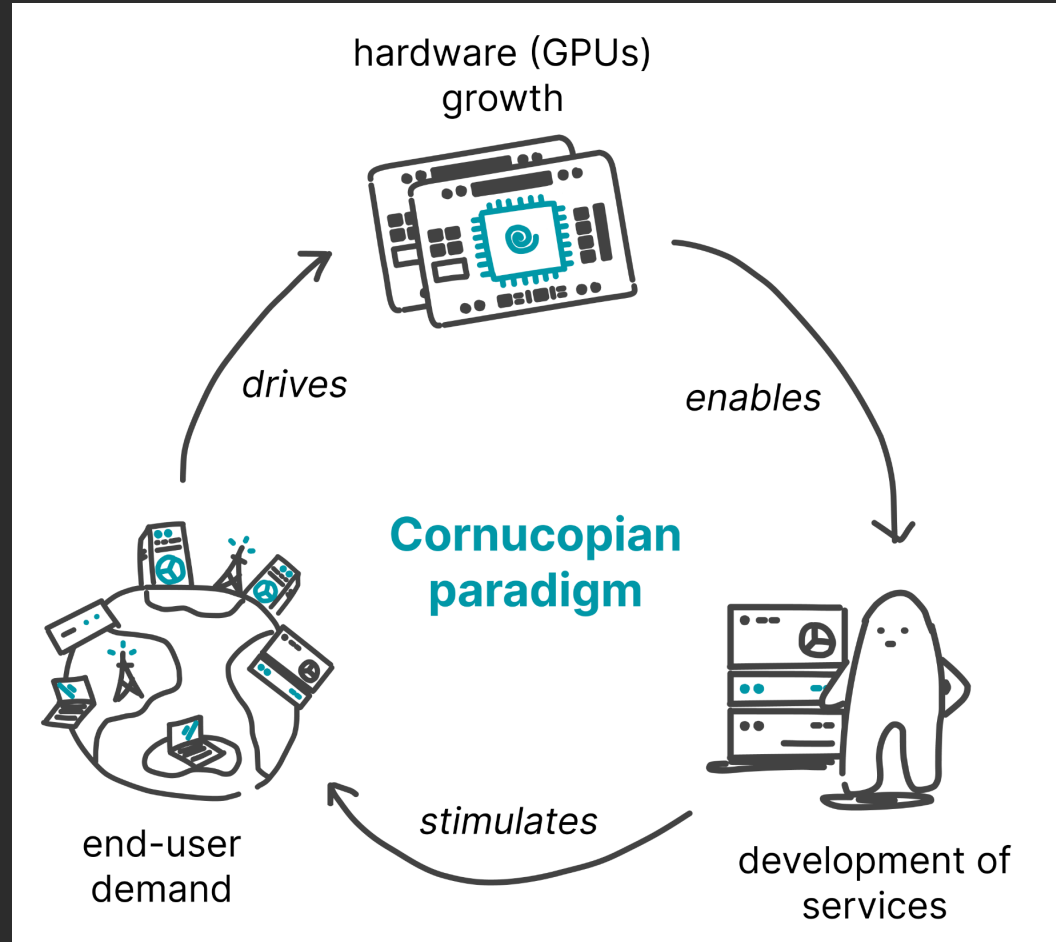


Les laboratoires individuels
et les chercheurs des
incitations systémiques

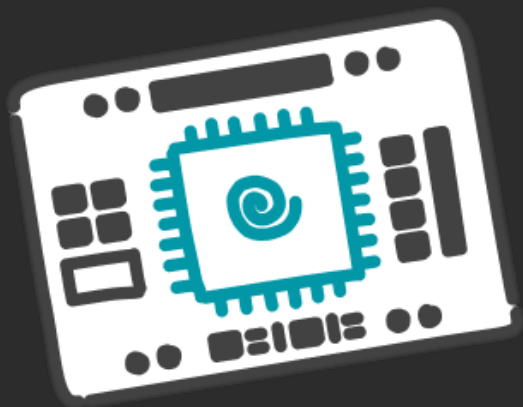


Nous considérons les tendances à l'échelle
de la communauté en recherche graphique

Cornucopian Feedback Loop



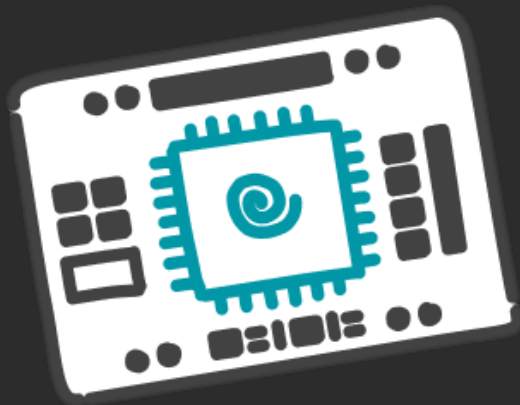
L'impact du **renouvellement** matériel



La manufacture d'une RTX 4090
coûte environ **140 kg CO2-eq**

Source: [Gigabyte GPU Carbon Footprints](#)

L'impact du **renouvellement** matériel



La manufacture d'une RTX 4090
coûte environ **140 kg CO2-eq**



Soit ~700 baguettes

Source: [Gigabyte GPU Carbon Footprints](#)

L'impact de l'élimination material

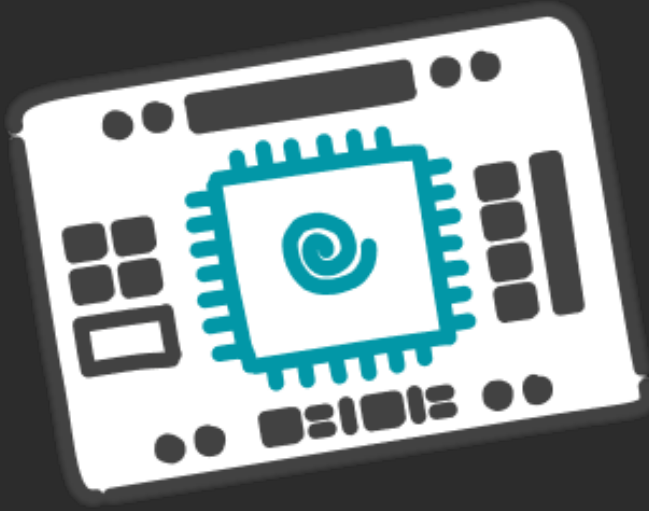
Le problème de l'e-waste :

- 62 billion of kg en 2022
- Seulement 22% collecté et recyclé
- Pour le reste, ce sont des dommages sur : le sol, l'eau, la santé humaine



Source: [Global E-waste monitor](#)

Questions de recherche

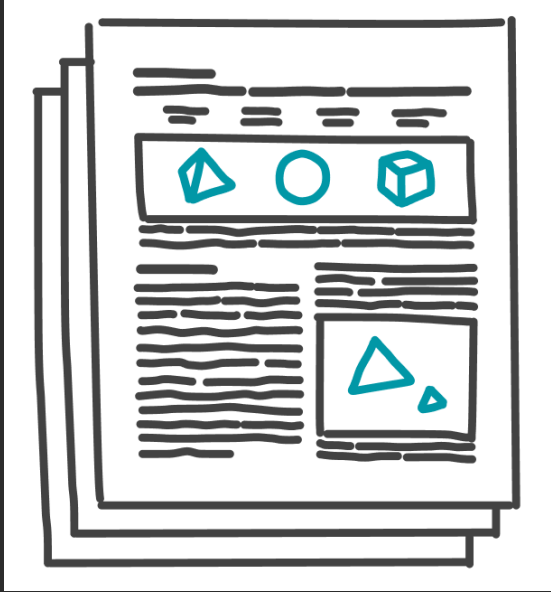


Quels sont les GPUs utilisés en **recherche** en informatique graphique ?

Quels sont les GPUs utilisés par la **population hors recherche** ?

Comment sont **positionnés** ces deux ensembles ?

Trois sources de données



Articles de recherche



Données d'utilisation



Performance des GPUs

GPUs reportés dans les articles

4.2 Implementation

In general, let k be the number of eigenvectors/eigenvalues in use, we recommend to use the number of root nodes $m > k \times 2$. In Fig. 21 we show that if m is too small, the degrees of freedom are insufficient to capture the eigenfunctions with higher frequencies.

Our serial C++ implementation is built on top of LIBIGL [Jacobson et al. 2018] and SPECTRA [Qiu 2018]. We test our implementation on a Linux workstation with an Intel Xeon 3.5GHz CPU, 64GB of RAM, and an NVIDIA GeForce GTX 1080 GPU. We evaluate our runtime using the mesh from Fig. 4 in three different cases: (1) varying the size of input operators n , (2) varying the size of output operators m ,

5.1 Performance

All scenes were processed using a PC with 3.4 GHz 6-core Intel Xeon E5-2643 CPU and a NVIDIA Titan X GPU and 64 GB of memory. Our implementation mostly consists of unoptimized CPU code. The GPU is currently only (insignificantly) used in the warping stage. We ran our system also on a slower 14" Razer Blade laptop with a 3.3 GHz 4-core Intel i7-7700HQ CPU and a NVIDIA GTX 1060 GPU. Interestingly, the warping stage performs faster on the laptop, most likely because CPU computation and CPU/GPU transfers dominate the runtime. Table 1 breaks out the timings for the various algo-

We train our CNNs using Tensorflow [Abadi et al. 2015] using a single NVIDIA Titan RTX; for each of our CNNs, an overnight run is typically enough to converge to good results using the Adam optimizer. After our CNNs have been trained, we run inference on a PC with an i7-9700K CPU and an NVIDIA GTX 1080 GPU. With a 4000×2160 input image, an inference pass of *CornerdetNet* takes 300ms, generating candidate quads 10ms, *RejectorNet* takes 1-2s to classify all of the candidate quads (104×104) and *RecogNet*

Méthode

Utilisation des GPUs via Steam

Steam Hardware & Software Survey: April 2025

PC VIDEO CARD USAGE DETAILS

Sort By: Percent Share Sort

OVERALL DISTRIBUTION OF CARDS	DEC	JAN	MAR	APR	
DirectX 12 GPUs	92.71%	93.17%	92.01%	90.96%	-1.05%
DirectX 11 GPUs	0.63%	0.60%	0.59%	0.55%	-0.04%
DirectX 10 GPUs	0.41%	0.38%	0.39%	0.36%	-0.03%
DirectX 9 Shader Model 2b and 3.0 GPUs	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
DirectX 9 Shader Model 2.0 GPUs	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
DirectX 8 GPUs and below	6.25%	5.85%	7.01%	8.13%	+1.12%

ALL VIDEO CARDS	DEC	JAN	MAR	APR	
 NVIDIA GeForce RTX 4060 Laptop GPU	4.19%	4.61%	4.48%	4.99%	+0.51%
 NVIDIA GeForce RTX 3060	5.01%	5.20%	5.10%	4.72%	-0.38%
 NVIDIA GeForce RTX 4060	4.04%	4.60%	4.77%	4.51%	-0.26%
 NVIDIA GeForce GTX 1650	3.75%	3.56%	3.54%	3.51%	-0.03%
 NVIDIA GeForce RTX 4060 Ti	3.26%	3.45%	3.15%	3.25%	+0.10%
 NVIDIA GeForce RTX 3050	2.87%	2.93%	2.96%	3.12%	+0.16%
 NVIDIA GeForce RTX 3060 Ti	3.07%	3.15%	3.05%	2.92%	-0.13%
 NVIDIA GeForce RTX 3060 Laptop GPU	2.80%	2.81%	2.64%	2.72%	+0.08%
 NVIDIA GeForce RTX 3070	2.99%	2.94%	2.87%	2.68%	-0.19%
 NVIDIA GeForce RTX 2060	2.75%	2.76%	2.68%	2.43%	-0.25%
 NVIDIA GeForce RTX 4070	2.74%	2.89%	2.49%	2.43%	-0.06%
 NVIDIA GeForce GTX 1060	2.60%	2.54%	2.40%	2.34%	-0.06%
 AMD Radeon Graphics	2.25%	2.07%	2.17%	2.10%	-0.07%
 AMD Radeon(TM) Graphics	1.60%	1.66%	1.92%	2.01%	+0.09%

Classement des GPUs via Blender

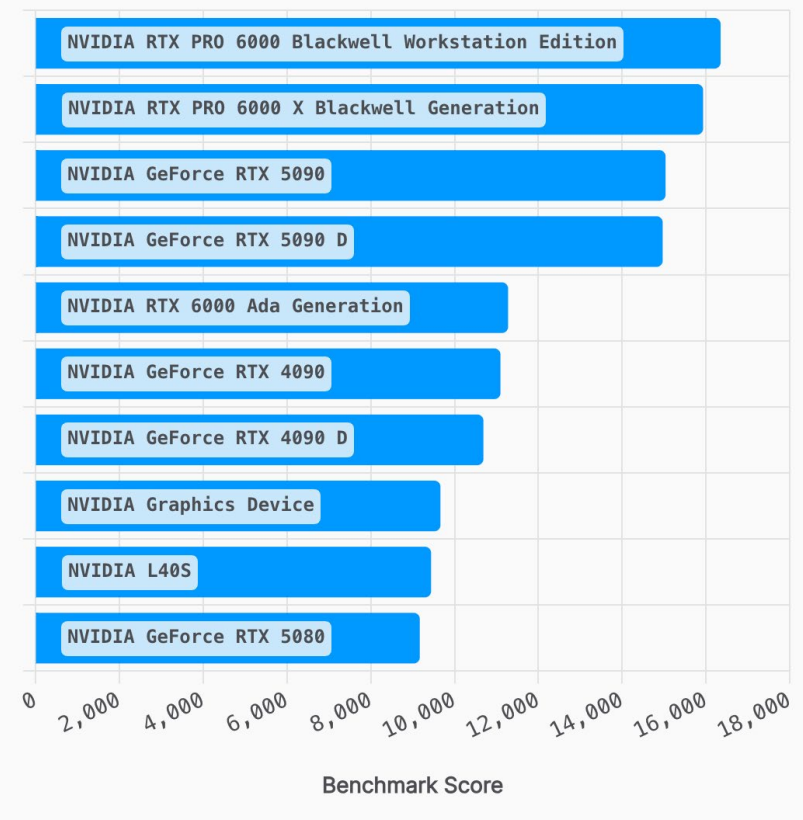
Le **Blender Benchmark Score** est une mesure de Vitesse pour du rendu path tracing avec **Cycles**

Le plus **haut** le nombre, le plus **performant**

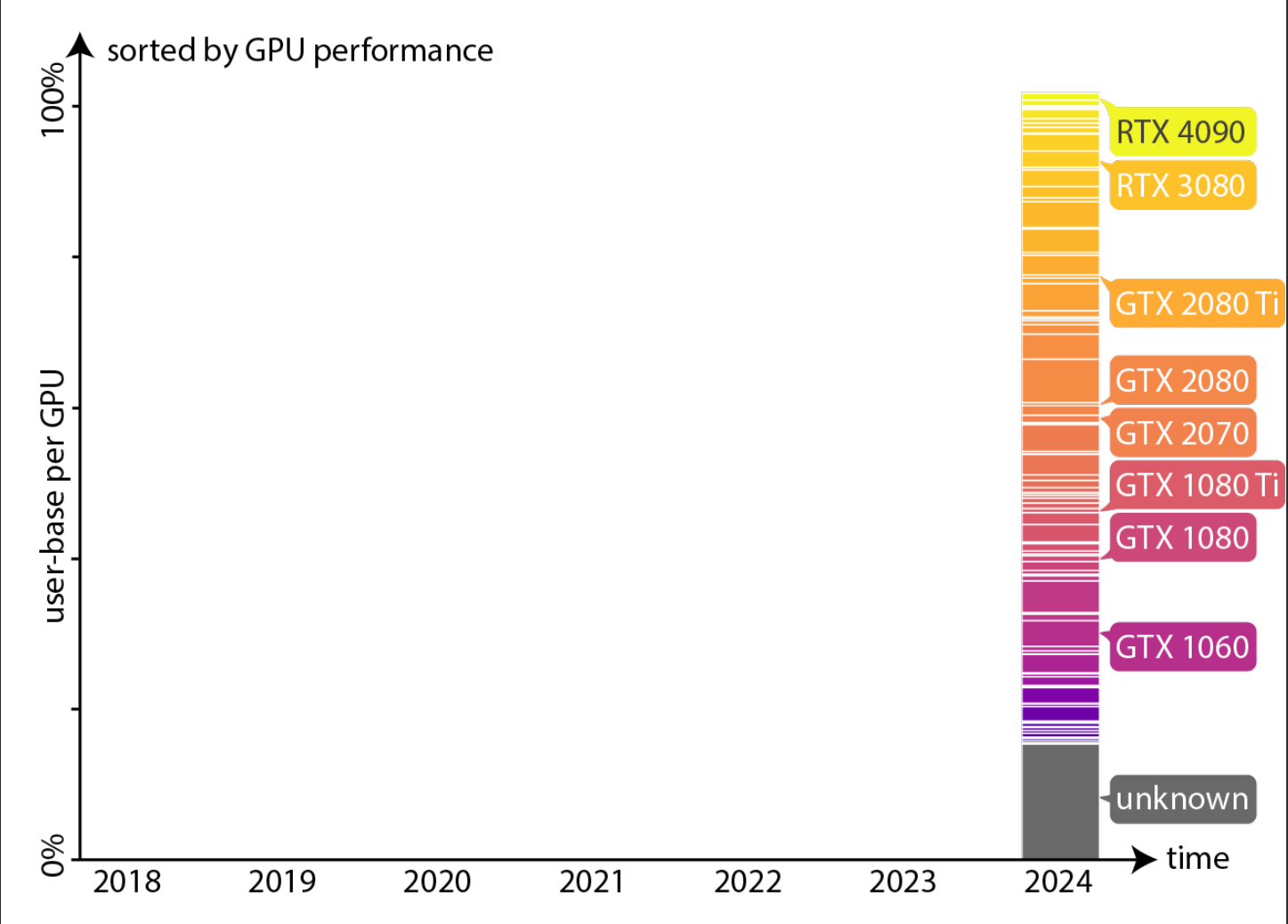


Top GPUs

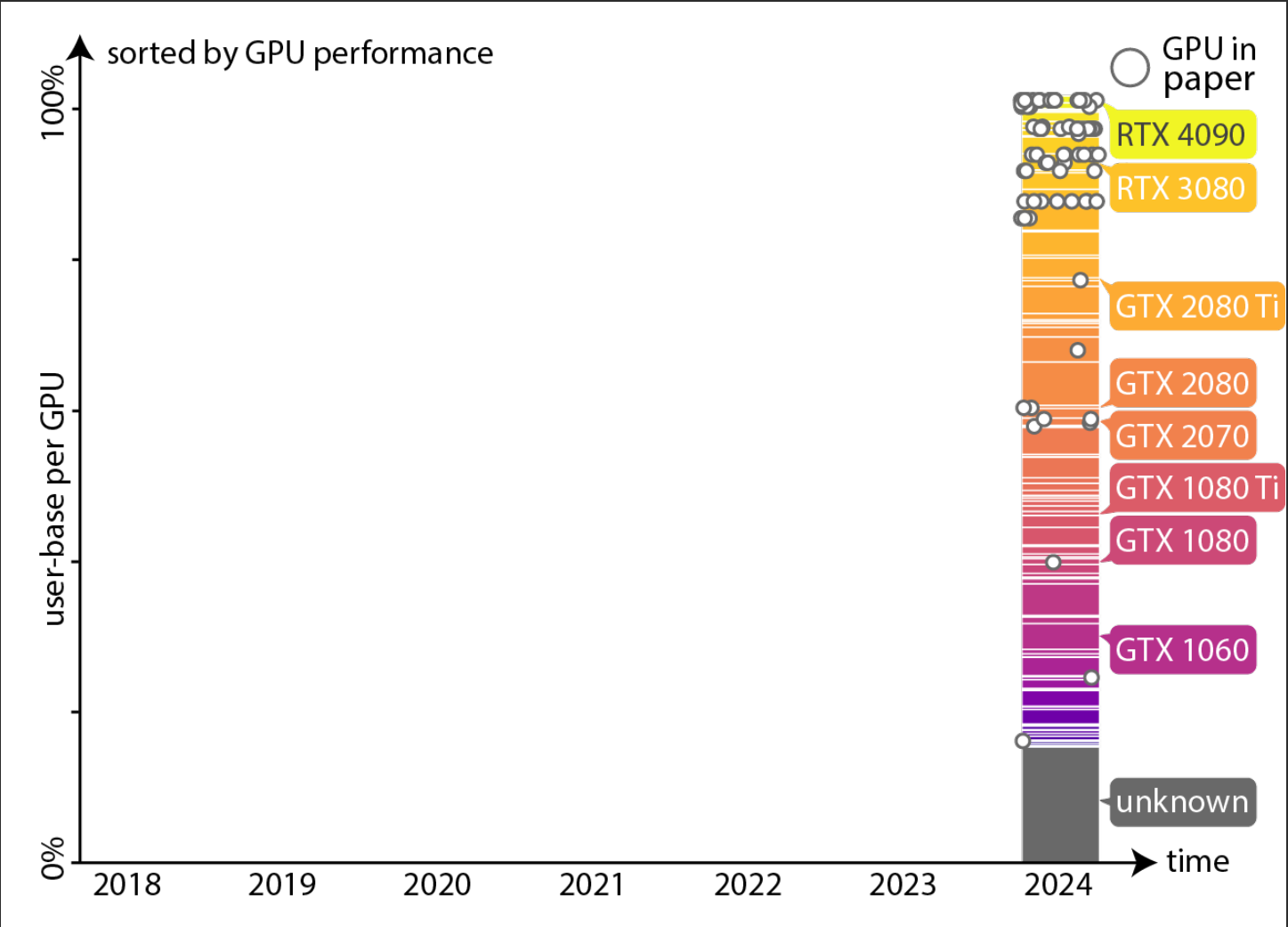
Higher values are better. [Compare more GPU devices.](#)



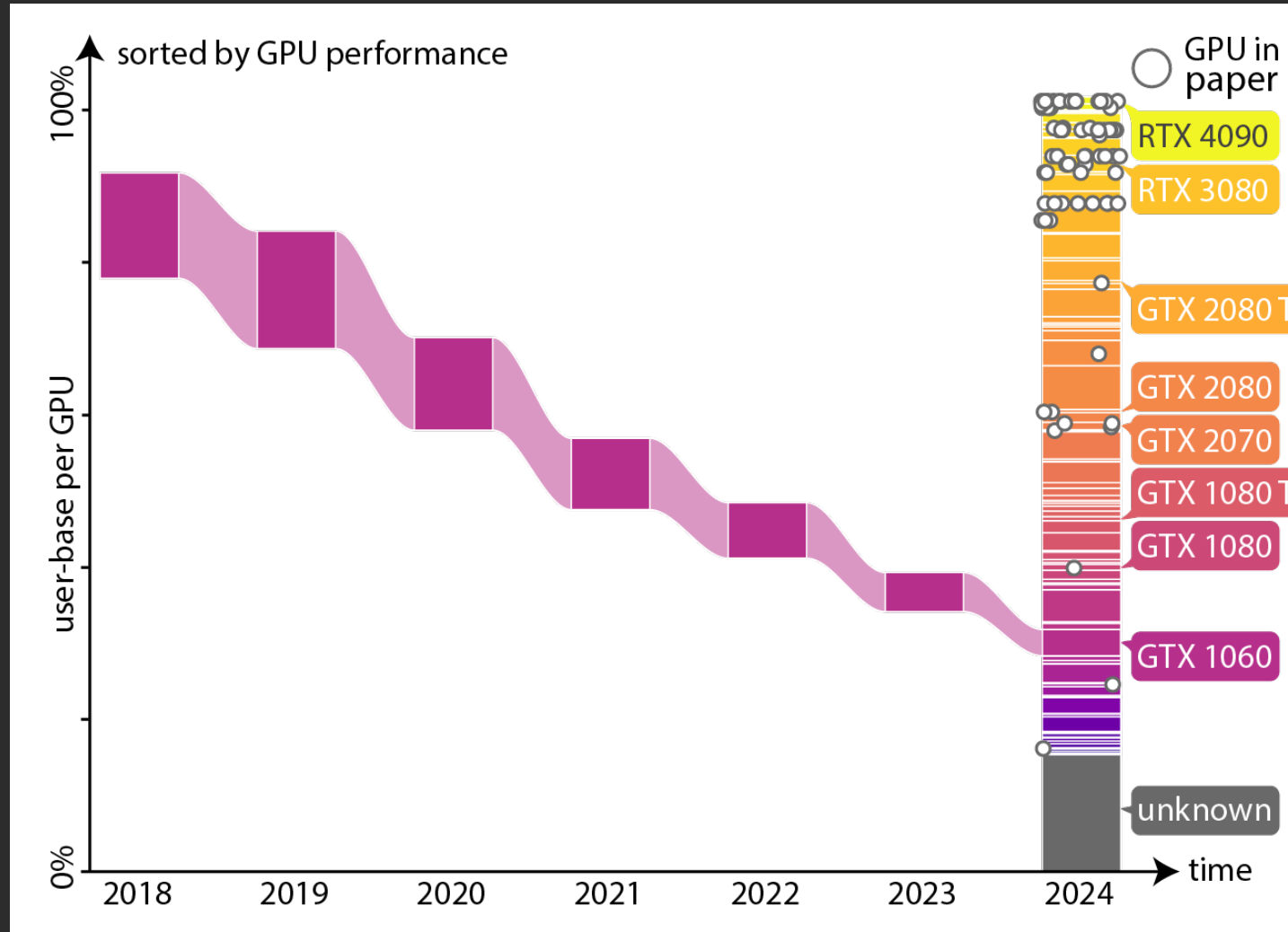
Quels sont les GPUs que la population utilise?



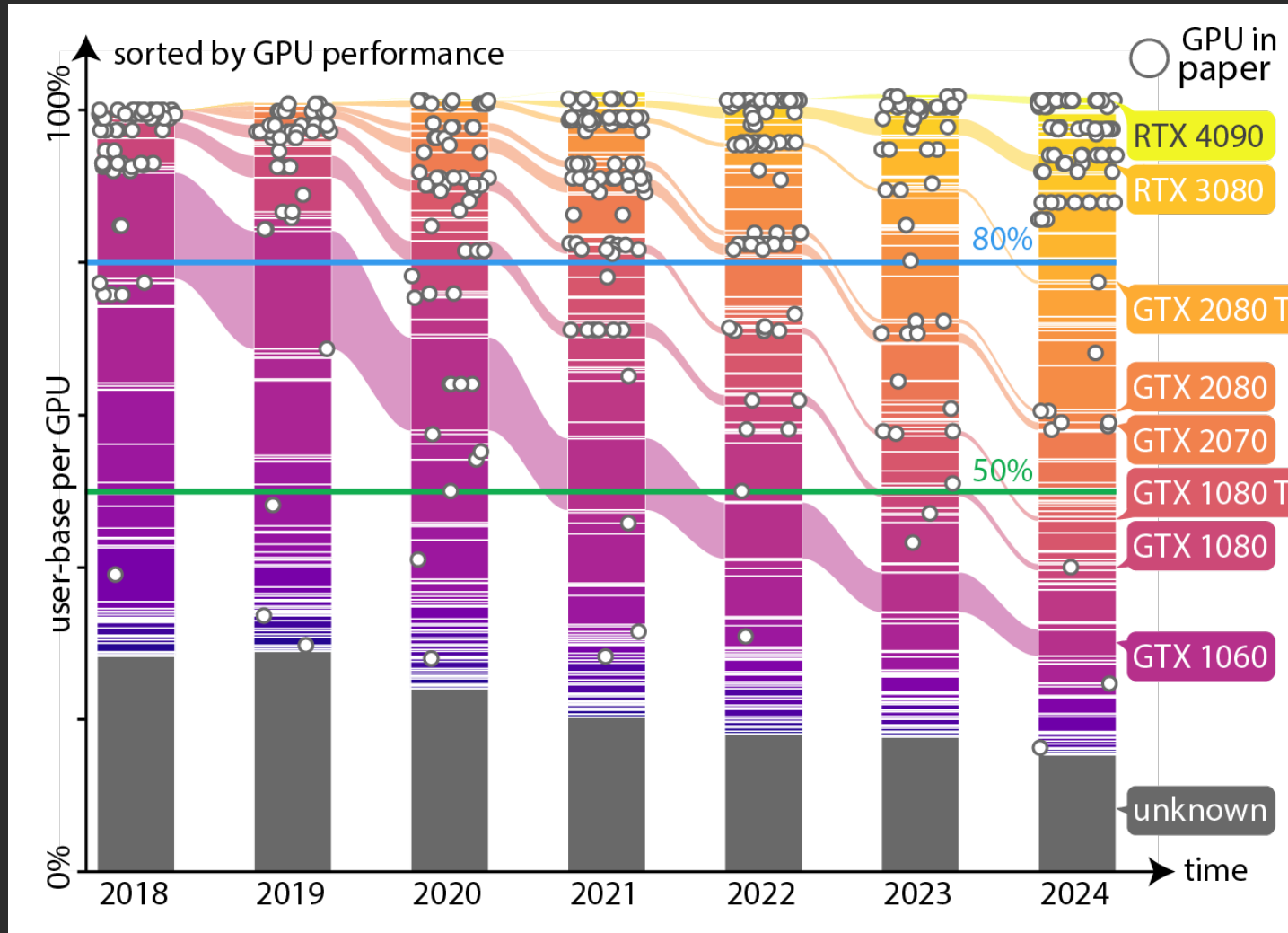
Quels sont les GPUs reportés dans les articles ?



Comment l'utilisation évolue au fil des années ?



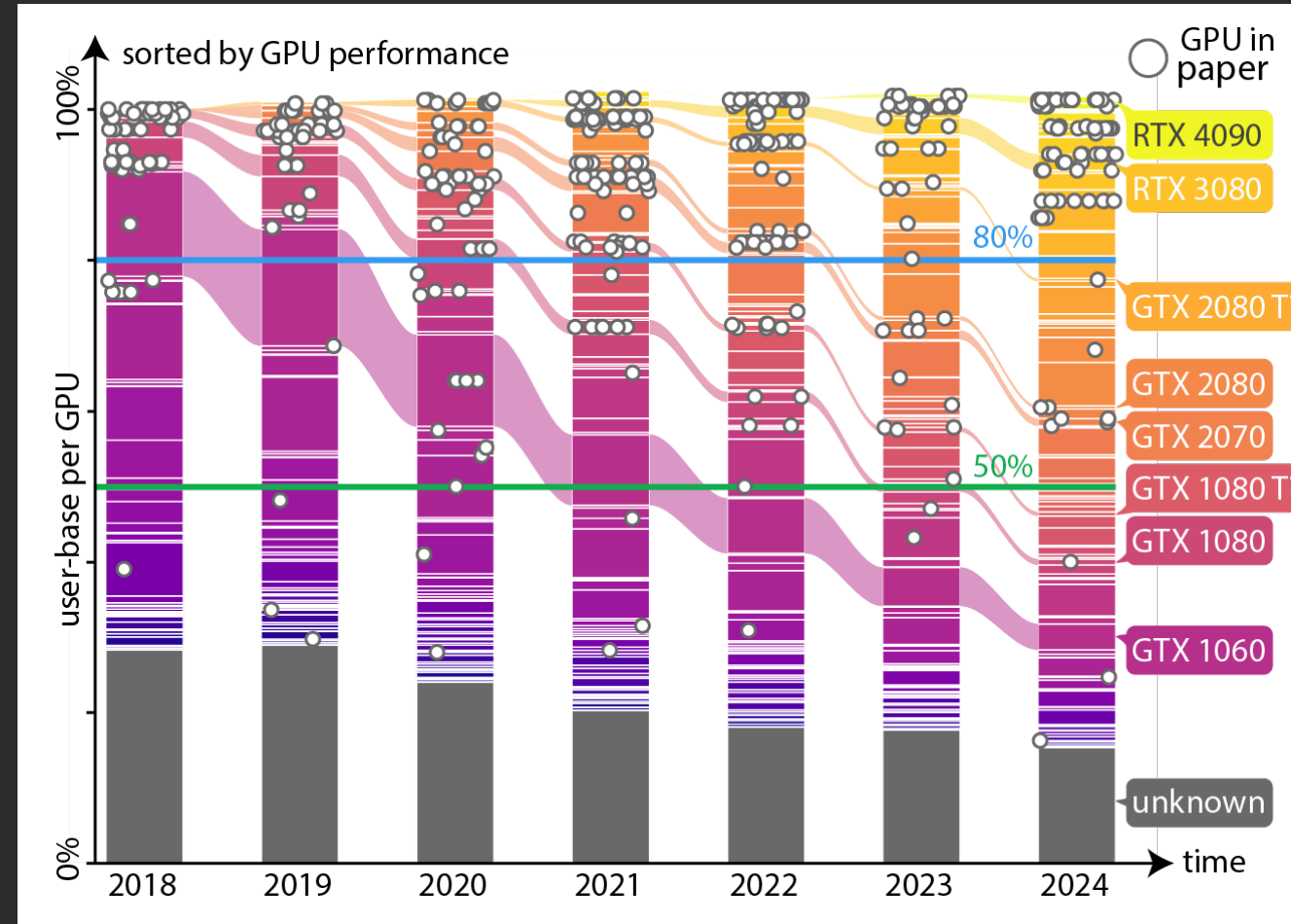
Putting it all together...



Conclusions de l'étude

Un biais consistant de la recherche vers les GPUs haut de gamme

- 87% des GPUs reportés dans les articles sont accessible à moins de 20% de la population au moment de la publication

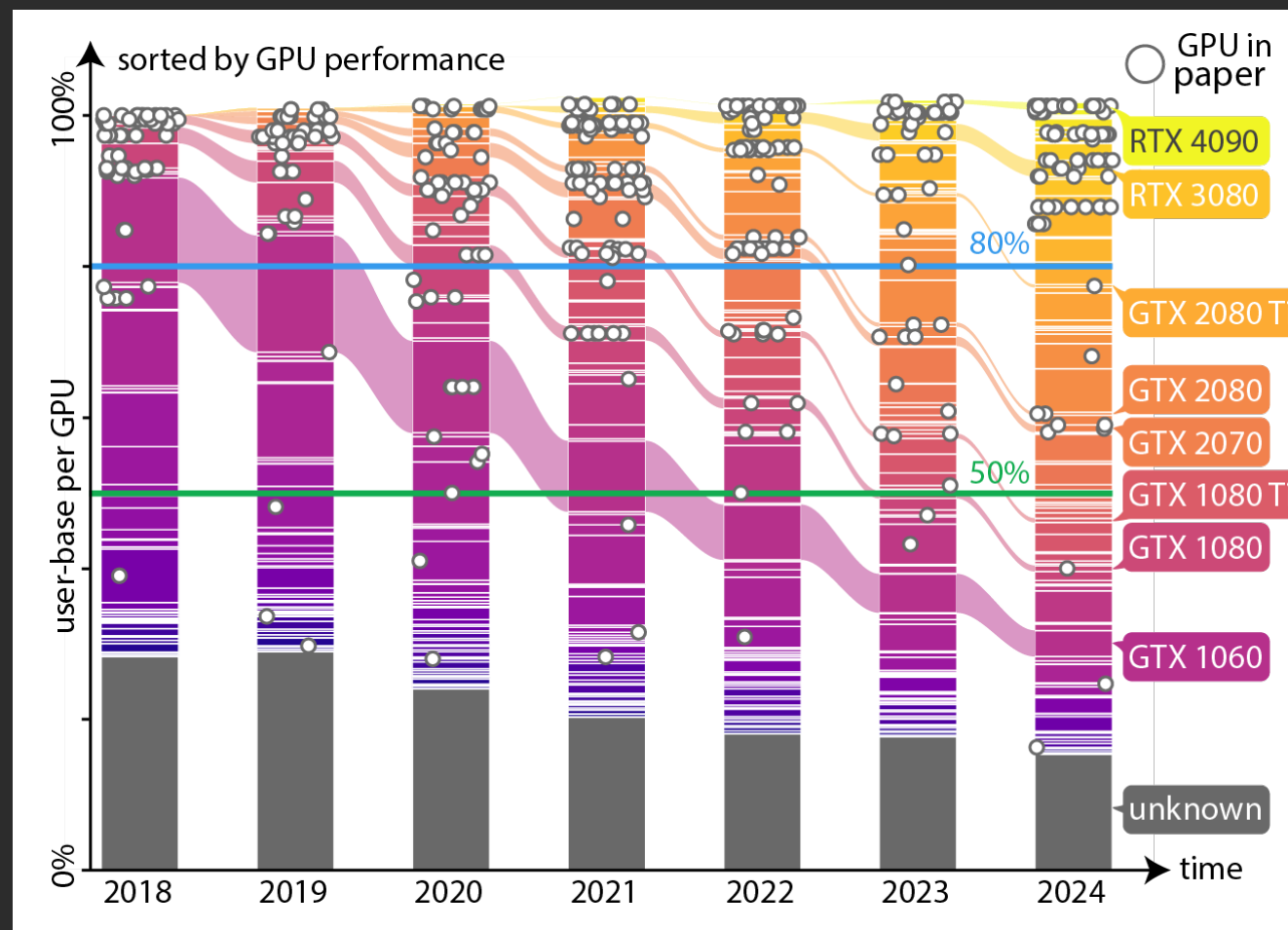


Conclusions de l'étude

Un biais consistant de la recherche vers les GPUs haut de gamme

- 87% des GPUs reportés dans les articles sont accessible à moins de 20% de la population au moment de la publication

Les GPUs haut de gamme sont plus répandus après quelques années



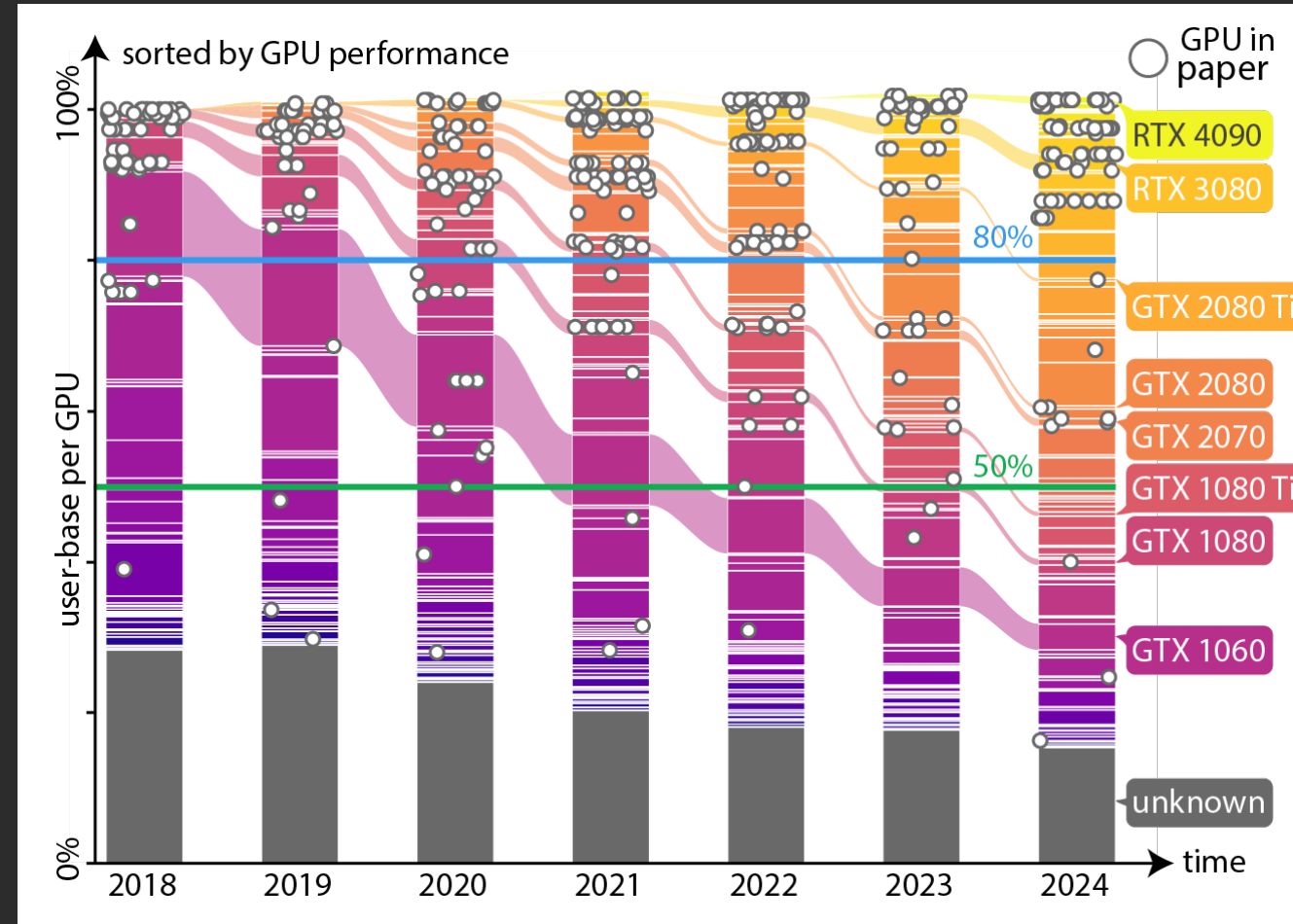
Conclusions de l'étude

Un biais consistant de la recherche vers les GPUs haut de gamme

- 87% des GPUs reportés dans les articles sont accessible à moins de 20% de la population au moment de la publication

Les GPUs haut de gamme sont plus répandus après quelques années

De plus en plus d'articles utilisent des GPUs de cluster de calcul (e.g. A100X, A800)



Limitations

Biais potentiels : les noms des GPUs sont récupérés depuis le texte; notre population est réduite; et le classement se basent sur un benchmark très spécifique

Limitations

Biais potentiels : les noms des GPUs sont récupérés depuis le texte; notre population est réduite; et le classement se basent sur un benchmark très spécifique

A-t-on prouvé quelque chose ? Une **corrélation** n'est pas une **causalité**, mais l'utilisation des GPUs haut de gamme en recherche **participe** au paradigme Cornucopian.

Limitations

Biais potentiels : les noms des GPUs sont récupérés depuis le texte; notre population est réduite; et le classement se basent sur un benchmark très spécifique

A-t-on prouvé quelque chose ? Une **corrélation** n'est pas une **causalité**, mais l'utilisation des GPUs haut de gamme en recherche **participe** au paradigme Cornucopian.

Sommes-nous **condamnés** à faire partie de ce cercle sans fin de **renouvellement matériel**?

Conclusion

Leviers de changement à des niveaux multiples

Il y a des opportunités de changement parmi les **organisations** et **institutions**

Pratiques de review

- S'assurer d'un **reporting clair** du hardware
- Admettre l'accessibilité matériel comme **critère d'acceptation** de l'article
- Promouvoir un reporting de métrique **agnostique** du matériel utilisé

Research directions

- Considérer les **environnements contraints** comme des opportunités **d'innovation**
- Développer des outils de **mesures** efficaces, faciles d'accès

Cette méthodologie peut s'appliquer à **d'autres domaines** !

Invitation à la discussion

Nous ne sommes pas des experts de l'impact environnemental ni du bilan carbone

- On essaye d'agir à notre niveau dans notre communauté et de gagner en compétence
- Le sujet est complexe, il n'y a pas de petite victoire tant que l'on garde en tête les effets rebonds

Invitation à la discussion

Nous ne sommes pas des experts de l'impact environnemental ni du bilan carbone

- On essaye d'agir à notre niveau dans notre communauté et de gagner en compétence
- Le sujet est complexe, il n'y a pas de petite victoire tant que l'on garde en tête les effets rebonds

Vos pratiques & problématiques m'intéressent !

Quelles sont vos pratiques pour l'éco responsabilité, dans votre métier ou dans votre studio ?

Avez-vous renouveler votre parc de machines/render farm/... pour avoir accès aux derniers algorithmes ?

Quel est l'impact de l'IA dans votre domaine ? Comment le monitoring s'effectue t-il ?

Collaborators (in and outside Adobe!)



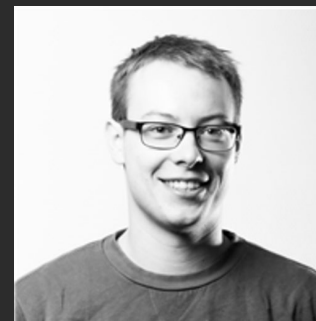
Rosalie Martin



Elie Michel



Emilie Yu



Robin Faury



Octave Crespel



Felix Hähnlein



Jérémy Levallois

Crédits illustrations : Elie Michel, Emilie Yu

References

Articles de recherche, Guides, Sessions dans des conférences

Richardson, J., Steffen W., Lucht, W., Bendtsen, J., Cornell, S.E., Donges, J.F., Fetzer, I. et al. 2023. Earth beyond six of nine Planetary Boundaries – Sciences Advances 2023

The Environmental Impact of Computer Graphics – Paris et al. 2024 (BoF Session SIGGRAPH 2024)

Towards a sustainable use of GPUs in Graphics Research – Yu, Michel et al. 2025 (SIGGRAPH 2025 Talk)

Méthodes et outils systémiques concrets pour faire face à la complexité environnementale et aux effets rebond pendant un processus de design ou de décision – Laetitia Borne, PhD Thesis 2024

Guide de l'animation eco responsable – Ecoprod 2023

Talks

Ecoresponsabilité & Animation: de nouveaux outils qui pourraient faire la différence - RADI-RAF 2023

Press/Web

Festival Annecy – engagement bilan carbon <https://www.annecyfestival.com/participer/annecy-festival-sengage> - 2023

Data Center Water Usage <https://dgtlinfra.com/data-center-water-usage/> - 2024

What Do Google's AI Answers Cost the Environment? <https://www.scientificamerican.com/article/what-do-googles-ai-answers-cost-the-environment/> - 2024

Global e-waste monitoring - <https://ewastemonitor.info/the-global-e-waste-monitor-2024/> - 2024

Extended Product Responsibility - https://csr.gigabyte.tw/en/extended-product-responsibility-en/?doing_wp_cron=1748906849.7996909618377685546875

Simulateur Carnot - <https://qarnot.com/en/sustainability>

Carbulator - <https://carbulator.org/>

Merci



RADI-RAF - 19 Novembre 2025

Axel Paris - Research Scientist



Adobe