

HARDWARE

TOUT COMPRENDRE POUR BIEN CHOISIR

JANVIER - FÉVRIER 2025 / N° 63

MOTEURS ET INNOVATIONS LOGICIELLES

Les technologies AU CŒUR DE NOS JEUX

CPU nouvelle génération

Intel Arrow Lake vs
AMD Ryzen 9000

Meta Quest 3S, Vive Focus Vision

Du nouveau
dans la VR

Le futur des retours tactiles

Rencontre avec les
Français d'Interhaptics

Wooting 80HE

Le meilleur clavier
de jeu au mondeUnity, Unreal Engine, DirectX :
à la fois bénédictions et fléauxCe qu'en pensent
les développeurs

EN TEST LA PS5 PRO À L'ÉPREUVE

OÙ EN SONT
LES CONSOLES
FACE AU PC ?

L 19664 - 63 - F: 7,90 € - RD

DOM/S : 8,90 € - BEL/LUX : 8,40 € - TUN : 18,30 TND
CH : 12,60 CHF - CAN: 13,99 \$CAD



TURTLE BEACH™



AU FAIT,



DEVIENT TURTLE BEACH !



ATLAS™ AIR
CASQUE DE JEU SANS-FIL
OUVERT

NOUVEAU



VULCAN™ II TKL PRO
CLAVIER DE JEU TKL
MAGNÉTIQUE

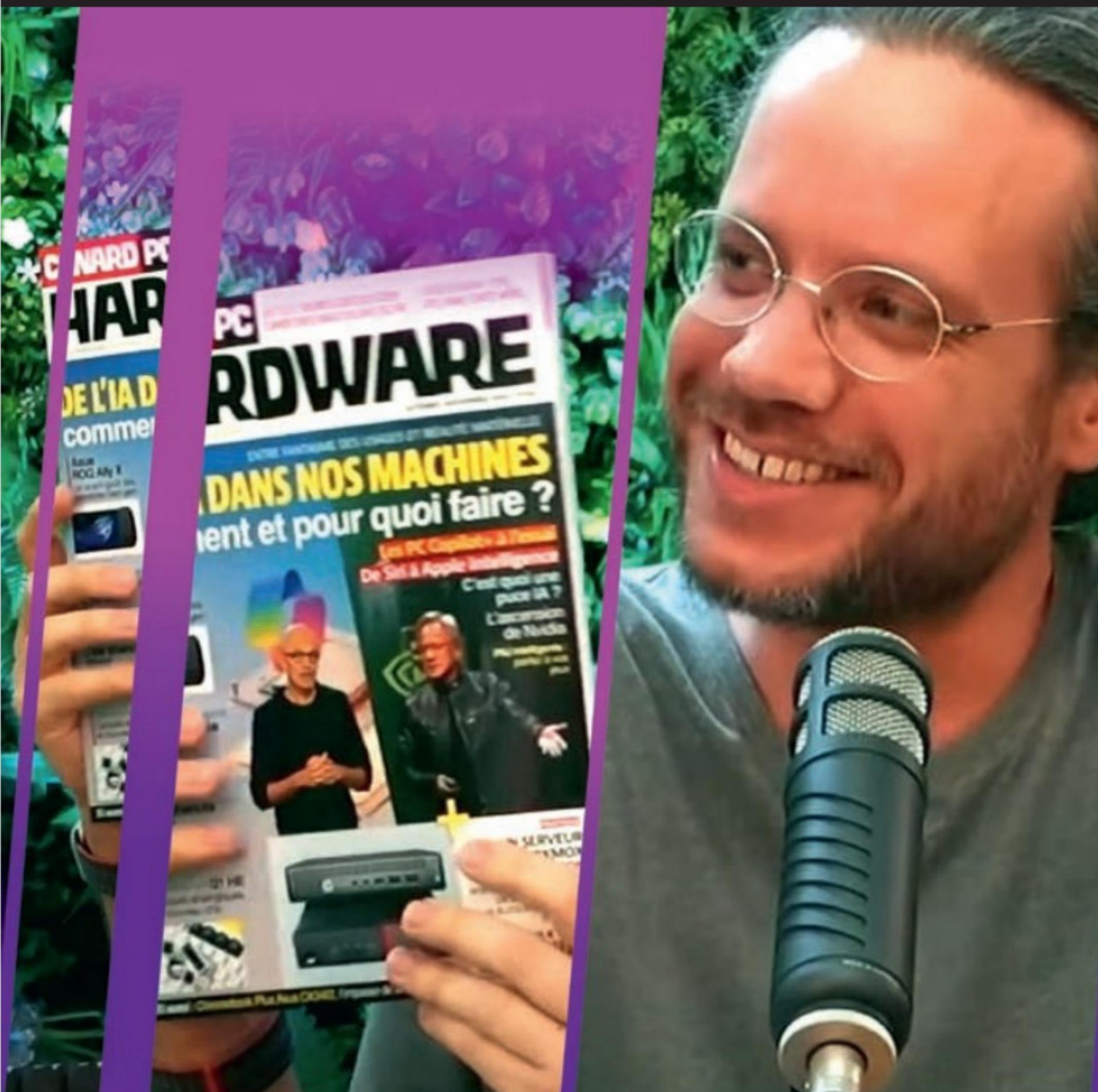
NOUVEAU



BURST™ II AIR
SOURIS DE JEU SANS-FIL
47 GRAMMES

NOUVEAU

WWW.TURTLEBEACH.COM



04 ÉDITO

L'au revoir de Furolith (c'est hard...)

Hardware

06 DOSSIERS :

- 07 S'habituer à devoir patcher son matériel ?
- 10 AMD Ryzen 9000 (Zen 5)
- 11 Intel Core Ultra 200S (Arrow Lake-S)
- 12 Core Ultra ou Ryzen 9000, quel CPU pour quel usage ?
- 14 PS5 Pro : un tournant pour les consoles de jeu
- 22 La PS5 Pro « contre » le PC



Périphériques

27 TESTS :

- 27 Clavier Wooting 80HE
- 32 Coussin gaming Razer Freyja
- 37 Casque-micro Razer Kraken V4 Pro



30 DOSSIERS :

- 30 Claviers analogiques, le nouveau chic
- 34 Toucher du doigt le futur de l'immersion : rencontre avec Interhaptics
- 38 Meta Quest 3S, Vive Focus Vision et nouveaux jeux : le (petit) sursaut de la VR



Informatique & technologie

44 DOSSIERS : LES MOTEURS PHYSIQUES

- 45 Comment j'ai appris à ne plus m'en faire et à aimer Unity
- 48 La vie avec un moteur : entretien avec Éric Audinet (Amplitude Studios)
- 54 En 2024, où en est l'Unreal Engine 5 ?
- 58 DirectX 12, la révolution qui n'a pas eu lieu
- 62 Les moteurs physiques ont toujours la forme



Guides d'achat

67 Les Configs de Canard

- | | |
|--------------------|-----------------|
| 68 Processeur | 76 Alimentation |
| 70 Carte graphique | 77 Stockage |
| 72 Refroidissement | 78 Claviers |
| 73 Carte mère | 79 Souris |
| 74 Boîtier | 80 Casques |
| 75 Mémoire | 81 Accessoires |

- 82 Canard Peinard : Les mots croisés pour les pros du hard et des calembours

Édito



Deux petites années et puis s'en va... Cet édito est le huitième que j'écris pour *Canard PC Hardware*, et déjà le dernier. J'ai l'impression que ce n'était qu'hier que je débarquais pour la première fois, comme une fleur, dans les locaux de la rédaction.

Moi, le petit malotru n'ayant jamais étudié les lettres ou la communication, qui m'étais improvisé journaliste tout juste quelques années plus tôt, n'avais strictement jamais pratiqué la presse papier, et me retrouvais soudainement propulsé à la rédaction en chef d'un magazine. Je mesurais bien le caractère franchement pas banal de la situation.

Je mesurais d'abord, et justement d'autant plus que je venais du Web, la chance que j'avais de travailler pour l'un des derniers titres où j'aurais la liberté d'écrire ce que je voudrais, de la manière que je voudrais. D'être si loin des angoisses existentielles d'une presse tech qui a, dans sa quasi-totalité, capitulé face aux exigences du Saint Moteur de recherche, et tout particulièrement de cette invention maléfique qu'est Discover, le service de Google qui décide des articles recommandés que vous voyez à l'ouverture de certaines applications Android ou de Chrome – un service devenu un pourvoyeur de trafic colossal pour les sites, et qui récompense généralement les titraillles et les lignes éditoriales les plus grotesques que l'on puisse imaginer. Je mesurais la responsabilité qui m'incombait de ne pas faire n'importe quoi avec cette liberté.

Et je mesurais enfin, tout simplement, le défi que serait le simple fait de réussir à accoucher de chaque numéro. Presse Non-Stop, la société éditrice de *Canard PC Hardware*, venait

de connaître une année 2022 très difficile, durant laquelle elle avait dû supprimer l'un des deux postes en interne dédiés au magazine. Je ne me suis pas pour autant retrouvé tout seul à produire chaque numéro : j'ai pu compter sur les apports de pigistes qui mériraient que je les nomme toutes et tous un par un pour les remercier – et sur l'inestimable soutien, professionnel comme moral, de Sonia notre super secrétaire de rédaction, et Toto notre maquettiste aux doigts de magicien, lors de chaque dantesque bouclage. Il n'empêche que la tâche a été dure, la charge de travail vertigineuse, et c'est cette dernière qui a fini par me faire lâcher prise, bien plus rapidement que je ne le pensais.

Je mentirais si je disais que je m'en vais sans aucune amer-tume, avec le sentiment du devoir totalement accompli. En si peu de temps, je n'ai pas vraiment emmené *Canard PC Hardware* là où je voulais l'emmener. Mais je pars au moins satisfait de savoir que pendant mon « ère », son lectorat (oui, c'est de VOUS que je parle) s'est maintenu à de bons niveaux, ce qui n'est pas rien dans le contexte actuel pour la presse papier. L'an prochain, le magazine changera, pour revenir à la formule de ses origines : celle d'un hors-série de *Canard PC* tout court, qui paraîtra deux fois par an. Je ne doute pas une seconde que vous y retrouverez tout ce que vous aimiez dans le magazine avant mon passage, et que, je l'espère, vous y aimez toujours maintenant. D'ici là, je vous souhaite une excellente lecture de ce qui restera « mon » dernier *Canard PC Hardware*. Merci pour votre fidélité !

Furolith, rédacteur en chef

Votre magazine réduit sa fréquence de parution, mais augmente son nombre de pages.

En 2025, Canard PC Hardware change de formule !

2 parutions par an : juin et novembre

100 pages, soit +20%

La même volonté de vous informer

La même indépendance

La situation de la presse magazine en général, et de la presse dite "Tech" en particulier, nous oblige à nous adapter pour pouvoir continuer à vous informer, à suivre les évolutions technologiques et à éviter les pièges du marché du hardware.

Canard PC Hardware retourne à ses origines en redevenant un *Hors-série* de Canard PC, publié deux fois par an pour faire le point sur le matériel des joueurs et les évolutions hardware.



SI VOUS ÊTES ABONNÉ À CANARD PC HARDWARE

Ne craignez rien : vous recevrez automatiquement cette nouvelle formule, aussi longtemps qu'il vous reste des numéros de Canard PC Hardware à recevoir (NB : consultez votre compte sur notre boutique en ligne pour connaître le nombre de numéros qu'il vous reste à recevoir, écrivez à : abonnement@canardpc.com pour toute question).



DOSSIERS

p. 07 S'habituerà-t-on à devoir patcher son matériel ?
p. 10 AMD Ryzen 9000

p. 11 Intel Core Ultra 200S (Arrow Lake-S)
p. 12 Core Ultra ou Ryzen 9000, quel CPU pour quel usage ?

p. 14 PS5 Pro : un tournant pour les consoles de jeu
p. 22 La PS5 Pro « contre » le PC

Le traditionnel match entre les nouveaux CPU Intel et AMD a été décevant sur cette génération, plombé de part et d'autre par de gros couacs de lancement.

Hardware



Entrées en piste compliquées pour les processeurs next-gen

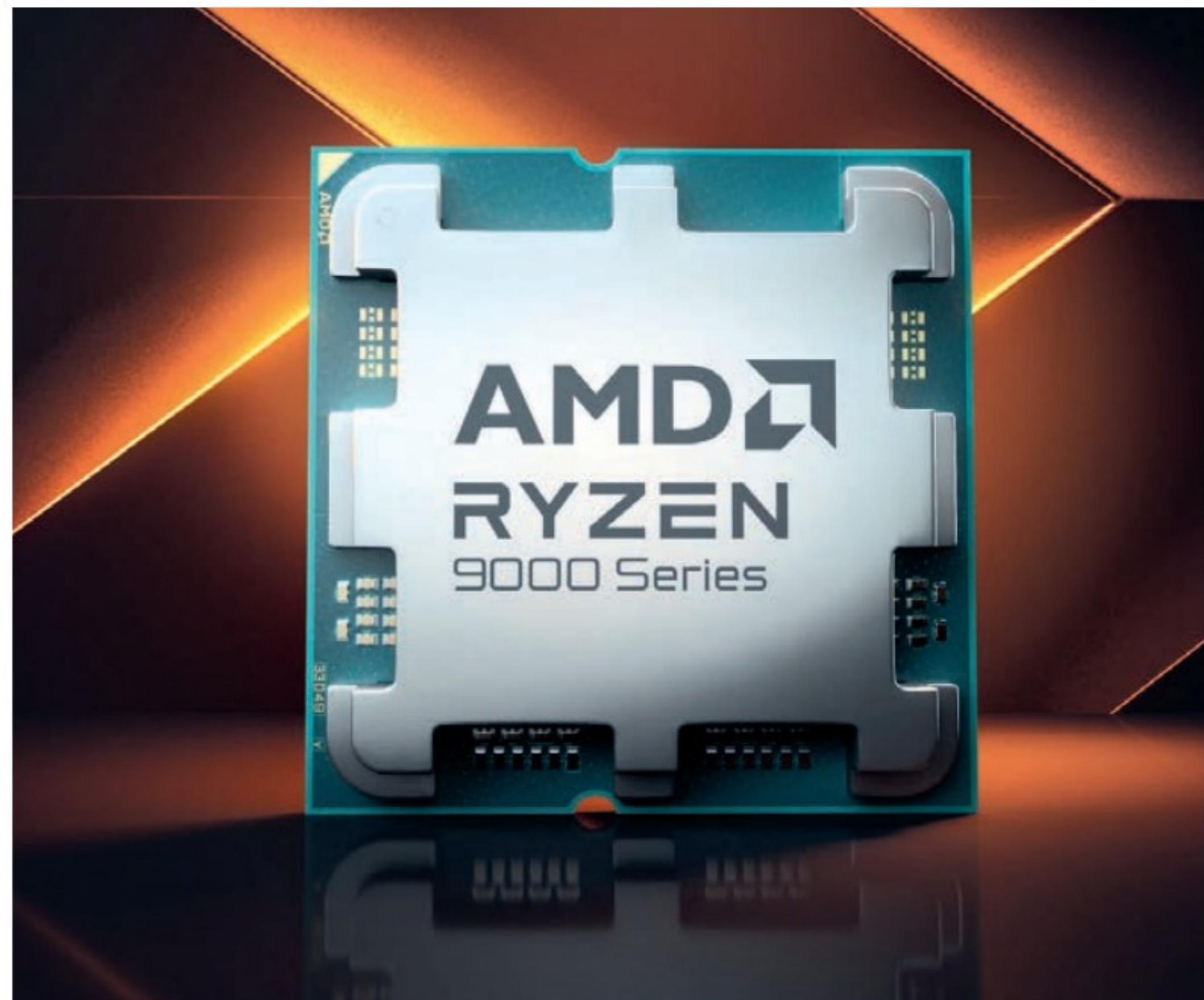
Dossier
Par Furolith

S'habituerà-t-on à devoir patcher son matériel ?

Par Furolith

Nous autres amateurs de jeu vidéo, nous sommes tristement habitués désormais à ce que certains jeux sortent trop tôt, mal finis, blindés de bugs qui auront besoin de longs mois pour être (peut-être) corrigés. Faut-il redouter que le hardware puisse se mettre à suivre ce triste exemple ? C'est la question que l'on se posait déjà cet été avec le lancement pour le moins raté des CPU Ryzen 9000 d'AMD. Quelques mois plus tard, le lancement tout aussi chaotique des Intel Ultra Core 200S (Arrow Lake-S) n'a fait qu'attiser nos craintes.

C'est peu de dire que pour Intel, le lancement de la nouvelle gamme de processeurs Core Ultra 200S était un événement important, au moins en termes de relations publiques. Alors que l'entreprise nage encore dans un océan de négativité, entre résultats financiers très alarmants et soucis de fiabilité majeurs de ses CPU de générations précédentes (nous nous en étions fait l'écho dans le précédent numéro de *Canard PC Hardware*), l'intronisation de ces nouvelles puces aurait pu et dû être une salutaire bouffée d'air frais, un moment pour repartir de l'avant et mettre derrière soi, autant que faire se peut, les couacs des mois précédents. Mais tout ne s'est pas passé comme prévu. À la sortie des premiers tests, le jour fatidique du 24 octobre 2024, personne ne semble être d'accord sur l'avis qu'il faut avoir sur ces CPU. Enfin, si, au moins un détail rassemble à peu près tout le monde : les tests ne donnent pas les résultats promis, les bugs et anomalies sont innombrables – bref, ces processeurs ne sont pas prêts. On n'est pas sûr de se souvenir d'un lancement aussi confus et chaotique, alors qu'il



Pas de jaloux : chez AMD, le lancement de la génération Ryzen 9000, l'été dernier, a été tout aussi chaotique que celui des Intel Arrow Lake. (© AMD)

y a pourtant de la concurrence... et de la concurrence très récente. Quelques mois plus tôt, en août pour être précis, c'était le grand rival AMD qui avait spectaculairement trébuché au moment de lancer ses propres CPU de nouvelle génération, les Ryzen 9000 sous architecture Zen 5. Là encore, les premiers tests avaient fait état de performances très décevantes, au point d'aboutir parfois à des régressions par rapport à la génération Zen 4, notamment en jeu. Sauf qu'en fait, le hardware lui-même n'était pas (entièrement) responsable de cette situation ; elle était principalement due à des défauts de configuration software. Dit autrement, c'était *la faute à Windows*. L'explication ? Les puces Zen 5 s'appuient sur un système de prédition de branchement sensiblement plus complexe que celui de Zen 4, système que le scheduler de Windows ne savait pas exploiter correctement dans ses réglages « par défaut ». Ce n'est qu'après plusieurs mises à jour spécifiques de

Windows 11 (la dernière publiée plus de deux mois après la sortie commerciale des processeurs) que les derniers-nés de la famille Ryzen ont enfin pu s'exprimer à leur plein potentiel – qui reste très décevant, mais ce n'est pas le sujet de cet article. Si j'étais malhonnête, je prétendrais que c'est parce que nous avions senti venir ces problèmes que nous avons décidé de ne pas tester les Ryzen 9000 dans notre précédent numéro ; la vérité est que nous n'avons simplement pas eu les moyens de le faire en plein été. Un mal pour un bien : grâce à cela, nous avons évité de publier des benchmarks qui, entre le moment de leur réalisation (fin août au plus tard) et la sortie du magazine en kiosque (fin septembre), auraient déjà eu le temps de devenir complètement obsolètes...

Ça ne tient plus qu'à un fil.
Mais revenons à nos nouveaux Intel – nommément, le Core Ultra 5 245K, le Core Ultra 7 265K et le Core Ultra 9

285K. Nous aurons l'occasion dans les prochaines pages de détailler leur nouvelle architecture, mais pour l'instant, concentrons-nous surtout sur leurs objectifs techniques, qui avaient *a priori* l'avantage d'être clairs, relativement modestes, mais aussi très sains : poser les fondations d'une nouvelle approche technologique, qui n'allait pas dans l'immédiat révolutionner grand-chose en matière de performances brutes par rapport à la génération précédente (les Core de 13^e et 14^e génération), mais au moins corriger leur principal défaut, à savoir leur consommation énergétique très excessive. Une des méthodes employées pour accomplir cet objectif a été, incroyable mais vrai, non pas de complexifier, mais bien de simplifier leur conception. La partie calcul principale des processeurs est certes toujours sur une structure hybride, employant

LE HARDWARE N'ÉTAIT PAS (ENTIÈREMENT) RESPONSABLE : LE SOUCI ÉTAIT PRINCIPALEMENT DÛ À DES DÉFAUTS DE CONFIGURATION SOFTWARE.

des P-cores dédiés à la performance brute et des E-cores optimisés pour l'efficacité énergétique sur les tâches légères ; mais il n'y a sur le papier aucune raison de croire que cela puisse causer de problème, puisque Intel a adopté cette façon de faire il y a déjà 3 ans (avec les Core de 12^e génération), et que la répartition des processus entre les deux types de coeurs est gérée ici comme elle l'était précédemment, avec un *scheduler* matériel (le Thread Director) désormais mature. À l'inverse, un couche de complexité disparaît, avec l'abandon sur cette génération de toute forme d'Hyper-Threading : même les P-cores sont désormais vus chacun par le système d'exploitation comme un cœur logique unique, et non deux coeurs logiques comme auparavant – ce qui doit au passage permettre de légèrement améliorer les performances sur les tâches mono-thread.



Le Core Ultra 5 245K.

Conflits d'emploi du temps.

Imaginez donc quelle fut ma surprise, au moment de démarrer mes benchmarks, de constater l'exact inverse. Ce ne serait certes pas inédit chez Intel de voir une génération de CPU faire un pas en arrière par rapport à la génération antérieure (coucou les Core 11^e gen). De là à autoriser que l'Ultra 5 245K fasse 40 % moins bien que son aîné le Core i5-14600K ? Il ne faut pas exagérer. Autant que je vous épargne le récit des innombrables expérimentations pour essayer de comprendre d'où pouvaient venir ces résultats insensés, les nombreux échanges avec des confrères et avec Intel. Le fin mot de l'histoire : le coupable est...

Windows, encore lui. Sur ces tâches mono-thread (ou peu multi-threadées), le scheduler du processeur essaye de faire en sorte que le process soit constamment en train de se balader entre tous les P-cores de la puce, plutôt que de rester attaché à un seul d'entre eux – l'objectif étant probablement de répartir le dégagement thermique sur la plus large surface possible. Mais selon toute vraisemblance, le scheduler software de Windows 11 version 24H2 ne sait pas s'accommoder de ce comportement, ce qui entraîne des conflits et une occupation des P-cores qui plafonne aux alentours de 70 %. Les premières victimes sont les jeux, qui affichent en conséquence

des performances ridiculement basses. Pour se débarrasser de ce problème, deux solutions existent. La première concerne uniquement les applications parfaitement mono-thread, et consiste à ajuster manuellement l'affinité du processus correspondant à un cœur unique du CPU. Envisageable tant que l'on ne cherche qu'à valider des benchmarks

TOUT CE QUE L'ON SAIT, C'EST QUE L'ON NE SAIT PLUS CE QUE L'ON TESTE, NI CE QUE L'ON DOIT TESTER.

synthétiques ; en revanche, pour mettre ça en œuvre dans le cadre d'un usage quotidien normal, on repassera. La seconde est plus inattendue : revenir sous Windows 11 version 23H2. Le conflit entre les schedulers hardware et software se résout alors complètement.

On ne sait plus ce que l'on teste.

Maintenant, on est certes bien content d'avoir trouvé ces explications/solutions au problème, mais qu'est-ce qu'on en fait ? Pour nous autres malheureux testeurs, il arrive un stade où se demander « à qui la faute » n'a plus de sens. Qu'importe que le premier responsable soit le fabricant du CPU qui lancerait son processeur trop tôt et avec trop peu de vérifications du bon fonctionnement des puces en conditions réelles, Microsoft qui aurait omis de prévenir l'édit fabricant d'un changement de fonctionnement fondamental apporté



Les Core Ultra 200S se basent sur le nouveau socket LGA-1851.



Le Core Ultra 9 285K.

par une de ses dernières mises à jour, ou bien les deux en même temps. Tout ce que l'on sait, c'est que l'on ne sait plus ce que l'on teste, ni ce que l'on doit tester. Évaluer les puces pour ce qu'elles sont à un instant T, avec la dernière version de Windows, partant du principe qu'un utilisateur lambda n'acceptera jamais de devoir « downgrader » son OS pour pouvoir tirer pleinement parti de son processeur flambant neuf (et pourquoi diable le ferait-il) ? Sur le papier, c'est l'attitude la plus sage et rationnelle ; mais c'est aussi se condamner à publier des chiffres qui, dès qu'un fix même partiel sera déployé, n'auront plus aucun sens. Les évaluer au contraire dans des conditions idéales, et donc peindre le tableau de ce que ces puces *pourraient* être plutôt que ce qu'elles sont réellement – en comptant sur le fait que cette expérience deviendra, à pas trop long

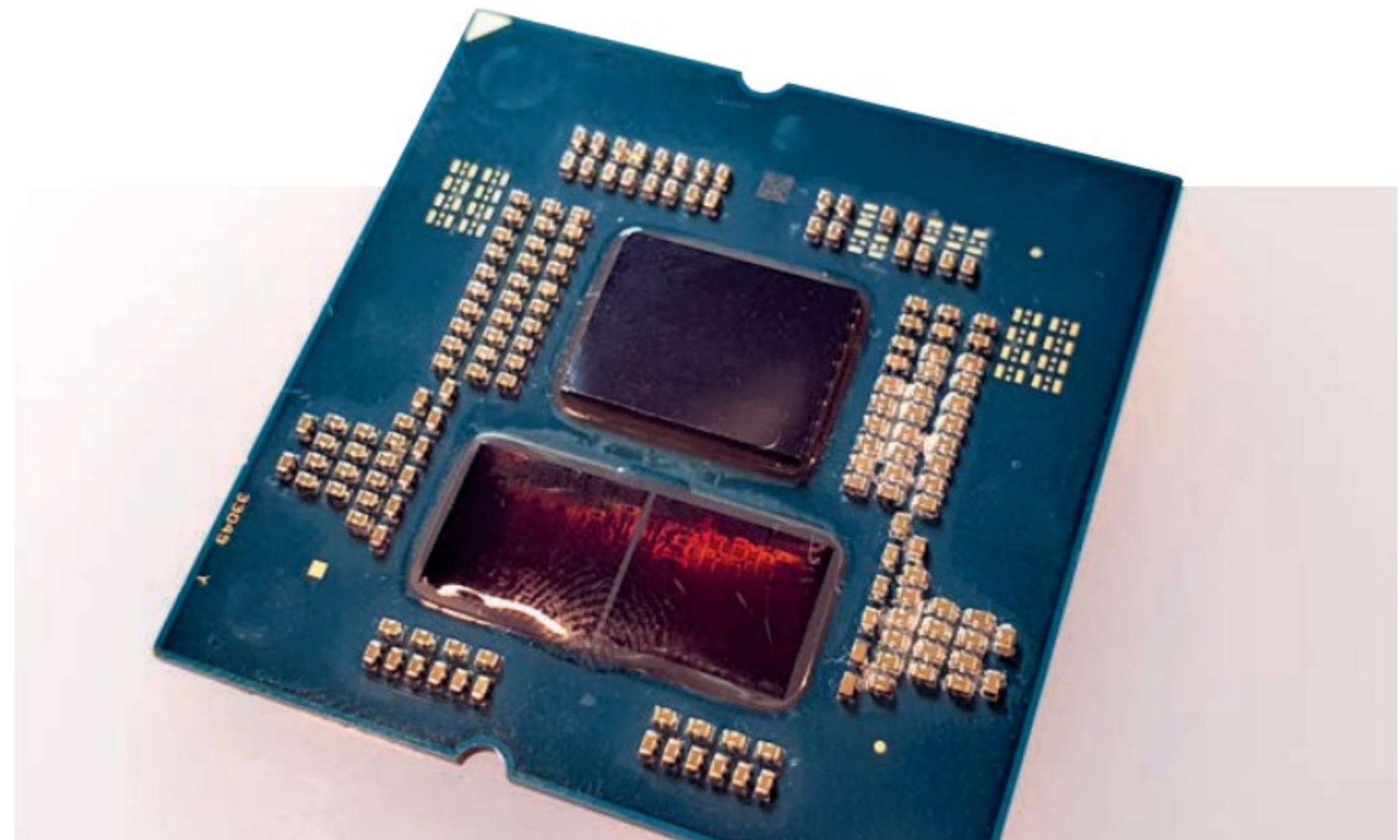
terme, celle de tous les utilisateurs ? C'est accorder à Intel et Microsoft un bénéfice du doute qu'ils n'ont honnêtement rien fait pour mériter. À l'heure où nous devons mettre ces lignes sous presse, Intel promet qu'un correctif rendant aux Core Ultra 200S des performances au niveau de leurs capacités théoriques avec les dernières versions de Windows, sera disponible « *courant décembre* ». Mais tant que cela ne sera qu'une promesse, cela ne nous avancera pas à grand-chose. De toute façon, au sortir d'une telle situation, la conclusion au moins s'écrit toute seule, et tant pis si elle est déjà obsolète au moment où vous lisez ces lignes : tant que vous n'aurez pas eu la confirmation claire et nette, venant de testeurs indépendants, que ces problèmes sont entièrement résolus, il ne serait pas raisonnable d'envisager un achat.

AMD Ryzen 9000 (Zen 5)

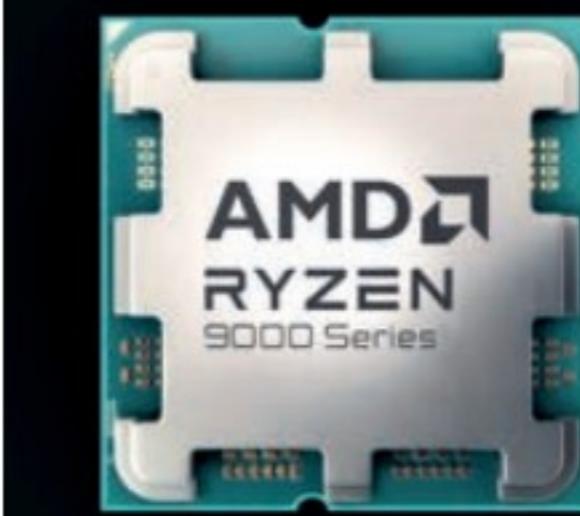
Par Nercès

Près de deux ans après la sortie de sa précédente architecture CPU, AMD a profité de l'été 2024 pour lancer la très attendue Zen 5. Très attendue, c'est un fait, mais avec des bases architecturales communes à la génération précédente et un procédé de gravure à peine amélioré, on peut se poser la question des véritables apports de Zen 5.

Ne nous faites pas dire ce que nous n'avons pas écrit : Zen 5 n'est pas une « fausse » nouvelle génération, et les processeurs Ryzen 9000 ne constituent pas une évolution des Ryzen 7000. Pour autant, il ne faut pas s'attendre à une révolution ; la situation actuelle n'a rien de comparable avec l'arrivée de Zen premier du nom, par exemple. L'objectif est de mettre en ordre les fondations de l'architecture pour de futures évolutions : Zen 6 est déjà en ligne de mire. En premier lieu, AMD met l'accent sur les performances mono- ou double-thread plutôt que de se focaliser sur le multi-thread. Sa communication évoque un nombre d'instructions par tic d'horloge (IPC) en hausse de 16 % par rapport à Zen 4, mais faisant sa mesure d'une drôle de manière : le Ryzen 9 9950X est comparé... au Ryzen 7 7700X, à une fréquence de 4 GHz. Quoi qu'il en soit, ce chiffre est le résultat de plusieurs modifications-clés. La première est le passage au procédé de gravure TSMC N4P (4 nm)¹ – en vérité une évolution mineure du N5 de Zen 4. L'organisation du CPU en revanche ne change pas : on dispose toujours d'un ou deux CCD associés à un IOD, ce dernier étant pour ainsi dire identique à celui des Ryzen 7000. Au sein du CCD, on remarque toutefois d'importants changements. Notamment, le cache L1 voit sa bande passante doublée, le cache L1D s'élève désormais à 48 Ko. Le cache L1 BTB passe quant à lui à 16 Ko, pour une prédition de branche plus efficace, capable de deux prédictions par cycle et jusqu'à trois fenêtres de prédition sur un même cycle.



La structure du Ryzen 9 9950X ne change pas par rapport aux générations précédentes : un I/O die (au centre) et deux CCD de 8 coeurs chacun.



Ryzen ⁹ 9950X	16 cores 32 threads	5.7 GHz max boost	80 MB cache	170W TDP
Ryzen ⁹ 9900X	12 cores 24 threads	5.6 GHz max boost	76 MB cache	120W TDP
Ryzen ⁷ 9700X	8 cores 16 threads	5.5 GHz max boost	40 MB cache	65W TDP
Ryzen ⁵ 9600X	6 cores 12 threads	5.4 GHz max boost	38 MB cache	65W TDP

L'ensemble de la famille Ryzen 9000X.

L'AVX-512 a du cœur.

Autre progrès, AMD opte maintenant pour une intégration « complète » des instructions AVX-512 : nous ne sommes plus sur un double FPU de 256 bits, mais sur un véritable 512 bits. Zen 5 peut aussi compter sur trois unités de planification et sur la possibilité de réaliser deux chargements 512 bits par cycle avec une latence FADD réduite à deux cycles, contre trois sur Zen 4. À côté de ces progrès sur les coeurs « principaux » de ses processeurs, AMD fait évoluer de manière un peu plus anecdotique la partie GPU de ses Ryzen 9000. Plus anecdotique, car à côté des APU de la marque, l'iGPU ici proposé fait pâle figure. On ne parle que d'unités RDNA 2 – avec tout de même, et heureusement, le décodage matériel des codecs H.264, H.265 et AV1. C'est déjà ça. Progrès là encore un peu anecdotique, mais progrès réel cependant : la prise en

charge de la mémoire vive passe à de la DDR5-5600, alors qu'il fallait se limiter à la DDR5-5200 sur les Ryzen 7000. AMD enfonce le clou en précisant que le *sweet spot* de ses nouveaux processeurs utilise de la DDR5-6000 : on garde alors un ratio 1:1 avec le contrôleur mémoire intégré aux CPU. Enfin, impossible de clore sans évoquer la sortie en deux temps des Ryzen Zen 5. À l'automne 2024, cinq Ryzen 9000X sont déjà en magasin, mais il faudra patienter jusqu'à 2025 pour les Ryzen 9000 « non-X ». En attendant, du Ryzen 5 9600X jusqu'au Ryzen 9 9950X, on voit la montée en puissance/cœurs classique chez AMD : 6, 8, 12 et 16 coeurs, avec un TDP allant de 65 à 170 watts.

1. Un passage au 3 nm est prévu pour un futur proche, mais restera *a priori* réservé à des processeurs Zen 5 pour ordinateurs portables et autres machines mobiles.

Intel Core Ultra 200S (Arrow Lake-S)

Par Nercses

Alder Lake en 2021, Raptor Lake en 2022, Raptor Lake Refresh en 2023 : il était temps qu'Intel se renouvelle un peu... beaucoup. Sur le papier, c'est chose faite avec le lancement d'Arrow Lake-S intervenu il y a quelques semaines. L'occasion pour Pat Gelsinger et ses petits copains de s'inspirer de l'architecture mobile pour une puce desktop enfin novatrice.

C'était de notoriété publique : depuis les Core 12 de 2021, et encore un peu plus à chaque nouvelle génération, les puces Intel chauffent et consomment de plus en plus. Intel ne pouvait rester les bras croisés. S'inspirant donc de ce qu'ils avaient développé pour les architectures mobiles Meteor Lake puis Lunar, les ingénieurs de la firme ont opté pour une nouvelle organisation sur ces nouveaux processeurs de bureau. Il s'agit d'assembler sur une puce, via le conditionnement Foveros 3D, des « tuiles » de provenance et technologie diverses. Ainsi, la tuile « *compute* » est fabriquée en TSMC N3B, tandis que la tuile graphique est également produite par TSMC, mais en N5P. Enfin, la tuile SoC et la tuile I/O sont en N6. Car en effet, les puces Intel ne sont plus produites par Intel, mais par son concurrent direct sur le terrain des fonderies, TSMC. Il ne reste plus que l'assemblage de toutes ces tuiles que l'on doit toujours aux usines Intel. Observons maintenant un à un chacun de ces éléments, en commençant par le plus important, la tuile *compute*. Elle regroupe des P-cores (performance) Lion Cove et des E-cores (efficacité) Skymont. Première information : sur les premiers, l'*hyper-threading* a vécu ; selon Intel, la technologie n'a plus d'intérêt du fait de la montée en puissance des E-cores.



Intel met dans le mille ?

Les coeurs Lion Cove sont l'occasion d'une augmentation du nombre d'IPC de l'ordre de 9 %. Qui plus est, la fréquence d'horloge de chaque cœur peut être contrôlée plus finement, par paliers de 16,67 MHz contre 100 MHz par le passé. Comme AMD à propos de Zen 5, Intel vante une prédition de branche plus efficace que jamais. On parle d'une prédition sur 128 octets liée à 26 *dispatch ports*. Les E-cores Skymont profiteraient encore davantage de ces progrès avec un compte d'IPC en hausse de 32 % en single-thread et de 72 % en multi-thread – par la grâce d'une optimisation du Thread Director (l'ordonnanceur matériel des puces) sur laquelle Intel ne donne aucun détail. La partie graphique (iGPU) progresse moins : il n'est pas question ici de proposer des coeurs Xe2 « Battlemage » comme sur Lunar Lake. Les quatre unités de calcul épaulées par

4 Mo de cache L2, 64 moteurs vectoriels et quatre unités *ray tracing* (c'est tendance) doivent suffire à offrir de bonnes performances : en bureautique, sans doute, pour le jeu vidéo, c'est moins sûr. Cédant à une autre grande mode du moment, la tuile SoC intègre un NPU dédié aux tâches *machine learning* de fond, comme sur Lunar Lake – mais en beaucoup moins puissant : il faut se contenter de 13 TOPS, contre les 50 de l'architecture mobile. Enfin, Intel introduit avec Arrow Lake la CUDIMM, une nouvelle catégorie de mémoire DDR5 qui intègre une puce (le CKD) pour stabiliser le signal et aboutir potentiellement à de plus hautes fréquences. À la manière d'AMD, Intel ne propose que cinq puces dans sa première vague Arrow Lake : les Core Ultra 245K/KF (14 coeurs, 6P+8E), Core Ultra 265K/KF (20 coeurs, 8P+12E) et Core Ultra 285K (24 coeurs, 8P+16E). La suite, courant 2025.

Core Ultra ou Ryzen 9000, quel CPU pour quel usage ?

Par Nercses

Après une année 2023 pour le moins tranquille – qui a dit insipide ? –, les nouvelles architectures lancées coup sur coup par AMD et Intel promettaient de rendre le choix du processeur pour une config new-gen nettement plus complexe. Finalement, les questions à se poser ne sont pas si subtiles que ça.

Avant toute chose, il nous faut préciser que les références de CPU que nous avons évoquées dans les pages précédentes, consacrées aux architectures Intel Arrow Lake-S et AMD Zen 5, ne couvrent pas de façon totalement exhaustive le choix disponible en CPU de nouvelle génération pour la fin d'année 2024. Vous avez sans nul doute déjà compris de qui on veut parler, un bestiau répondant au nom de Ryzen 7 9800X3D. C'est en effet le 7 novembre dernier qu'AMD a lancé la première déclinaison 3D Vertical Cache de ses processeurs Zen 5. Pour son entrée en piste, le petit gars se permet un numéro en solo : ses grands frères les Ryzen 9 9900X3D et 9950X3D n'arriveront qu'au début de l'année 2025. Mais qu'importe, il n'a pas besoin d'eux pour remettre les pendules à l'heure et mettre tout le monde d'accord, s'agissant du moins des performances en jeu vidéo.

Toujours plus de cache.

Après tout, cette signature X3D commence à être bien connue des joueurs, et étant donné son historique, on n'est même pas surpris de voir AMD vanter le 9800X3D comme « *le meilleur processeur nouvelle génération pour le jeu vidéo* ». Conformément à ce que l'on attendait, il s'agit à peu de choses près d'un Ryzen 7 9700X agrémenté d'une couche de 3D V-Cache. On y retrouve donc 8 coeurs Zen 5, rassemblés sur un unique CCD, et complété par un I/O encore et toujours identique à celui des



L'Intel Core Ultra 5 245K.

Ryzen 7000. Et comme sur le Ryzen 7 7800X3D auquel il succède, ce cache vertical lui permet de proposer au total 104 Mo de cache L3, soit 64 Mo de plus que sur le 9700X. C'est cette abondance de cache L3 qui lui permet de se trouver particulièrement à son aise s'agissant de traiter en succession rapide des calculs relativement simples mais très variés,

trop fortes. Cette limitation est ici levée grâce à la révision d'un point essentiel de la conception du 9800X3D : le cache vertical est interverti par rapport au CCD qu'il complète. Les coeurs du CCD se retrouvent désormais au-dessus du cache, leur dégagement thermique peut donc être dissipé de façon bien plus efficace.

Rien ne va plus, les jeux sont faits.

À sa sortie, le Ryzen 7 7800X3D avait déjà impressionné son monde du fait de performances de haute volée en jeu. Aujourd'hui encore, rares sont les processeurs capables de lui tenir tête et, quand ils y parviennent, c'est pour beaucoup plus cher, comme l'Intel Core i9-14900K. Autant dire que le Ryzen 7 9800X3D avait un boulevard devant lui. En pratique, les résultats du 9800X3D ne réservent aucune surprise. La mission est accomplie : il s'impose à son tour comme le meilleur processeur pour le jeu vidéo existant. Il domine de la tête et des épaules tous ses concurrents, qu'ils soient badgés Intel ou AMD, quand bien même il faut noter que le 7800X3D n'est pas toujours dépassé de beaucoup. Cependant, en scénario 100 % limité par le CPU, l'écart est bel et bien là. Bien sûr, et comme toujours, ces scénarios sont ceux sur lesquels nos

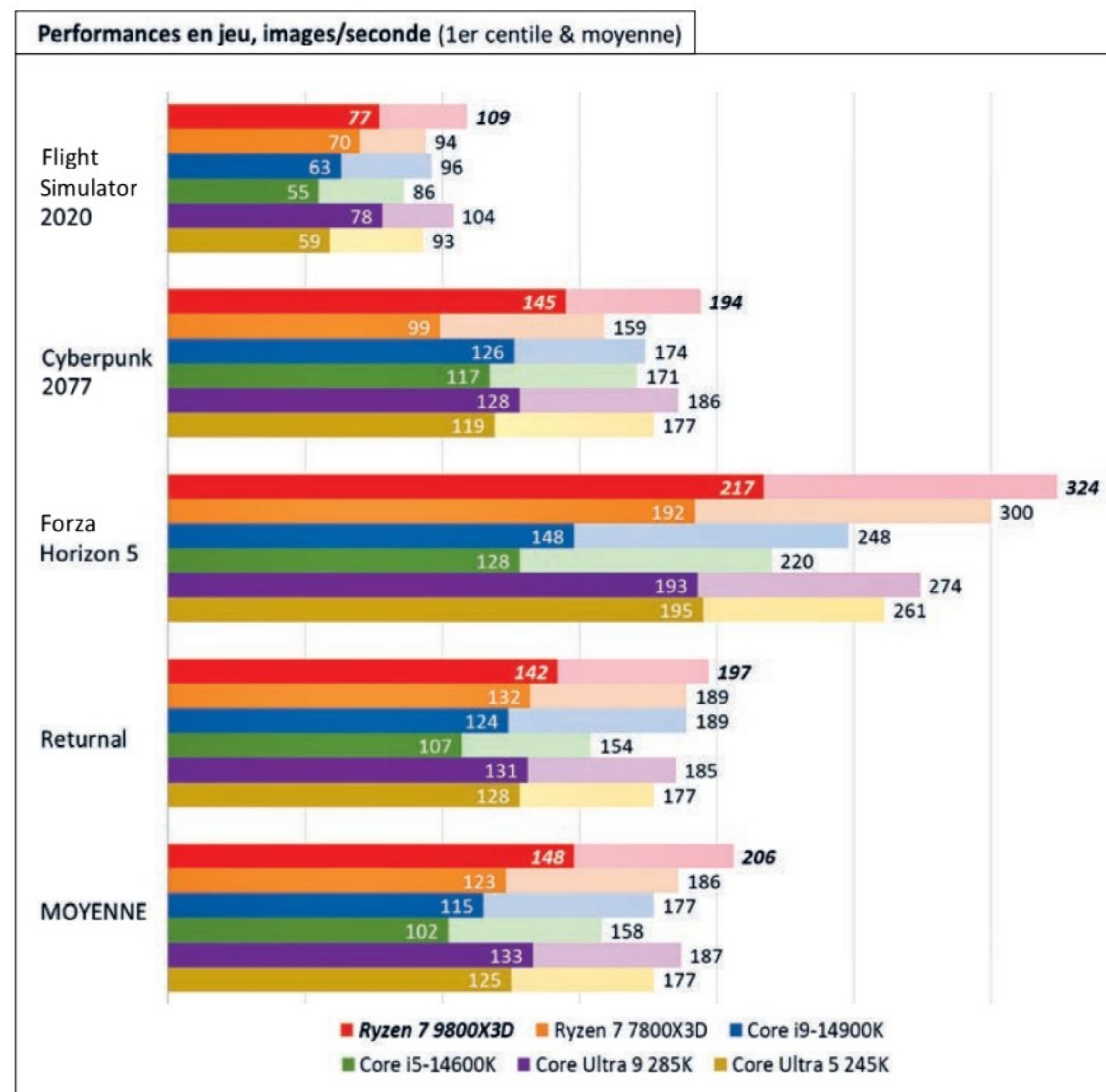
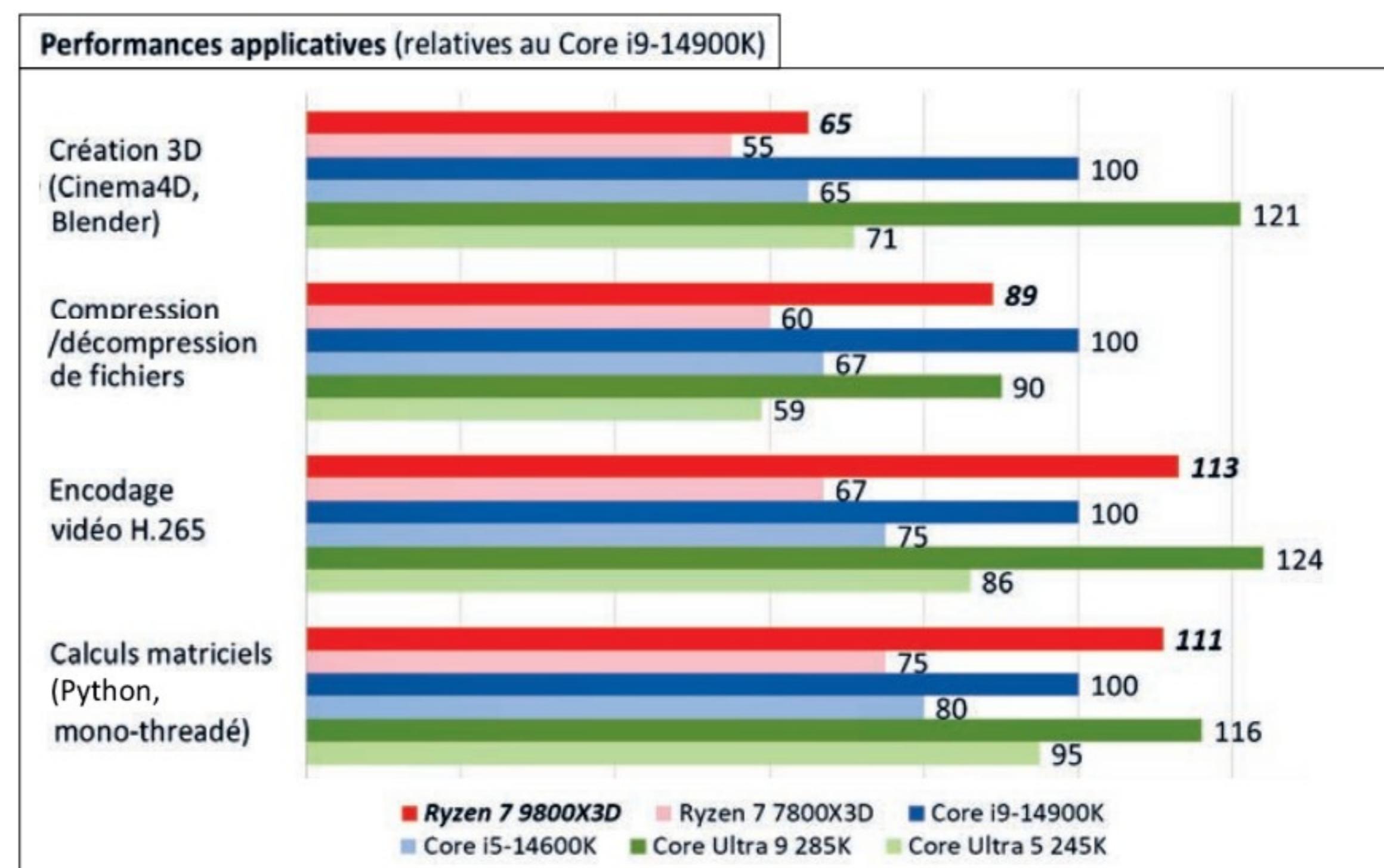
MISSION ACCOMPLIE POUR LE 9800X3D, LE MEILLEUR PROCESSEUR POUR LE JEU VIDÉO EXISTANT.

exactement ce dont les jeux ont généralement le plus besoin. Pour faire bonne mesure, AMD a boosté le TDP de sa puce (120 watts) pour s'assurer de maintenir 5,2 GHz en boost sur plus de coeurs. Ces fréquences étaient inenvisageables sur les puces X3D de générations précédentes car elles auraient soumis ce même cache vertical, très sensible aux hautes températures, à des contraintes thermiques

graphiques se focalisent car ils sont ceux qui représentent de la façon la plus brute les performances du processeur. Ils ne sont toutefois pas forcément représentatifs de conditions de jeu réelles dans une machine d'aujourd'hui (dans deux, trois ou cinq ans en revanche, ce sera une autre affaire), où le goulet d'étranglement sera souvent la carte graphique, surtout si l'on joue en 4K, ou même en 1440p. En fonction de cela, il est toujours important de se demander si les 530 euros réclamés par AMD seront vraiment bien investis dans un tel CPU, ou s'ils ne seraient pas potentiellement mieux alloués ailleurs.

C'est pas (que) du jeu.

Malgré son statut, le 9800X3D souffre de ce positionnement tarifaire, en hausse d'une quarantaine d'euros par rapport au 7800X3D un an et demi plus tôt. Dans un futur potentiel où les Intel Core Ultra 200S auraient été débarrassés de leurs bugs de performances sous Windows 24H2, et même pour une config de jeu, il nous paraîtrait tout à fait possible de conseiller le Core Ultra 245K, afin de redistribuer les quelques euros ainsi économisés vers le GPU. Et puis, à supposer que les performances en applicatifs aient également leur mot à dire, le tableau devient alors carrément différent. Là, le Ryzen 7 9800X3D est handicapé par ses 8 coeurs/16 threads, à comparer aux 24 coeurs/threads du Core Ultra 9 285K. Il fait tout de même beaucoup mieux que le Ryzen 7 7800X3D et domine aussi nettement les « petits » 6 coeurs du Core Ultra 5 245K. La question de l'usage se pose donc de manière on ne peut plus claire. Vous avez l'opportunité d'avoir un nouveau processeur de nouvelle génération pour Noël ? Si seules comptent les performances en jeu, le choix du 9800X3D peut se justifier non seulement pour les performances qu'il a à offrir dans l'immédiat, mais aussi pour la longévité qu'il pourra en tirer – les chances sont infimes que vous ressentiez le besoin d'en changer dans les cinq prochaines années. Pour un usage plus polyvalent en revanche, le choix de la raison pourrait bien se trouver du côté Intel ; et si ce n'est pas avec les Core Ultra 200S, ce sera avec l'i5-14600K d'ancienne génération, au rapport performances/prix très solide à l'heure où nous écrivons ces lignes... mais on vous en dira plus sur le sujet dans nos pages Guide d'achat (p. 68).



Tests en 1080p, scénarios limités par le CPU. (NB : tests effectués sous Windows 23H2, montrant les Intel Core Ultra 200S à leur meilleur théorique.)

Test PS5 Pro : un tournant pour les consoles de jeu

Par Furolith

Après plus d'un an et demi de fuites et rumeurs, la PlayStation 5 Pro est enfin arrivée dans le commerce, et c'est un véritable soulagement de pouvoir en parler de façon concrète et empirique, sans jamais devoir s'adonner à la spéculation. Et le moins que l'on puisse dire, c'est qu'elle s'avère surprenante : c'est une console qui a quelque chose d'inédit, parce qu'elle négocie finalement plutôt bien le contexte technologique et économique hostile dans lequel elle sort, et qu'elle dit des choses intéressantes sur la façon dont le jeu vidéo va poursuivre son évolution technique.

D'accord, en surface, le concept même de la PS5 Pro n'est pas exactement du jamais-vu. Elle occupe simplement sur cette génération de consoles « hautes performances » (qualificatif qui me permet de bien commodément mettre de côté le cas à part que sont les consoles Nintendo – ne reproduisez pas cette pirouette chez vous, je suis un professionnel) la place que prenait la PS4 Pro dans la génération précédente : c'est une version améliorée de la console de génération actuelle de Sony, avec laquelle elle partage l'entièreté de son catalogue de jeux, et y ajoute un peu plus de confort vidéoludique et de sophistication visuelle. Trois éléments donnent toutefois à la nouvelle née sa singularité. En premier lieu, elle ne subit aucune concurrence siglée Xbox, Microsoft ayant admis de longue date qu'il ne comptait pas proposer une mise à jour « mid-gen » de sa Series X. Deuxièmement, son évolution technique par rapport à la PS5 de base n'est comparable ni en ampleur ni en nature



Pour le lecteur de disque et le support vertical, ajoutez 150 € à la facture. (© Sony Interactive Entertainment)

avec ce qu'était le mouvement PS4 vers PS4 Pro. Troisièmement et évidemment, son prix de 800 € en fait de loin la console la plus chère de l'ère moderne, même en tenant compte de l'inflation (ce qui n'a de toute façon pas vraiment de sens dans le cas d'une machine de jeu, pas exactement une denrée de première nécessité), et avant même d'y ajouter éventuellement le prix du socle vertical (30 €) et surtout du lecteur de disque optique (120 €), tous deux vendus en option. On reviendra évidemment plus tard sur la question du prix. Mais avant cela, parlons specs... enfin, pas trop longtemps non plus, car toutes les fuites que nous avons relayées il y a quelques mois (*Canard PC Hardware* n° 61) étaient justes. À un petit détail près : le compte « officiel » de teraFLOPS produits au maximum par le GPU s'élève non pas à 33,5, mais à 16,7. Et ce n'est pas

un hasard si, à un arrondi près, la valeur a été divisée exactement par deux : cela semble juste indiquer que les unités graphiques, quand bien même tout porte à croire qu'elles sont largement basées sur l'architecture RDNA 3 d'AMD, ont été customisées pour leur retirer la fonction « Dual-Issue » – c'est-à-dire la capacité pour chaque SIMD32 d'exécuter certaines instructions spécifiques deux fois par tic d'horloge (typiquement des instructions FMA, « Fused Add-Multiply »). À dessein : cette capacité peut être bénéfique pour certaines applications GPGPU particulières, mais n'est d'aucune utilité pour le rendu 3D. En fin de compte, ces 16,7 TFLOPS, comparés au 10,25 TFLOPS de la PS5 de base, correspondent presque parfaitement au ratio d'agrandissement du GPU, composé désormais de 60 Compute Units contre

36 auparavant. Autrement dit : 16,7 ou 33,5 TFLOPS, peu importe, aucun de ces chiffres n'est plus significatif que celui, confirmé par Sony lui-même, de performances de *shading* augmentées d'environ 45 %.

RTX On.

Dans l'absolu, cette progression n'est pas particulièrement spectaculaire. Mais c'est justement là qu'est la singularité technique de la PS5 Pro : ses principaux arguments graphiques ne se mesurent pas en puissance brute, mais se définissent en ajouts fonctionnels. C'est-à-dire que son GPU intègre d'une part un nouveau moteur de *ray tracing* (vraisemblablement emprunté à la future architecture RDNA 4) promettant une accélération des effets

UNE VERSION AMÉLIORÉE DE LA CONSOLE DE GÉNÉRATION ACTUELLE DE SONY, OFFRANT UN PEU PLUS DE CONFORT DE JEU ET DE SOPHISTICATION VISUELLE.

RT entre deux et trois fois plus efficace ; d'autre part et surtout, un bloc de *machine learning* consacré exclusivement à un nouveau traitement de mise à l'échelle intelligent baptisé PlayStation Spectral Super Resolution (PSSR), sur le modèle du DLSS de Nvidia – le but étant de permettre aux jeux de faire leur rendu 3D interne à une définition modeste, puis de tout de même s'afficher de façon parfaitement nette sur un écran 4K (puisque l'on part du principe que le public cible de la console possède obligatoirement un tel écran). En parlant de Nvidia, d'ailleurs : quand bien même l'APU embarqué par la PS5 Pro est toujours le fruit d'un partenariat avec AMD, tout cela a un très fort goût de RTX, vous ne trouvez pas ? Du *ray tracing* avancé et de l'upscale par IA, ce sont exactement les deux arguments que Jensen et sa clique mettent le plus volontiers



The Last of Us Part II (© Sony Interactive Entertainment)

en avant pour leurs cartes graphiques depuis la génération RTX 20, en 2018. À croire que les consoles tiennent de plus en plus à devenir des PC comme les autres... ou bien qu'elles ont finalement trouvé les mêmes réponses aux défis posés par l'inflation et le ralentissement des progrès technologiques sur la fabrication des puces. Je vous laisse choisir quelle affirmation vous paraît la plus vraisemblable (c'est la deuxième).

PSSR, l'arme presque fatale.

Mais allez, on a dit qu'on ne consacrera pas trop de temps aux specs théoriques, alors passons sans plus tarder à la pratique. Et puisque l'argument le plus frappant de la PS5 Pro est le PSSR, autant s'intéresser directement à lui. Un élément est à clarifier d'emblée : le PSSR a besoin d'une implémentation explicite dans les jeux, et ne peut pas s'appliquer de façon aveugle sur n'importe quel titre déjà sorti – comme toute autre forme d'optimisation spécifique pour la PS5 Pro. Et justement, parmi les premiers jeux optimisés pour la machine, beaucoup opèrent de façon très basique : ils prennent leur mode « performance » à 60 fps dont la définition de rendu interne est sensiblement inférieure à la 4K native, ils y tartinent une généreuse couche de PSSR, emballez, c'est pesé. Mais tous ne le font pas avec le même succès. L'exemple le plus attendu était celui de *Final Fantasy VII Rebirth*, tristement célèbre pour l'épais flou artistique qui enrobe son mode 60 i/s

Silence, ça tourne

La PS5 Pro reprend très largement le langage de design très clivant de la PS5 d'origine, mais c'est surtout parce qu'elle ne change presque pas dans sa conception interne, notamment s'agissant du refroidissement : ce dernier s'appuie toujours sur un très volumineux ventilateur centrifuge à double entrée (un poil moins large que celui du modèle d'origine, mais un peu plus épais). Après tout, pourquoi changer une formule qui gagne ? Le ventilateur Foxconn qui équipe notre modèle de test remplit son office en émettant à peu près le même niveau de bruit que la PS5 Slim – c'est-à-dire qu'il est un poil plus sonore que celui de la PS5 « fat », mais tout de même remarquablement discret, au point d'être très facilement couvert par le bruit de fond d'une pièce à vivre (environ 33 dBA à 1 mètre). Il est aidé en cela par le fait que la consommation totale de la machine, grâce à l'évolution du process de gravure de l'APU, ne grimpe que marginalement : jusqu'à 235 W quand tous les blocs du GPU sont alimentés (*ray accelerators* et blocs de *machine learning* du PSSR), contre 220 W pour le modèle d'origine.

sur PS5 classique (qui se contente d'un rendu interne en 1080p avec antialiasing temporel très agressif, ensuite agrandi en 4K par simple filtrage bilinéaire). Sur PS5 Pro, le nouveau mode « résolution & fluidité » remplace toute la phase de post-traitement par du PSSR, pour un résultat étonnant, et pas juste par effet de contraste : non seulement l'image finale est au moins aussi nette que le mode « résolution » et son rendu 3D en quasi-4K native, mais il se débarrasse même des quelques défauts de l'algorithme de TAA employé par le jeu de base, notamment un *ghosting* très présent. Cependant, à côté de cela, deux faiblesses sautent immédiatement aux yeux. On note d'abord une gestion pas toujours très adroite de la géométrie fine et des détails *sub-pixel* ; les lignes électriques et les grillages notamment peuvent mettre le traitement en difficulté : la reconstruction fonctionne correctement tant que l'image est à peu près statique, mais dès que du mouvement arrive, elle se brise en pointillés ou moiré difficiles à ignorer. Aussi et surtout, l'image souffre d'un léger manque de naturel, car il arrive à l'algorithme d'inventer des détails qui ne sont pas censés être présents dans la scène, surlignés qui plus est par un filtre d'accentuation de netteté un brin trop agressif.

PSSR vs FSR (ou « De l'orage dans l'R »). Ce second problème est celui qui s'impose à nos yeux avec le plus d'hétérogénéité selon les jeux. Il n'est en vérité pas très gênant dans *FF7 Rebirth*, car c'est un titre à l'esthétique très stylisée, qui ne cherche pas le photoréalisme absolu. Pour cette même raison, il fonctionne aussi très bien dans *Baldur's Gate 3*. À l'autre extrémité du spectre, *Demon's Souls* prend une apparence très artificielle, presque plastique, pas vraiment convaincante. Le cas est heureusement unique. Entre les deux extrêmes, *Spider-Man 2* ou *God of War Ragnarök* sont là pour nous convaincre que même quand il n'est pas à son meilleur, le PSSR reste la très vaste majorité du temps d'une pertinence indiscutable. Et c'est bien ce qui le différencie de son principal concurrent, qui n'est pas le DLSS de Nvidia, mais bien le FSR d'AMD, puisque c'est le seul traitement du même genre qui pouvait jusqu'alors être déployé sur PS5. Dans le match

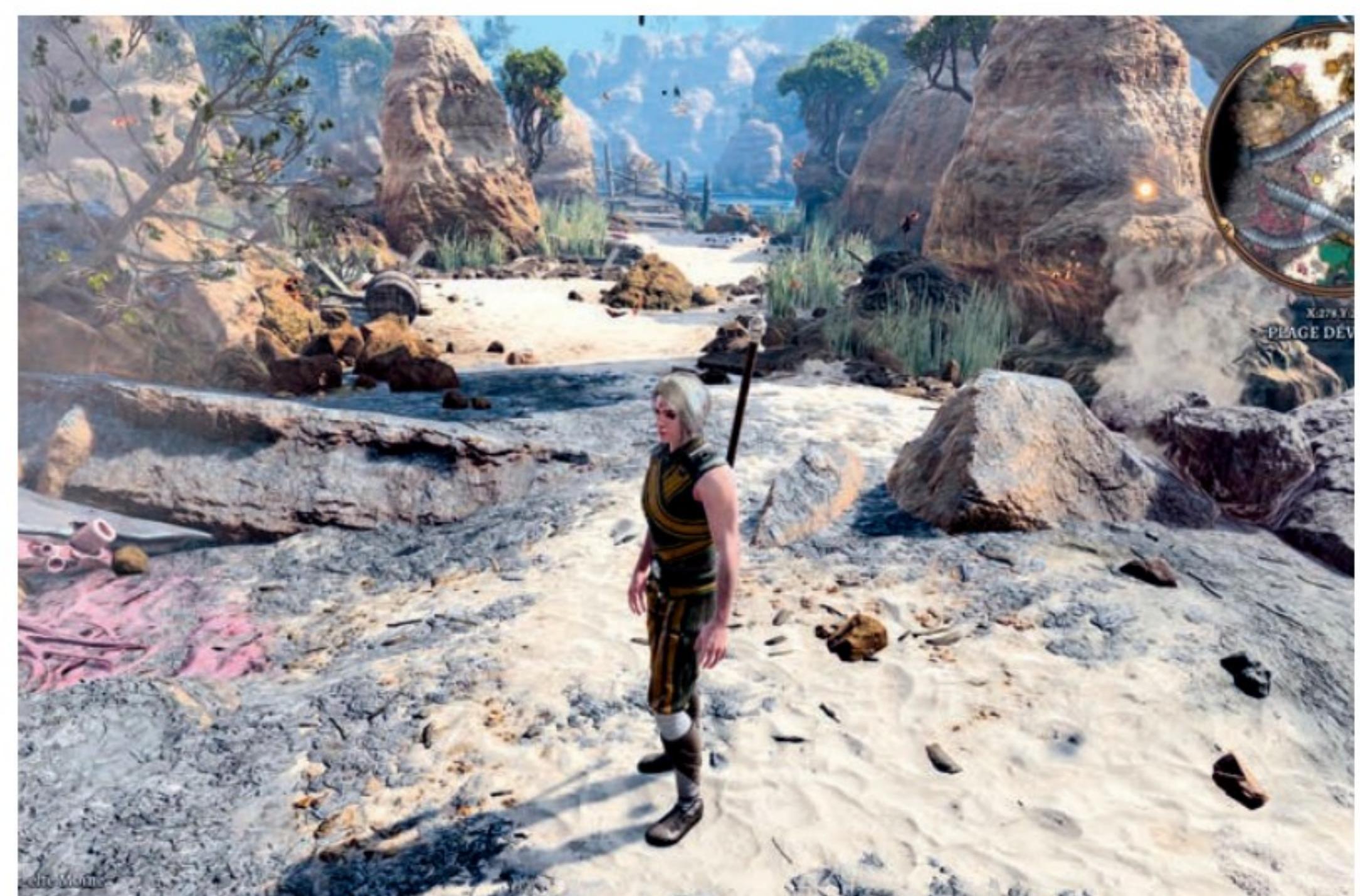
PS4 Pro Pro

Parmi les fonctionnalités inattendues de la PS5 Pro, on trouve au niveau système une option offrant d'« améliorer l'image de certains jeux PS4 » en rétrocompatibilité. Cette amélioration semble ne s'activer que lorsque la console détecte un *framebuffer* de définition inférieure au 1080p, c'est-à-dire sur les jeux sans optimisations PS4 Pro, ou les quelques jeux qui déjà à l'époque proposaient un mode performance – sur le remake de *Shadow of the Colossus*, le traitement s'applique sur le mode 60 i/s en 1080p, mais pas sur le mode 30 i/s en 1440p + TAAU.

Quant à savoir ce qu'est la nature de cette amélioration d'image ? Je soupçonne qu'elle fonctionne sur les mêmes bases que le PSSR. Mais sans intégration explicite et donc sans accès aux infos fournies par le moteur de rendu graphique du jeu (Z-buffer, vecteurs de mouvements...), le résultat n'est franchement pas probant. Il montre en substance les mêmes problèmes que le PSSR classique, mais décuplés : une accentuation de netteté dramatiquement artificielle, une interpolation souvent fantaisiste, et des phénomènes de scintillement et d'aliasing laissés parfaitement intacts. Mieux vaut donc laisser l'option désactivée.



Final Fantasy VII Rebirth (© Square Enix)



Baldur's Gate 3 (© Wizards of the Coast)



Stellar Blade en mode « Pro » avec PSSR. (© Sony Interactive Entertainment)



Sur les grillages fins, le PSSR se laisse souvent aller à des effets de moiré assez violents. (Stellar Blade © Sony Interactive Entertainment)

entre les deux, le juge de paix le plus spectaculaire est l'incontournable *Alan Wake 2*, dont le mode « performance » fait son rendu interne en 1536×864 sur PS5 standard comme sur PS5 Pro ; mais tandis que la première se contente d'une mise à l'échelle par FSR bien trop souvent polluée par du fourmillement, des artefacts de désocclusion et du *ghosting* grossiers, la seconde s'appuie sur le PSSR pour produire une image certes très loin de donner l'illusion de la 4K native, mais au moins d'une « propreté » tout à fait raisonnable. Il y a au moins là de quoi se convaincre, si c'était encore nécessaire, qu'AMD faisait bel et bien fausse route avec son FSR, et que le *machine learning*

est la bonne technologie à mettre en place pour produire une mise à l'échelle de qualité optimale. À ce jeu, le PSSR nous rassure aussi sur le fait que l'avance prise par Nvidia avec son DLSS ne sera peut-être pas impossible à rattraper. C'est bien sûr la nature même des algorithmes de *deep learning* que de progresser avec le temps, à mesure qu'on les entraîne sur des jeux de données toujours plus vastes. Mais quand bien même le DLSS a pris son départ de manière très anticipée, dès 2018, le PSSR d'aujourd'hui n'est pas si loin de ce que faisait le DLSS dans sa version 2.5 datée de l'été 2022 (il en est depuis juillet 2024 à la 3.7.20). C'est déjà en soi une très belle réussite.

IA rien de gratuit.

Mais la qualité d'image est une chose ; une autre, à laquelle on pense moins quand on parle d'algorithmes de ce genre, et pourtant tout aussi critique, est l'impact sur les performances. Car le PSSR, quand bien même il dispose de son silicium dédié, n'est pas gratuit ; et ça, ce sont notamment les remake/remaster de *The Last of Us Part 1* et *Part 2* qui nous en informent. Les deux titres de Naughty Dog, sur PS5 Pro, proposent les mêmes modes d'affichage que sur PS5 classique, dont un mode performance en 1440p interne avec TAA simple, auxquels

DU RAY TRACING AVANCÉ ET DE L'UPSCALE PAR IA, À CROIRE QUE LES CONSOLES TIENNENT DE PLUS EN PLUS À DEVENIR DES PC COMME LES AUTRES.

s'ajoute un nouveau mode Pro qui conserve ce 1440p et, là encore, remplace tout bêtement le TAA par du PSSR. Qui plus est, pour peu que l'on dispose d'un écran 120 Hz à taux de rafraîchissement variable (VRR), il propose aussi de déverrouiller le *frame rate*... ce qui permet de constater que le mode Pro tourne 28 % moins vite que le mode performance classique, tout de même. Ainsi, dans une des sections les plus gourmandes graphiquement de *The Last of Us 2*, le TAA simple permet de monter tout de même à 105 i/s, tandis que le mode Pro plafonne à 76 i/s – c'est-à-dire même un peu moins bien que le mode performance sur PS5 de base, à 80 i/s. De fait, il y a toujours du sens ici à préférer se dispenser du PSSR, d'autant plus que la douceur d'image qui en découle s'accorde plutôt bien avec l'esthétique pellicule 16 mm des jeux. Mais l'enseignement principal de cette observation est surtout qu'elle nous permet de mieux comprendre la philosophie de design de la machine – dont les trois axes d'amélioration, en un sens, n'en sont véritablement que deux. Car en fin de compte, ce surcoût en ressources GPU entraîné par l'usage du PSSR absorbe déjà à lui tout seul une partie majeure des 45 % de vitesse additionnelle promise. C'est ce qui explique d'ailleurs pourquoi certains jeux, y compris des jeux *first party* tels que *Horizon Zero Dawn Remastered* et *Horizon Forbidden*



F1 24 (© Electronic Arts)

West, préfèrent se dispenser de PSSR pour pouvoir employer ces ressources ailleurs (en l'occurrence, pour simplement augmenter la définition 3D interne, et faire le rendu des effets spéciaux en pleine résolution plutôt qu'en demi-résolution comme précédemment). Il en va de même

CEUX QUI CROYAIENT VOIR DANS LA PS5 PRO UNE MACHINE SANS COMPROMIS N'AURONT PAS ICI CE QU'ILS CHERCHAIENT.

pour les éventuels effets en *ray tracing* additionnels que les développeurs peuvent vouloir ajouter à leurs jeux, et qui, malgré l'accélération matérielle plus musclée, vont toujours peser lourd sur la partie *shading* du GPU. En pratique, cela se traduit par le fait que sur les trois améliorations promises,

la plupart du temps une seule est mise en œuvre de façon visible dans chaque jeu, parfois deux, mais presque jamais les trois en même temps. C'est aussi en cela que la PS5 Pro se différencie de la PS4 Pro : il n'y a pas une façon évidente d'utiliser ses capacités supplémentaires, comme l'était l'adaptation aux téléviseurs 4K pour la console de 2016. Les développeurs doivent donc faire des choix dans l'usage qu'ils en font ; et oui, très souvent, ils se permettent de laisser la responsabilité d'une partie de ces choix au joueur lui-même. Non, la PS5 Pro ne signe pas la disparition des modes performance, fidélité et autres, au contraire. Et plus que jamais, il serait erroné de vouloir résumer ses bénéfices à un commentaire global qui pourrait s'appliquer à tous les jeux.

Chacun sa stratégie.

Au strict minimum, il existe six stratégies d'upgrade différentes que les jeux peuvent employer, à en croire la bonne quarantaine de titres que j'ai pu essayer pour ce test. Quelques-uns, mais ils sont rares, s'inscrivent à contre-courant de ce que l'on vient de dire, et font disparaître le choix de mode d'affichage ; c'est le

8K de conscience

Dès le lancement de la machine, plusieurs jeux se targuent déjà de proposer un mode d'affichage en 8K, c'est-à-dire en 7 680 × 4 320. Évidemment, cela se fait toujours via mise à l'échelle (par PSSR ou autrement), jamais en rendu natif. Parmi les titres concernés : *No Man's Sky* (à 30 i/s), *F1 24* (60 i/s) et *Gran Turismo 7* (60 i/s). Cela va sans nul doute causer beaucoup de joie aux trois personnes dans le monde équipées d'un écran idoine (dont nous ne faisons pas partie)... à la condition expresse que ce dernier soit aussi capable d'accepter les flux Display Stream Compression (DSC) sur une de ses entrées HDMI. En effet, la PS5 Pro, comme la PS5 de base avant elle, ne dispose que d'un contrôleur HDMI capable de cracher 32 Gb/s, au lieu des 48 autorisés par la norme HDMI 2.1. Impossible donc pour lui de transporter un flux 8K non compressé. Quant à la 4K HDR à 120 Hz, elle doit toujours composer avec un sous-échantillonnage colorimétrique en 4:2:2 – ce qui ne se perçoit heureusement presque jamais en usage réel.

cas par exemple d'*EA Sports FC 25* (on ne rigole pas, merci), et surtout de *Star Wars Outlaws* : le jeu d'Ubisoft Massive proposait sur PS5 de base non pas deux, mais trois modes de performance distincts (à 30, 60 ou 40 i/s, cette dernière cible n'étant disponible que sur un écran 120 Hz), et n'en a plus qu'un seul sur PS5 Pro, offrant 60 i/s avec des prestations visuelles à très peu de choses près identiques à celles de l'ancien mode 40 i/s. La deuxième famille est celle que l'on a déjà évoquée plus haut, des *FF7 Rebirth*, *Demon's Souls* et des deux *The Last of Us* : on garde le jeu tel qu'il était sur PS5 de base, et l'on y ajoute un mode d'affichage supplémentaire nappé d'une couche de PSSR.

À peine plus inventive, la stratégie *Resident Evil 4 Remake* et *Village* laisse simplement à l'utilisateur de PS5 Pro également possesseur d'un téléviseur 120 Hz VRR la possibilité de déverrouiller le *frame rate* et de le laisser librement se balader au-dessus de 60 Hz ; selon les autres options graphiques choisies (avec ou sans *ray tracing*, rendu entrelacé...), on peut ainsi atteindre au maximum entre 90 et 100 i/s dans *RE 4 Remake*, et taquiner les 120 i/s constantes dans *Village*. Voisine, la stratégie *Stellar Blade* consiste



Tandis que le FSR transformait les papillons de nuit en un amas de pixels difforme, le PSSR parvient sans peine à préserver leur apparence. (Alan Wake 2, © Remedy Entertainment)

à proposer deux nouvelles cibles de performance, là encore à destination des écrans VRR : un mode « Pro » utilisant le PSSR pour viser 80 i/s, et un mode « Pro Max » en 4K quasi native à 50 i/s. La stratégie la plus commune est celle représentée par *Alan Wake 2*, les *Horizon*, *Hogwarts Legacy*, *Star Wars Jedi Survivor*, ou encore *F1 24*, entre bien d'autres : conserver les mêmes modes d'affichage que sur PS5 de base, mais augmenter leur qualité visuelle. Définition de rendu dynamique plus élevée, techniques de *sparse rendering* mises de côté, effets en *ray tracing* améliorés, densité géométrique ou distance d'affichage rehaussées... Les mises en œuvre sont variées, avec des impacts visuels parfois mineurs (*Horizon*), parfois beaucoup plus significatifs (*Alan Wake 2*, *F1 24*). Enfin, le studio Insomniac Games, jamais le dernier à faire son intéressant, a sa propre manière de faire pour *Spider-*

Man 2 et *Ratchet and Clank Rift Apart* : les deux titres se positionnent par défaut dans un nouveau mode « performance Pro » à 60 i/s avec PSSR, et proposent aussi un mode « fidélité Pro » ajoutant quelques options de *ray tracing* inédites par rapport à la version PS5 de base... et toutes réglables manuellement sur plusieurs niveaux de qualité, selon le *frame rate* exact que l'on veut atteindre. Comme sur PC ? Pas encore exactement, mais pas loin.

La promesse aux astérisques.

Mais ce qu'il est important de signaler, c'est pourquoi les jeux Insomniac ont besoin de procéder de cette manière. Et cela se résume très simplement : non, la PS5 Pro n'est pas non plus capable de faire tourner à 60 i/s le strict équivalent visuel des modes 30 i/s de la PS5 de base. Dans le cas de *Spider-Man* et *Ratchet*, les nouveaux modes « performance Pro » se basent bien

Faire les sans-patch

Même sans patch d'optimisation spécifique pour la PS5 Pro, certains jeux peuvent tout de même tirer un bénéfice de la puissance GPU supplémentaire de la nouvelle console ; il s'agit typiquement des jeux qui proposaient déjà de déverrouiller leur *frame rate* (ou qui n'atteignaient pas parfaitement leur *frame rate* cible), ainsi que de ceux employant un système de définition de rendu dynamique et qui peuvent donc extraire quelques pixels de plus du circuit graphique.

Parmi les premiers, l'un des plus frappants est la collection *Uncharted Legacy of Thieves*, dont le mode performance (1440p + TAA), originellement dimensionné pour 60 i/s, ne descend presque jamais sous les 100 i/s sur PS5 Pro, tandis que le mode fidélité (4K native) passe le plus clair de son temps au-dessus de 50 i/s. Parmi les seconds, le somptueux *Avatar Frontiers of Pandora* d'Ubisoft Massive voit son mode « équilibré » à 40 i/s devenir quasiment indiscernable du mode fidélité à 30 i/s.

sur les anciens modes « performance RT », avec donc du *ray tracing* activé, et l'avantage du PSSR. Mais par rapport à l'ancien mode fidélité, on a perdu un peu de distance d'affichage, de densité de PNJ aussi. Il reste possible de retrouver presque intact cet ancien mode fidélité sur PS5 Pro : il suffit pour cela de se mettre en mode « fidélité Pro », et désactiver ou réduire autant que possible toutes les options RT additionnelles. Avec *frame rate* déverrouillé sur écran VRR, on tourne généralement entre 50 et 55 i/s. C'est-à-dire que la fluidité perçue est toujours extrêmement satisfaisante... mais pas exactement une révélation par rapport aux 40-45 i/s produites par la PS5 de base dans les mêmes conditions. Parmi les autres exemples, on a déjà parlé plus haut de *Star Wars Outlaws*, dont le nouveau mode 60 i/s n'est « que » visuellement équivalent à l'ancien mode 40 i/s, laissant à l'ancien mode 30 i/s l'avantage d'une définition interne encore un peu plus élevée. On peut aussi citer *Rise of the Ronin*, où le mode RT à 30 i/s sur PS5 de base peut désormais voir son *frame rate* déverrouillé, mais sans presque jamais atteindre la ligne des 60. Ce ne sera pas suffisant pour nous autoriser à hurler à la publicité mensongère : dans leur communication, Sony et Mark Cerny, l'architecte en chef de la console, prenaient



La VR à moitié vide

La PS5 Pro peut bien sûr aussi offrir ses services aux jeux PlayStation VR2, mais bien peu d'entre eux hélas font partie de la première vague de titres ayant reçu un patch d'optimisation. J'ai tout de même pu en essayer deux pour ce test : *Kayak VR Mirage*, et surtout l'infatigable *No Man's Sky*. Les deux utilisent la machine de la même manière : des environnements un peu plus détaillés, et une définition de rendu en légère hausse. On ne crache pas dessus, mais il s'agit tout de même d'améliorations assez minimes. C'est que pour le coup, les jeux PS VR2 ne peuvent pas (encore ?) profiter du coup de pouce du PSSR. Il faut dire que faire fonctionner un upscaling intelligent en réalité virtuelle est très difficile, car il faut faire en sorte que la reconstruction soit parfaitement cohérente pour les deux yeux, afin de ne pas causer des conflits stéréoscopiques pénibles. Ce problème, même Nvidia n'a toujours pas réussi à le résoudre : sur PC, quelques jeux permettent l'activation du DLSS en VR, mais le résultat n'est jamais probant, exactement pour cette raison.

bien soin de ne promettre que des modes fidélité d'une qualité graphique « *proche* » des modes fidélité de la PS5 originale. Autrement dit, ceux qui croyaient voir dans la PS5 Pro une machine sans compromis, qui permettrait de ne plus jamais avoir à choisir entre fluidité et fioritures visuelles, n'auront pas ici ce qu'ils cherchaient.

L'art de savoir ce que l'on veut.

Suffisant pour entériner l'échec de la machine ? Non, car placer une telle attente dans une console, même à 800 €, n'a pas de sens, surtout pas à une époque où les cartes graphiques pour PC les plus véloques du marché dépassent allègrement le double de ce prix. Et surtout, la PS5

Star Wars Outlaws (© Ubisoft / Lucasfilm)

Pro, même sans rendre caducs les modes 30 i/s, parvient au moins à inverser pour de bon le rapport de force entre ceux-ci et les modes 60 i/s, y compris dans les jeux les plus ambitieux, ceux dont on sait qu'ils ont été dimensionnés dès les premières étapes de leur développement pour une cible à 30 i/s sur console. Le plus éminent représentant de ceux-ci est toujours l'incontournable *Alan Wake 2*,

LA PS5 PRO PROUVE QUE LES DÉVELOPPEURS DE JEUX N'ONT AUCUNE DIFFICULTÉ À EXPLOITER AU MIEUX CHAQUE NOUVEAU TRANSISTOR MIS À LEUR DISPOSITION.

qui a d'ailleurs beaucoup fait parler de lui dans les jours précédant le lancement de la PS5 Pro, précisément parce qu'il axait principalement sa communication sur son nouveau mode fidélité, toujours à 30 i/s, mais amenant dans ses bagages les reflets opaques et transparents en *ray tracing* auparavant exclusifs à la version PC. Le fait est que ces ajouts sont très significatifs

et rendent le jeu plus attrayant qu'il ne l'a jamais été sur console, à un niveau que bien des PC d'aujourd'hui ne peuvent pas atteindre. Mais en vérité c'est bien le mode performance, quand bien même il doit toujours se contenter de ses reflets en espace écran, qui fait le bond visuel le plus remarquable – non pas seulement grâce à l'apport du PSSR en remplacement du FSR, mais surtout parce qu'il retrouve, notamment dans ses scènes en forêt, toute la densité de détail au sol avec laquelle il a été imaginé (équivalent au réglage Ultra dans la version PC), et tous les effets de brouillards volumétriques qui contribuent à l'ambiance inimitable du jeu. Le prix à payer est que dans les scènes les plus difficiles (en forêt, de nuit, sous la pluie), le *frame rate* n'est pas plus stable que sur PS5 de base, et peut en de rares endroits chuter jusqu'à 45 i/s. Malgré tout, le gain de fluidité reste considérable et en comparaison, les effets RT susmentionnés ne sont finalement que de la friandise.

Écoutez, laissez les développeurs faire leur travail...

L'enseignement principal que je tire de mon temps passé avec la console, la surprise qu'elle m'a finalement réservée, c'est que très très rares sont les jeux qui ne savent pas quoi faire des nouveautés de la PS5 Pro. Quelques jours seulement après son lancement, le nombre de jeux optimisés atteint déjà la centaine, et



Parce que le mode performance de *Horizon Forbidden West*, sur PS5 de base, ne fait pas sa passe de forward rendering en pleine résolution, ces hologrammes y apparaissent très pixellisés. Le problème n'existe plus sur PS5 Pro. (© Sony Interactive Entertainment)

dans le tas, très rares sont ceux dont les ajouts s'avèrent décevants. À l'heure où beaucoup de gens prophétisent que l'évolution technologique du matériel va rapidement devenir vaine puisque les évolutions technologiques des logiciels ne suivent pas, la nouvelle machine de Sony prouve que les développeurs n'ont dans l'ensemble aucune difficulté à trouver comment ils peuvent exploiter au mieux chaque nouveau transistor mis à leur disposition. De quoi justifier son prix de 800 € ? C'est évidemment beaucoup plus compliqué que ça, et la réponse à cette question peut varier du tout au tout en fonction du profil et de la sensibilité de chaque joueur. De façon peut-être prévisible, je crois surtout que la plus grande concurrente de la PS5 Pro est la PS5 de base. Car cette dernière, du haut de ses quatre ans d'âge, reste aujourd'hui une machine de jeu remarquablement compétente (tout comme la Xbox Series X au demeurant) ; et quand bien même le choix entre « performance » et « fidélité » y est devenu presque systématique, il n'a généralement rien du dilemme cornélien. Il n'est pour les développeurs qu'un moyen de se plier aux

préférences personnelles des joueurs, avec la certitude tout de même que chacun d'entre eux se verra servir une expérience de jeu de haute qualité.

Le choix du luxe, le luxe du choix.

Oui, il existe quelques exceptions à cela, de très rares jeux dans lesquels le choix peut ressembler à une illusion, généralement parce que le mode performance implique des sacrifices visuels trop importants, ou parce qu'il se tient trop éloigné de son *frame rate* cible. Mais elles ne sont précisément que ça : des exceptions. Et en vérité, je n'avais personnellement même pas besoin d'avoir la PS5 Pro entre les mains pour le savoir. Car depuis de nombreuses années déjà, j'ai régulièrement l'occasion de voir des exclusivités PlayStation faire le voyage vers une machine encore largement plus puissante qu'une PS5 Pro – à savoir mon PC de privilégié, son Ryzen 9 7950X3D et sa RTX 4090. *Ratchet and Clank Rift Apart*, *Horizon Forbidden West*, *God of War Ragnarök*... autant de jeux auxquels j'ai pu rejouer, après les avoir parcourus une première fois sur PS5 de base, avec une qualité visuelle encore nettement supérieure à celle des modes fidélité sur console,

et à des *frame rates* atteignant allègrement les 120 i/s au lieu de 30 ou 40. Non seulement ça n'a jamais suffi à me donner envie de refaire le jeu en entier, mais le retour à la version PS5 ensuite n'a jamais été très douloureux. Au final, la question à se poser n'est ni plus ni moins que celle que se posent les joueurs PC depuis la nuit des temps, à chaque fois qu'ils envisagent d'upgrader leur matériel : où situe-t-on la limite de ce qu'est un bond technologique significatif ? Je ne peux pas répondre à cette question à votre place. Je me contenterai donc de rassurer ceux qui envisageaient déjà l'achat de la machine et avaient déjà mis ces 800 € de côté, en leur disant qu'ils ne regretteront probablement pas leur achat. Quant aux autres, ils peuvent toujours se contenter de mettre 450 € dans une PS5 Slim (ou 550 € pour un modèle avec lecteur). Ou se dire que ces 800 € seront mieux investis dans une config PC d'entrée de gamme. Vous savez ce que toutes ces machines ont en commun ? Elles sont très chères, bien plus que ne l'étaient leurs équivalents d'il y a tout juste quelques années. Je ne vous apprends tout de même pas aujourd'hui que le jeu vidéo « traditionnel » est devenu un loisir de luxe, si ?

La PS5 Pro << contre >> le PC

Par Furolith



Peut-on en cette fin d'année 2024 se bâtir une config PC au prix d'une console garantissant des performances et un confort de jeu équivalents ? J'ai entendu à travers le papier le soupir que vous avez lâché en lisant cette phrase pour le moins éculée, que l'on se pose à presque chaque nouvelle génération de matos, pour arriver à chaque fois plus ou moins à la même réponse. Pourtant, il n'est pas inintéressant de se la poser à nouveau maintenant, à l'aune de cette « nouvelle aire pour les consoles de jeu » que l'on vient d'évoquer dans les pages précédentes.

Que l'on se comprenne bien : il ne s'agit évidemment pas ici de raviver une bagarre puérile entre consoleux et PCistes, encore moins de nier les raisons qui poussent la plupart des joueurs à se tourner plutôt vers l'une ou vers l'autre de ces plateformes. Mais indéniablement, la PS5 Pro marque la fin d'une époque, celle où le positionnement tarifaire des consoles était tel que concevoir au même prix une config pour joueur relevait de la quasi-impossibilité – à moins de passer

son temps à faire des économies de bouts de chandelles franchissant allègrement la ligne jaune du raisonnable. Pour 800 € en revanche, et même à notre époque où le matériel PC d'entrée de gamme est sujet à la même déliante inflation que le reste du marché, la mission est beaucoup moins ardue. En conséquence de quoi, consacrer encore un peu de temps à se demander comment les deux mondes se distinguent l'un de l'autre reprend du sens. Alors prêtons-nous un peu au jeu de la comparaison, en mettant la PS5 Pro face à deux configurations. La première n'est ni plus ni moins que la Ducky de nos « Configs de Canard », c'est-à-dire notre configuration de référence pour un budget de 1 000 €, qui associe un CPU Intel Core i5-12400F¹ et 16 Go de mémoire DDR4 avec une Radeon RX 7700 XT. Les 200 € de budget supplémentaires sont là pour compenser le prix généralement légèrement plus élevé des jeux sur console, ainsi qu'un éventuel abonnement PlayStation Plus pour le jeu en ligne. La deuxième config est là pour

adhérer plus rigoureusement aux 800 € demandés par la PS5 Pro. Pour ce faire, le plus raisonnable est de remplacer la RX 7700 XT par une RTX 4060, ce qui réduit déjà la facture de 150 € ; les 50 € restants se récupèrent facilement en rognant un peu sur le boîtier, l'alimentation ou la carte mère.

Cas n° 1 : Alan Wake 2.

Si un jour on vous saoule avec *Alan Wake 2*, n'hésitez pas à le dire ! Cela dit, ce n'est pas ma faute ni celle de mes troubles obsessionnels si le jeu de Remedy reste aujourd'hui la meilleure carte à sortir quand on a besoin d'un jeu à la technique flamboyante. La comparaison directe n'est pas facile à organiser ici (on ne va pas se mentir, elle ne le sera jamais tout au long

1. Pour des raisons d'inventaire disponible aux Canard PC Labs, nos tests ont été faits avec un Core i5-13400F plutôt qu'un 12400F. Mais entre les deux, la différence de performances en jeu n'est que marginale, de l'ordre de 5 %.

de cet article) : obtenir sur PC un équivalent strict du rendu de la PS5 Pro est impossible, en raison d'abord et bien sûr de l'emploi du PSSR. Sans entrer dans les détails, permettons-nous tout de même de dire que pour obtenir une qualité d'image à peu près équivalente au 864p+PSSR de la PS5 Pro en mode « performance », on peut choisir sur PC une sortie en 4K avec DLSS ultra-performance (rendu interne

POUR ÉGALER LE FRAME RATE DE LA PS5 PRO, LA RTX 4060 A BESOIN QUE L'ON LIMITÉ SA SORTIE AU 1440P AVEC DLSS PERFORMANCE.

en 720p) ou FSR équilibré (1270p interne). Tous les autres paramètres graphiques égaux (c'est-à-dire à quelques menus détails près au préréglage moyen), le second demande toujours un peu trop de pixels « bruts » à la 7700 XT, qui ne sort donc que quelques i/s de moins que la PS5 Pro. Quant au premier, il est très loin de suffire à la 4060, qui malgré cette définition interne rachitique reste en dessous des 60 i/s même dans les scènes faciles, et peut tomber sous les 40 i/s quand les choses se compliquent. À ce niveau, on ne peut pas non plus compter sur l'aide de la génération de trames du DLSS 3, qui part de trop bas, et n'améliore donc que marginalement la fluidité tout en faisant exploser la latence. Disons-le plus simplement : pour égaler le *frame rate* de la PS5 Pro, la carte de Nvidia



Star Wars Outlaws (© Ubisoft / Lucasfilm)



Star Wars Outlaws (© Ubisoft / Lucasfilm)

a besoin que l'on limite sa sortie au 1440p avec DLSS performance ; le rendu interne se fait alors toujours en 720p, mais la simplification de la passe de mise à l'échelle est déjà salutaire pour les performances... tout simplement parce qu'elle accapare une portion légèrement moindre des maigres 8 Go de RAM vidéo à disposition du GPU ! Au passage, on a aussi bien sûr l'option de se limiter à une sortie en 1440p sur la 7700 XT, mais cette fois avec une contrepartie bien plus gratifiante : une cadence d'images qui ne décroche jamais de la ligne des 60 i/s. Et si l'on souhaite plutôt viser un équivalent du mode « qualité » de la PS5 Pro, à 30 i/s mais avec un peu de *ray tracing* ? La comparaison sera encore un peu plus approximative car il est impossible d'aligner parfaitement le rendu du *ray tracing* entre les deux plateformes : la PS5 Pro calcule ses intersections de rayons contre une représentation de la géométrie de la scène plus simple que sur PC. Oui, c'est un peu moins « beau », mais c'est aussi sensiblement mieux optimisé – à un degré que seul rend accessible le fait de concevoir un jeu pour une plateforme aux spécifications uniques. Osons tout de même un face-à-face en nous mettant aux réglages les plus bas possibles sur PC, où le *ray tracing* ne s'applique qu'aux reflets transparents, alors qu'il s'applique aussi aux reflets opaques sur PS5 Pro – un compromis en échange d'un autre. Alors, la 7700 XT parvient à tenir les 30 i/s en 4K avec FSR équilibré,

c'est-à-dire une qualité d'image nettement moins bonne que celle produite par le 1296p + PSSR d'en face. Quant à la 4060... elle ne parvient même pas à faire tourner le jeu plus de dix minutes sans crasher, encore une fois par manque de VRAM. Sauf à limiter, une fois encore, la sortie à du 1440p ou inférieur.

Cas n° 2 : Star Wars Outlaws.

Star Wars Outlaws fait lui aussi usage du PSSR sur PS5 Pro, mais il ne fait pas partie des meilleurs ambassadeurs du traitement : pour tout dire, son rendu y est généralement à peine discernable du FSR. Ce n'est pas une surprise : déjà sur PC, le jeu est à la fois assez flatteur pour le FSR et assez ingrat pour le DLSS... comme l'était aussi le précédent jeu d'Ubisoft *Massive, Avatar: Frontiers of Pandora*. Tout semble indiquer que c'est une spécificité du moteur Snowdrop du studio que de s'accorder particulièrement bien avec le traitement d'AMD. Mais c'est une autre raison qui fait que, là encore, les versions PC et console du jeu ne peuvent être mises en parité parfaite : la seconde utilise un système de définition dynamique s'adaptant à la charge de chaque scène (entre le 1080p et le 1440p interne), système qui n'est pas disponible sur PC. On arrive au moins à aligner les paramètres graphiques, la version PS5 Pro correspondant peu ou prou au préréglage moyen, avec toutefois la plupart des paramètres *ray tracing* augmentés d'un cran – car oui,

Outlaws est un de ces quelques jeux qui parviennent à utiliser le RT de façon assez ample sur consoles, même à 60 i/s. Ici encore, la cible d'une image finale 4K est en première approche trop ambitieuse pour la 4060 : même avec DLSS performance (1080p interne), dans les villes denses, elle passe le plus clair de son temps sous les 50 i/s. La RX 7700 XT fait mieux, mais, compte tenu de l'absence de DRS, elle nous confronte à un dilemme qui lui est propre : se mettre en FSR équilibré, et subir de régulières chutes en dessous de 60 i/s là où la PS5 Pro n'en souffre presque pas, ou se contenter du FSR performance et donc d'une qualité d'image la plupart du temps sensiblement inférieure ? Question existentielle s'il en est, mais qui devient cette fois caduque lorsque l'on prend en compte la génération de trame. Le jeu intègre sur PC aussi bien le DLSS 3 que le FSR 3, avec des résultats très probants sur nos deux cartes : les artefacts d'interpolation sont visibles mais bien assez discrets, et surtout, l'augmentation de la latence n'est qu'anecdotique, même avec le traitement d'AMD. À tel point que l'on se demande pourquoi le FSR 3 n'est pas déployé aussi sur PS5 (Pro ou pas), puisque les consoles peuvent elles aussi le faire tourner ! Toujours est-il que grâce à ce tour de passe-passe, la 4060 permet de jouer à *Outlaws* avec des appareils visuels équivalents à ce que produit la PS5 Pro, mais en restant la plupart du temps au-dessus de 70 fps, tandis que la 7700 XT pousse la barre jusqu'à 90 i/s. Pour peu que l'on joue sur un écran VRR/G-Sync/Freesync à 120 Hz ou plus, c'est un avantage significatif. Une seule petite ombre au tableau est à mentionner : on n'avait pas encore parlé de performances CPU jusqu'à présent, et l'on doit hélas le faire ici car notre 12400F manque un tout petit peu de muscles pour ne pas nous faire subir quelques micro-saccades très sporadiques, qui n'existent presque pas sur console. Il ne suffit pas de ça pour tout gâcher. La parfaite ouverture du moteur Snowdrop à toutes les technologies disponibles sur PC font indéniablement de ce dernier le meilleur outil pour profiter du jeu.

Cas n° 3 : Horizon Forbidden West.

C'est un exercice un peu particulier que l'on confie ici au PC, puisqu'on lui met dans les pattes un jeu initialement développé exclusivement pour la PS5, avant son



**PC ET PS5 PRO SE DÉFINISSENT
PLUS QUE JAMAIS PAR L'USAGE
POUR LEQUEL ELLES ONT
ÉTÉ « CONÇUES ».**



En haut : La RX 7700 XT qui arme notre config à 1000 €.
En bas : La RTX 4060, au cœur de notre config à 800 €

portage vers Windows par les mains expertes du studio spécialisé Nixxes. Par ailleurs, il va à nouveau être question de définition dynamique, puisque le jeu est ouvertement conçu pour l'emploi d'un tel système : sans cela, la charge qu'il impose au GPU est extrêmement variable, à un point excessif. Pas de problème, cette fois la version PC est elle aussi équipée d'un tel système. De fait, la nature de la comparaison entre les versions change : plutôt que de comparer des cadences d'images, la bonne manière de faire est de laisser donner au jeu une cible à 60 i/s, puis de comparer la qualité d'image produite par les différentes plateformes. On s'attend donc à ce que la RTX 4060, armée de son DLSS, parte avec une longueur d'avance. Raté, car le système de définition dynamique, comme c'est presque toujours le cas sur PC, voudrait pouvoir s'acaparer un généreux contingent de VRAM,

dont la carte d'entrée de gamme de Nvidia, encore et toujours, ne dispose qu'en quantité bien trop faible. Tous autres paramètres égaux à la version PS5 Pro (préréglage élevé avec quelques fioritures supplémentaires, notamment un réglage très élevé pour les nuages volumétriques de l'extension *Burning Scores*), il ne faut que quelques minutes voire secondes de jeu pour que la mémoire vidéo se trouve saturée, et que les performances s'effondrent. Et ce, même pas seulement pour une image finale en 4K, mais aussi en 1440p, et même en 1080p ! Et l'on est contraint de baisser au moins les textures et les nuages volumétriques susmentionnés en « moyen » pour retrouver une stabilité à peu près satisfaisante. C'est déjà un sacrifice non négligeable. La 7700 XT s'en sort beaucoup mieux : elle n'a aucun problème pour cracher 60 i/s avec une sortie en 4K. Elle doit en revanche se contenter d'une définition



interne légèrement plus basse que sur PS5 Pro, et surtout des faiblesses du FSR, qui est pourtant le meilleur traitement de mise à l'échelle accessible aux cartes AMD. C'est d'autant plus frustrant qu'elle ne se bat pas contre le PSSR, mais contre l'algorithme d'accumulation temporelle maison de Guerilla Games, qui n'a sur le papier aucune raison de ne pas pouvoir fonctionner sur PC.

Le PC, une plateforme de moins en moins généraliste.

Que conclure de tout ça ? D'abord que, si l'on avait encore besoin de s'en convaincre, le prix de la PS5 Pro est tout compte fait « raisonnable » si on ne le met qu'en comparaison de ce que peut faire un PC au même prix ; il faut dépenser au moins 200 € de plus pour une machine aux prestations globalement équivalentes (et peu de chances que les gammes de composants 2025 y changent grand-chose, si l'on en croit des bruits de couloir qui promettent peu d'évolution du rapport performances/prix dans l'entrée de gamme). Mais surtout, que ces machines se définissent plus que jamais par l'usage pour lequel elles ont été « conçues » – y compris le PC, qui a en ce sens perdu ce qui était jusqu'à il y a peu un de ses avantages majeurs : la malléabilité. D'un côté, la PS5 Pro est clairement conçue autour d'un type d'écran, un seul, les téléviseurs 4K, sur lesquels elle se doit d'afficher une image de qualité quitte à ce que ce soit à des fréquences d'image modestes. La RTX 4060 en revanche a sombré dans l'excès inverse : capable de s'exprimer sur un écran 1080p ou à la limite 1440p, mais à la rue quand on lui en demande plus. Et ce par la seule faute de



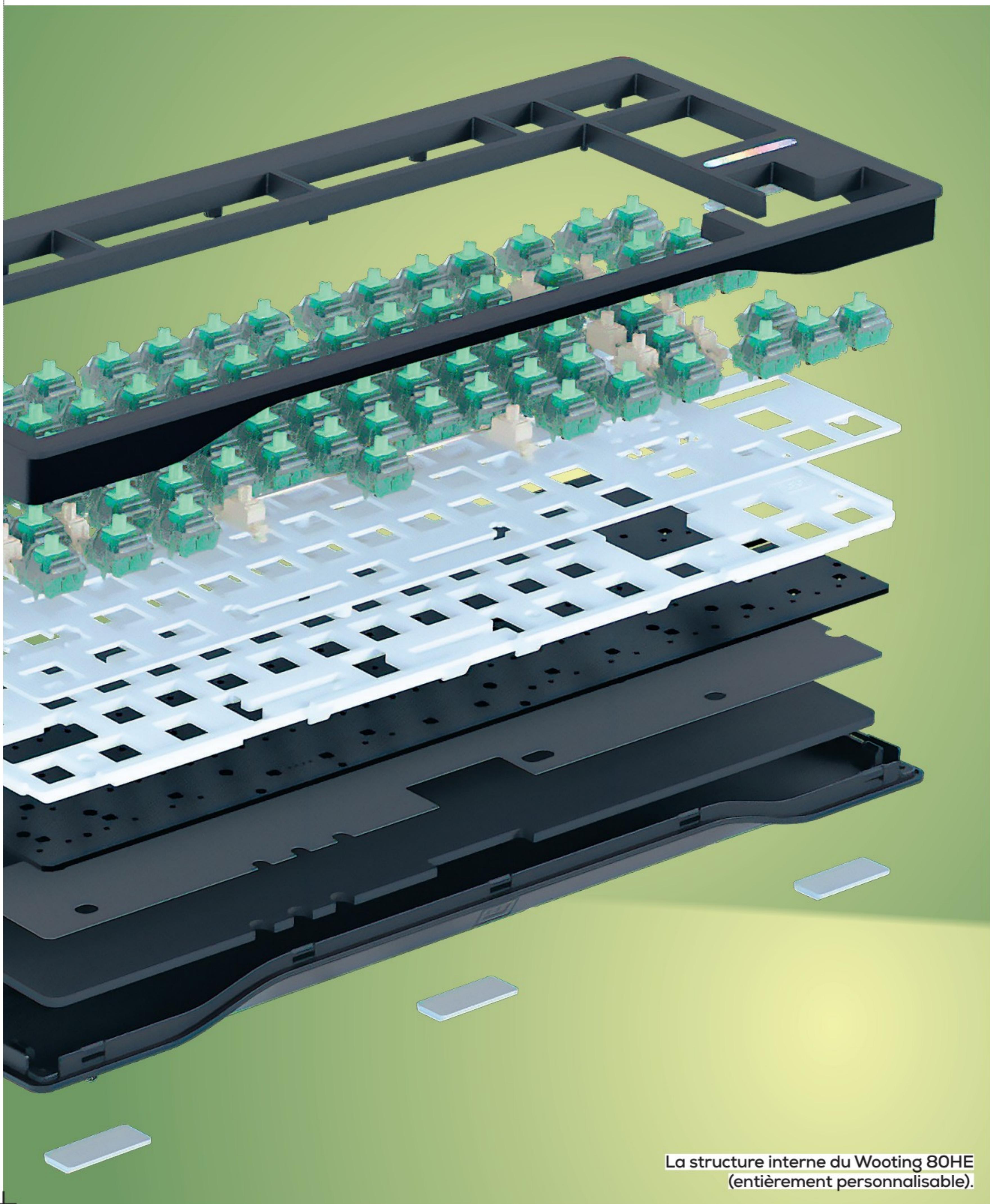
Horizon Forbidden West (© Sony Interactive Entertainment)

ses maigres 8 Go de mémoire, dont on sentait bien dès 2022 qu'ils lui joueraient rapidement des mauvais tours. Le pire, c'est le cynisme que l'on perçoit derrière tout ça : une segmentation de marché totalement artificielle et arbitraire de la part de Nvidia... qui ne va *a priori* même pas être levée avec les RTX 50, puisque l'on parle déjà de puces GB207 et GB206 au bus mémoire bloqué à 128 bits, comme les AD107 et AD106 avant eux. C'est d'autant plus idiot que la 4K n'est plus aujourd'hui un luxe réservé au salon, loin de là : les moniteurs sont une des rares catégories de matériel qui continuent à évoluer en technologie et en prix, et les écrans PC 32 pouces en 2160p sont de plus en plus abordables. Et faire le choix de configurations GPU pouvant servir les très hautes définitions, ce serait faire le choix de pouvoir servir tout le monde. La config AMD fait bien mieux de ce point de vue, mais on savait avant même de démarrer l'expérience où se trouverait son talon d'Achille : quand elle

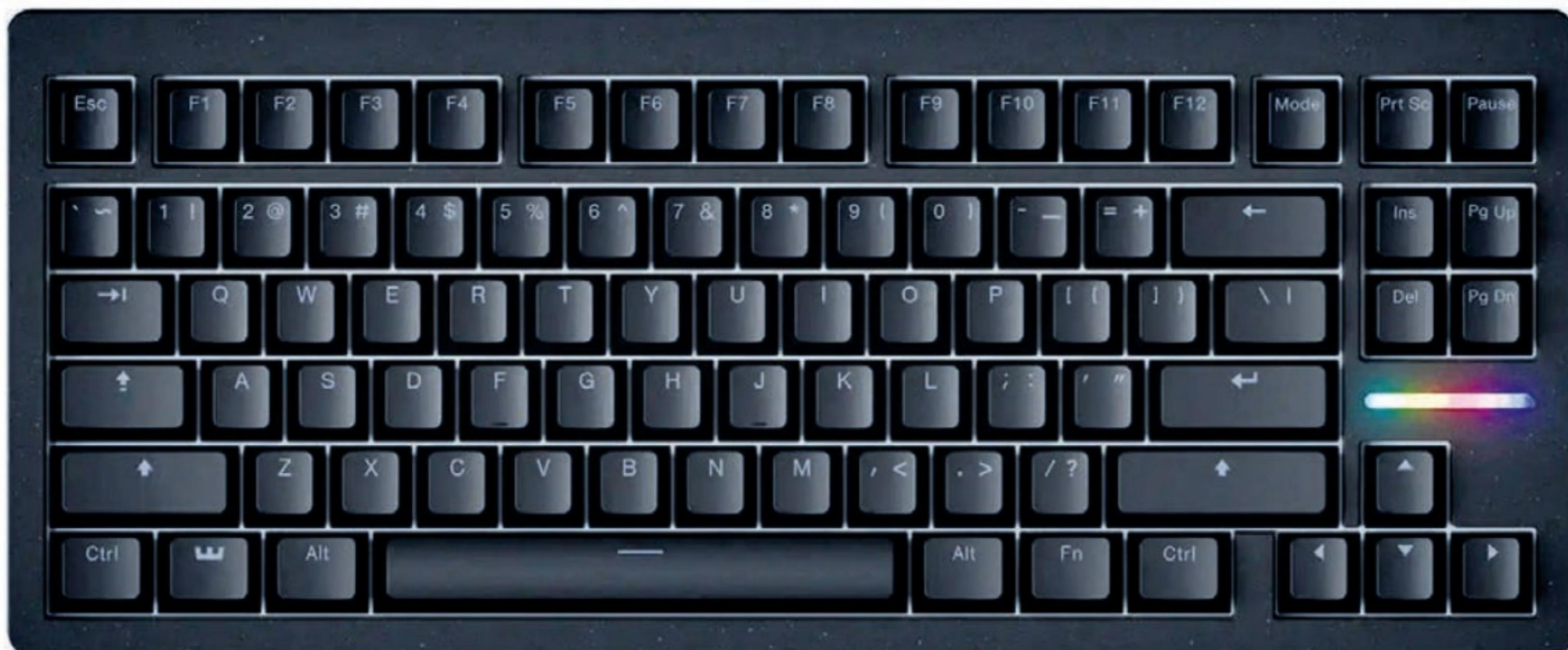
trébuche, c'est par manque de fonctionnalités graphiques. Le FSR tel qu'il existe aujourd'hui ne peut plus faire l'affaire face aux stratégies qui sont désormais en ordre de marche chez tous les concurrents – n'oublions pas que même Intel, avec le XeSS (dans sa version XMX exclusivement disponible sur les GPU Arc), a choisi depuis 2022 la voie du *machine learning* pour algorithme de mise à l'échelle. La PS5 Pro remet en lumière ce qui sera l'enjeu majeur de la future architecture RDNA 4 : le camp rouge ne peut plus se permettre de concentrer ses efforts sur le seul terrain du rapport performances en *shading*/prix. Le jeu vidéo dans son ensemble s'éloigne plus que jamais de cette façon de voir les choses : aujourd'hui, concevoir du matériel, ce n'est plus seulement faire valoir des prouesses d'ingénierie, c'est faire des choix « éditoriaux ». Et le monde du PC a plus que jamais besoin d'AMD pour démontrer que la ligne presque despote que choisie par Nvidia n'est pas le seul chemin possible.

Périphériques

p. 27 TESTS : Clavier Wooting / Coussin gaming / Casque-micro Razer
p. 30 DOSSIERS : Claviers HE / Interhaptics / Le sursaut de la VR



La structure interne du Wooting 80HE
(entièrement personnalisable).



CLAVIER

Wooting 80HE

La boucle est bouclée : alors que les deux dernières années ont vu une explosion de l'offre de claviers à touches analogiques (la plupart du temps au moyen de switchs magnétiques à effet Hall), 2024 se conclut sur le grand retour de la marque responsable presque à elle seule de la popularisation de la technologie. Voici donc le Wooting 80HE, qui ambitionne ni plus ni moins que d'être le tout meilleur clavier de jeu au monde.

Le 80HE est en premier lieu pour les Néerlandais de Wooting l'occasion de s'essayer à un nouveau format : après la pleine taille du Wooting One puis le 60 % du 60HE, le 80HE passe au 80 % (quelle surprise) – en substance, du TKL avec une colonne de touches en moins. Mais c'est surtout un clavier qui veut se hausser au niveau d'une concurrence de plus en plus hardie, aussi bien du côté des performances que du confort d'utilisation. Le premier point se matérialise par un taux d'interrogation maximal porté à 8 000 Hz pour une latence minimale ; le second, par une nouvelle construction « *gasket mounted* » (PCB et plaque montés sur une suspension) et des nouveaux switchs magnétiques de série, les Lekker V2, promettant un peu plus de stabilité que les Lekker V1 du 60HE. Notez toutefois que ces derniers peuvent être remplacés par la plupart des désormais nombreux switchs

magnétiques existant sur le marché, notamment chez Gateron (on y reviendra dans les pages suivantes). Car évidemment, le 80HE s'inscrit plus que jamais dans la mouvance du *custom*, et est entièrement personnalisable. Mieux encore, Wooting le propose à la vente sous forme modulaire, l'achat pouvant se limiter au seul ensemble PCB et plaque (il faudra alors se procurer séparément, chez Wooting ou ailleurs, un boîtier, des switchs magnétiques et des *keycaps*). La version que nous testons ici est la version pré-montée « de base », en version Qwerty ANSI – non pas juste pour faire plaisir à mon camarade ackboo de *Canard PC* tout court, mais parce qu'elle permet de choisir des *keycaps* en PBT à double injection, un peu plus seyantes et durables que les *keycaps* en ABS de la version Azerty. C'est ce qui explique pourquoi ladite version Azerty est proposée à un tarif un peu moins cher que le Qwerty : 210 € contre 220. Oui, ça fait tout de même une somme.

La vie en plastique.

Alors autant évoquer tout de suite ce qui fâche le plus à ce prix : cette version de base ne donne droit qu'à un boîtier tout plastique. De fort bonne facture, en vérité : la qualité de fabrication générale reste nettement au-dessus de ce à quoi sont habitués ceux qui ne connaissent que les claviers de « grandes » marques. Pour tout dire, le 80HE n'a surtout pas de bol de passer entre nos mains juste après le Keychron Q1 HE et son magnifique châssis en aluminium, pour à peu près le même prix (qui inclut aussi, au passage, une connectivité sans fil). Wooting propose bien d'opter pour du métal – plus précisément, de l'alliage de zinc, mais cela fait passer la facture à 320 € et l'on franchit alors allègrement les limites du raisonnable. Au-delà de ça, le 80HE arbore un look relativement typique pour un

Switchs :

Lekker V2
magnétiques
(changeables)

Connectique :

USB-C
Prix : 220 € (version
pré-montée testée)



Des pieds interchangeables en silicone permettent de régler l'inclinaison du clavier (ici montré avec le boîtier « ghost » semi-transparent).



clavier de joueur, mais l'exécution ne souffre presque d'aucun reproche. L'éclairage RGB, tout ricanement consommé, est lumineux, bien saturé et parfaitement homogène ; les keycaps, sans être remarquables, sont assez épais et leur surface très satisfaisante au toucher ; les switchs Lekker V2 offrent une lubrification d'usine très correcte, et une course d'une fluidité tout à fait honorable, à peine contrariée par une stabilité encore légèrement perfectible. Le son produit est assez sourd et grave, peut-être pas le plus élégamment « *thocky* » qu'on n'ait jamais entendu, mais tout de même fort plaisant. Une seule réelle déception est à noter concernant le confort de frappe : le *gasket mount* évoqué plus haut est très rigide, et n'amortit en fait presque pas la butée des touches. Pour les longues sessions d'écriture de texte, on pouvait espérer mieux.

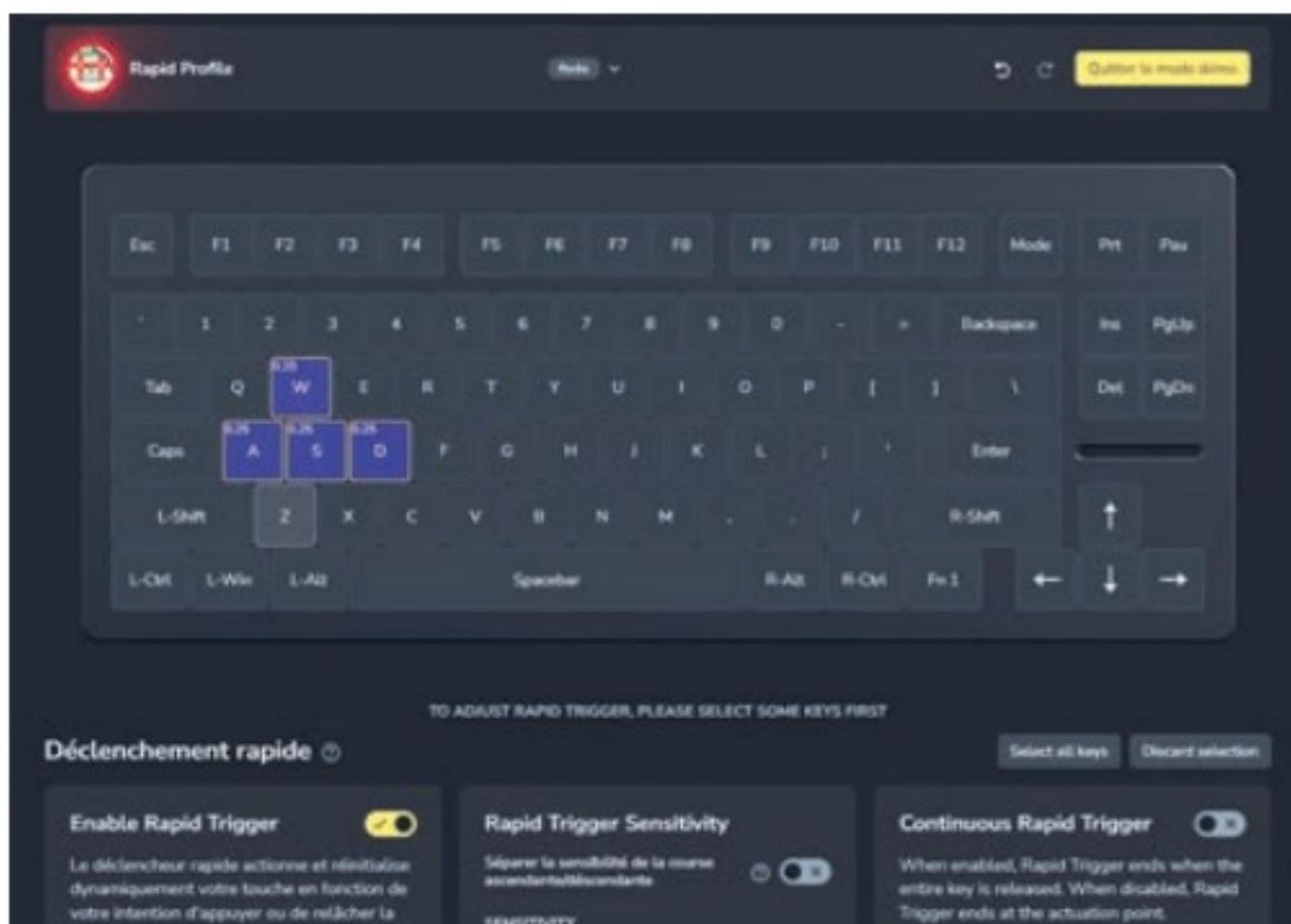
Drogué à la perf'.

Mais évidemment, la priorité du clavier est clairement orientée vers le jeu et les performances. Sur ces points, Wooting reste imbattable. D'abord, la détection magnétique analogique du 80HE est inégalée, aussi bien en précision, en sensibilité, et en uniformité entre les touches. La réactivité du clavier est elle aussi très impressionnante. Oui, bien sûr, on parle ici en millisecondes voire en fractions de milliseconde, et ce n'est pas ça qui va transformer miraculeusement un joueur lambda en compétiteur

professionnel. Mais plus que la latence moyenne brute, c'est sa constance, l'absence de variabilité qui rend l'expérience de jeu aussi plaisante – un constat d'ailleurs valable même si l'on se limite à un taux d'interrogation de 1000 Hz (bon courage pour percevoir la différence par rapport aux 8 000 Hz). Et ce n'est même pas encore là que se situe le plus grand avantage de Wooting par rapport à ses concurrents ; non, cette force est celle de sa partie logicielle. Non pas que le Wootility se démarque par des options inédites, mais il réussit

Un clavier d'une exhaustivité exemplaire et extrêmement intuitif à utiliser.

à être à la fois d'une exhaustivité exemplaire et extrêmement intuitif à utiliser, en particulier depuis sa v5 lancée en bêta parallèlement au 80HE. Aucune des utilisations possibles de la détection analogique ne manque à l'appel : point d'activation variable, affectations multiples, *rapid trigger*, émulation de stick analogique, multiples formes de SOCD (pour ceux qui ne craignent pas d'être accusés de triche dans les jeux compétitifs)... Pardonnez-moi de me dispenser ici de redéfinir chacun de ces termes, mais il y a de quoi s'amuser. Cerise sur le gâteau, le Wootility est disponible à la fois sous la forme d'une application desktop légère pour Windows, macOS et Linux, ou d'une web-app si l'on ne peut/veut absolument rien installer sur son ordinateur. Puis de manière plus générale, Wooting ne tient pas sa *street cred* de nulle part : depuis sa naissance, la marque assure un suivi en tout point exemplaire pour ses produits ; encore aujourd'hui, elle met régulièrement à jour le One, son tout premier clavier lancé en 2017, pour lui conférer autant que possible toutes les fonctionnalités de ses modèles plus récents. D'aucuns diraient que c'est ça que l'on paye avec les coquettes sommes que le constructeur demande pour ses produits.



Le Wootility V5.



La barre de LED peut être configurée avec une multitude d'effets cosmétiques ou fonctionnels.

Notre avis :

Indéniablement, et pour peu que l'on accorde la moindre importance aux questions de performance, le Wooting 80HE est l'un des meilleurs claviers de jeu, si ce n'est le meilleur clavier de jeu existant sur le marché aujourd'hui. Il ne lui manque qu'un poil d'efforts supplémentaires côté confort de frappe pour ajouter la parfaite polyvalence à la longue liste de ses qualités. Admettons qu'à ce prix, ça n'aurait pas été de refus.

Prix :

220 €
(version pré-montée testée)

9



PC SPECIALIST

CONÇU POUR VOUS.
CAPABLE DE TOUT.

www.pc specialist.fr

Profitez d'une remise **exclusive de 15 €** avec Canard PC via le code

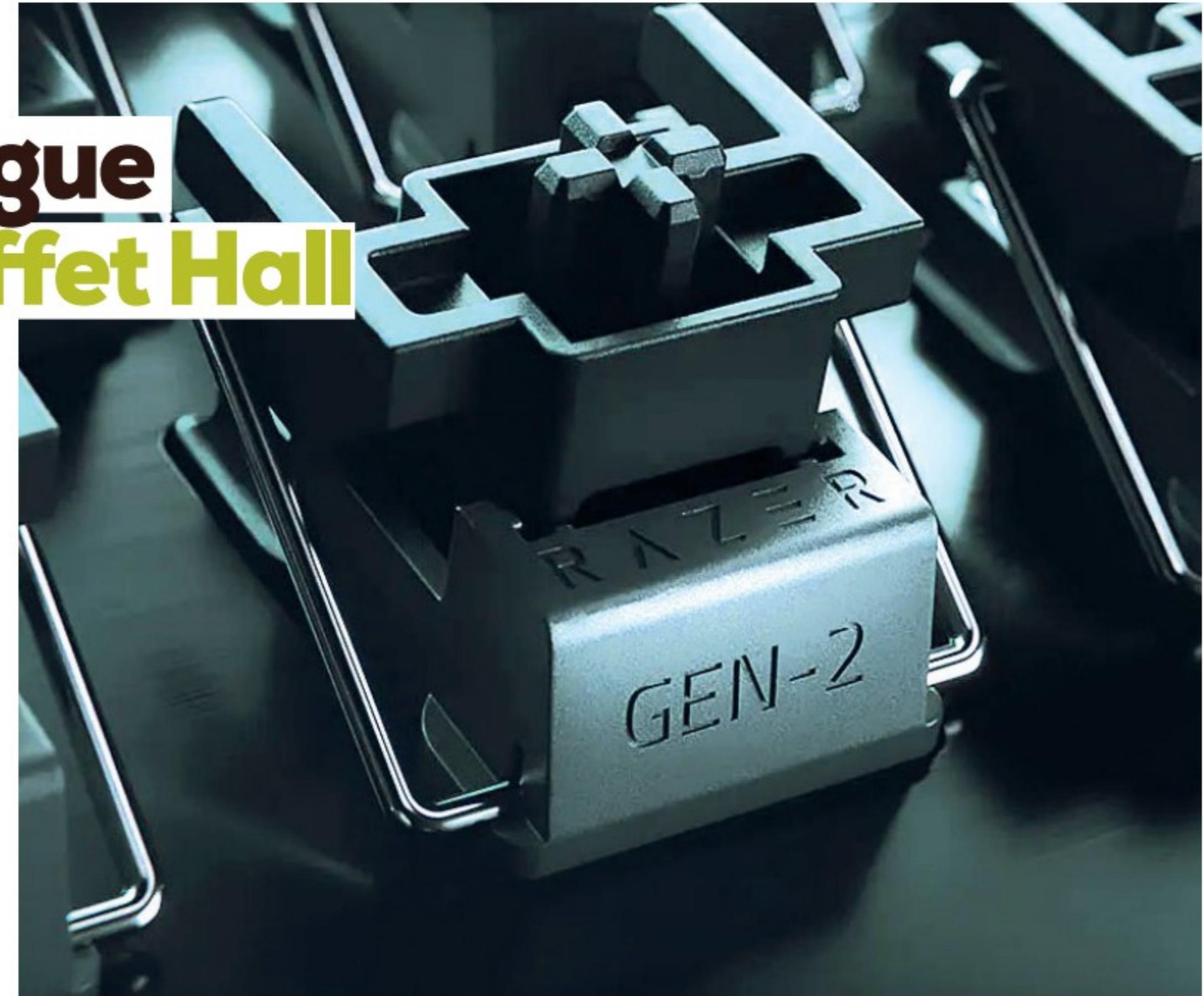
CAN24

Bilan d'une vague de claviers à effet Hall

PAR FUROLITH

Si vous êtes lecteur fidèle de *Canard PC Hardware*, cela fait maintenant un peu plus d'un an que vous nous voyez régulièrement tester des claviers à effet Hall dans ces pages. C'est que désormais, le doute n'est plus permis : les claviers analogiques, autrefois des curiosités que l'on ne vendait qu'aux gros joueurs adeptes de bizarries technologiques, sont entrés dans les mœurs. Et maintenant que toute une nouvelle vague de claviers du genre a vu le jour, quel bilan peut-on en tirer ?

L'avènement des claviers à effet Hall est une « révolution » d'un genre relativement rare dans le monde des périphériques pour joueurs, parce que c'est un chamboulement des usages. Un clavier à effet Hall, ce n'est pas « juste » un clavier comme un autre mais en plus confortable/plus précis/plus rapide ; c'est un clavier ouvert à plein de nouvelles utilisations. La plupart de ces dernières concerne les joueurs compétitifs, avec des fonctionnalités comme l'incontournable *rapid trigger* (la capacité pour une touche de s'activer dès que le moindre mouvement descendant est détecté, puis de se désactiver dès que le moindre mouvement montant est détecté), et dans une moindre mesure le SOCD (pour « Simultaneous Opposite Cardinal Directions » : la possibilité de mettre en place une priorité entre deux touches, typiquement Q/A et D, attribuée soit à la touche la plus enfoncée des deux, soit à celle sur laquelle un mouvement descendant a été détecté le plus récemment). « Dans une moindre mesure », car cette dernière fonctionnalité, parce qu'elle rend la technique du *counter-strafing* (bien connue des amateurs de *Counter-Strike 2* et *Overwatch* en particulier) infinitiment plus facile à exécuter qu'avec un clavier traditionnel, a poussé beaucoup



Le Razer Huntsman V3 Pro est un bon clavier, mais ses switchs optiques ne sont pas les plus confortables qui soient, ni au toucher ni à l'ouïe.

de communautés de jeux compétitifs à se redemander où se situait la limite de ce qui constitue une forme d'automation matérielle, et peut donc être considéré comme de la triche. Après de houleux débats à l'été 2024, il semble aujourd'hui admis pour tout le monde que le SOCD est au-delà de la ligne rouge. Mais les autres usages restent, y compris ceux qui, contrairement au SOCD et au *rapid trigger*, intéresseront plutôt les joueurs en recherche d'immersion. En particulier, la possibilité d'émuler un stick analogique permet à ceux qui le souhaitent de doser la vitesse de déplacement et de ne pas tout le temps courir comme un dératé dans un RPG, ou bien encore de mieux contrôler leurs véhicules dans un *GTA*.

Les grandes marques à la poursuite des petites.

D'abord popularisée par des constructeurs indépendants spécialisés, la technologie a maintenant séduit la plupart des marques « grand public », qui ont pour beaucoup d'entre elles lancé leur premier modèle du genre dans les 18 derniers mois. La raison, c'est bien sûr en tout premier lieu qu'il

s'agit d'un parfait prétexte pour opérer une sensible montée en gamme de leur offre ; il n'y a rien que ces gens-là aiment plus que de trouver une nouvelle occasion de vendre des nouveaux périphériques à des tarifs toujours plus vertigineux. C'est une réalité à laquelle nous autres consommateurs ne pouvons pas échapper : à ce jour, un bon clavier à effet Hall, ça s'envisage difficilement à moins de 200 €, pas du tout à moins de 150 €. On peut tout de même y trouver une satisfaction : en parallèle, ces mêmes marques grand public se sont rendu compte qu'elles n'allaient pas pouvoir continuer bien longtemps à facturer des fortunes pour des bidules à la qualité de fabrication indigne, à base de plastique *cheap* qui sonne creux. Encore mieux : elles ont enfin découvert l'existence de la mousse acoustique, dont on trouve généralement au moins une couche dans les nouveaux modèles qui débarquent aujourd'hui sur le marché ! Bon, il leur reste tout de même de gros, gros progrès à faire pour arriver à peu près au niveau de ce qui se fait dans le monde du custom ou simili-custom. Il y a quelques mois, je vous disais beaucoup de bien du Razer

Huntsman V3 Pro (pas un clavier à effet Hall, mais à détection optique analogique, aux usages parfaitement identiques), en vérité surtout parce c'est un modèle remarquablement exhaustif en matière de fonctionnalités... et aussi parce qu'il a l'avantage non négligeable d'être largement disponible dans le commerce, en disposition Azerty, avec des touches en PBT, et dans de multiples formats. Je dois toutefois vous avouer qu'après avoir testé en succession le Keychron Q1 HE puis le Wooting 80HE, revenir aux clacs clacs brouillons et agressifs du Razer a été pour mes doigts et mes oreilles une petite épreuve. Autre exemple,

Depuis notre test du Q1 HE (format 75 %) dans le précédent numéro, l'offre de Keychron s'est enrichie du Q3 HE (TKL 80 %) et de ce Q5 HE (96 %).



D'abord popularisée par des constructeurs indépendants spécialisés, la technologie a séduit la plupart des marques grand public.

le dernier en date : le Logitech G Pro X TKL Rapid (dont l'exemplaire de test est arrivé chez CPC juste un peu trop tard pour qu'on puisse en proposer un test en bonne et due forme dans ce numéro). Il est une parfaite illustration de ce que l'on disait plus haut : quel soulagement de voir enfin un peu de soin, et un peu de mousse (jusque sous le capuchon de la barre d'espace) dans la construction d'un clavier venu d'une telle marque, que l'on a beaucoup raillée ces derniers temps pour l'assemblage franchement honteux de certains de ses claviers pour joueur ! Et puis en quelques secondes d'utilisation, on se rend compte que ces efforts n'ont guère servi qu'à amoindrir la catastrophe qu'était le G Pro X TKL tout court : il y a toujours une résonance métallique, et une dureté générale dans la frappe, dont aucun spécialiste digne de ce nom n'oserait se contenter.

Les « customs » ne se laissent pas faire. Pendant ce temps, le monde du custom se met en ordre de marche pour conserver son avance. Initialement, le principal problème de la détection à effet Hall a été que, puisque rien n'est standardisé dans cette technologie, elle a privé ce monde de ce qui est censé être son premier avantage : la possibilité de choisir et de remplacer ses switchs à volonté. Non seulement

Le Logitech G Pro X TKL Rapid.



À l'heure qu'il est, parmi les switchs « compatibles Wooting » disponibles sur le marché, les Gateron Jade Pro semblent remporter les suffrages du plus grand nombre d'utilisateurs.



des switchs magnétiques ne peuvent être remplacés que par d'autres switchs magnétiques, mais il faut encore que les switchs de remplacement utilisent la même configuration de pins, produisent la même force magnétique... Bonne nouvelle : la situation ne devrait pas durer. L'industrie est petit à petit en train de se mettre d'accord, de façon informelle, sur une spécification, celle utilisée par les Wooting – juste retour des choses, tant le succès du 60HE a représenté une étape-clé de la popularisation de la technologie.

Dans le courant de l'année 2024, on a vu toute une ribambelle de switchs de ce type être lancés par Gateron notamment (sous le nom de gamme Jade), ainsi que quelques autres constructeurs. Tout n'est pas encore en place : par exemple et à mon grand regret, mes chouchous du moment, les Keychron Q HE, font bande à part, et ne peuvent accueillir que les switchs conçus spécialement pour eux (en partenariat avec ce même Gateron, pourtant !). Cela ne va toutefois aller qu'en s'améliorant, et l'avenir semble radieux pour la catégorie.

Razer Freyja, le « coussin gaming » qui vous fait vibrer le séant

PAR FUROLITH

Non, attendez, ne partez pas tout de suite, promis je ne me moque pas de vous ! Oui, c'est vrai, je suis sur le point de vous parler d'un objet pour le moins saugrenu. OK, peut-être même un peu ridicule. Mais figurez-vous que derrière les blagues qui s'écrivent toutes seules, il y a des choses à dire sur ce coussin vibrant. Et que derrière lui, c'est un véritable écosystème de retours haptiques qui est en train de se créer, auquel, franchement, j'ai un peu envie de croire.

On le sait bien, le monde du périphérique de jeu est un sacré royaume de l'esbroufe, un Far West où les constructeurs font souvent preuve d'une inventivité sans borne pour inciter le chaland à claquer des fortunes dans des bidules farfelus. Mais on a beau y être habitué, des fois, on se dit que ça va vraiment trop loin. Par exemple, quand Razer nous présente fièrement un « coussin gamer haptique » à 300 €, il n'est franchement pas facile de se retenir de pouffer – ou de soupirer, selon l'humeur du moment... Et pourtant, à y réfléchir, on trouve des raisons d'être quand même curieuses. Après tout, les retours haptiques haute qualité, c'est dans l'air du temps, notamment



© Razer



© Razer

dans le monde des consoles : la Nintendo Switch a son « HD Rumble », tandis que la manette DualSense de la PS5 s'enorgueillit de ses gâchettes adaptatives et vibrations ultra détaillées. Même chez Microsoft, il est de notoriété publique que l'on réfléchit de longue date à lancer une nouvelle manette Xbox équipée de fonctionnalités similaires. Cela dit, les vibrations dans les mains, ça fait un petit moment (presque 30 ans pour être précis) que l'on sait que ça fonctionne. Dans le dos et sous les fesses, par contre ? Ça reste à prouver. Mais deux éléments nous convainquent que Razer croit à son concept, et que l'on se doit de « *laisser sa chance au produit* », comme on dit dans tous les bons cercles marketeurs de la start-up nation.

La fin et les moyens.

D'une part, un vrai effort est fourni d'un point de vue technologique. Le Freyja embarque pas moins de six actionneurs haptiques, quatre dans le dos, deux dans l'assise. Il s'agit de VCA (Voice Coil Actuators), qui emploient donc un ensemble bobine-aimant, comme dans un haut-parleur, si ce n'est qu'au lieu d'être relié à une membrane pour produire du son, il met en vibration une masse dont

on va ressentir les à-coups. Ce n'est pas la façon la moins complexe de produire des vibrations, mais c'est l'une des plus précises, puisqu'elle permet de contrôler indépendamment la fréquence et l'amplitude des vibrations, presque sans inertie. C'est d'ailleurs ce même concept qui est utilisé dans... la DualSense. D'autre part et surtout, un pas significatif est fait vers les développeurs, à qui est proposé un SDK leur permettant, s'il le souhaite, de prendre en charge nativement ces vibrations – pas seulement pour le Freyja, mais pour tous les appareils que Razer est en train de concevoir pour son écosystème (répondant au nom Sensa). Bien sûr, cet effort aura besoin de temps pour, un jour peut-être, porter ses fruits à grande échelle : à l'heure qu'il est, seulement cinq jeux intègrent cette prise en charge, et une quinzaine d'autres promettent une intégration future. Ce qui est encourageant, c'est que dans le tas, il n'y a pas que du gros AAA qui tache : on trouve certes dans la liste des tartes à la crème telles que *Hogwarts Legacy* et *Final Fantasy XVI*, mais aussi des productions bien plus inattendues, comme *Silent Hill 2 Remake*, *Frostpunk 2*, *STALKER 2*, ou encore le jeu de plateforme indé français *Symphonia*.

Plus subtil qu'il n'y paraît.

S'agissant des aspects pratiques, le Freyja est conçu pour pouvoir s'attacher à n'importe quelle chaise à l'aide de ses sangles élastiques. Notre expérience confirme qu'il peut parfaitement trouver place sur une vraie chaise de bureau respectable, et pas seulement sur des chaises g@m Ing à dossier baquet ; il est même assez souple et bien rembourré pour ne pas (trop) en compromettre le confort. Certes, notre essai de deux semaines ne dit pas à quel point cette qualité résistera aux affres du temps. Le coussin se connecte ensuite au secteur, puis au PC via un adaptateur sans fil. Quant aux sensations en jeu, elles sont... surprenantes, voire très surprenantes par moments. Sur les titres avec prise en charge officielle, on est d'abord frappé par la subtilité dont les effets peuvent faire preuve. Dans les combats de

On est frappé par la subtilité dont les effets peuvent faire preuve

et l'impact sur l'immersion est bien celui escompté.

Final Fantasy XVI, on relève notamment la clarté de la localisation des effets : loin des simples vibrations rentre-dedans que l'on pouvait craindre, il y a des sensations de mouvement très convaincantes, mouvements variant de façon très distincte en fonction des coups et des sorts que l'on porte. *Silent Hill 2*, quant à lui, adopte une approche « *less is more* » : ses effets sont rares (il ne faut pas s'attendre à pouvoir sentir un monstre nous frotter l'épaule avant de l'avoir vu ou entendu – et c'est sans doute tant mieux, car on se lasseraient de l'artifice en moins de temps qu'il n'en faut pour le dire), mais ils sont particulièrement efficaces, par exemple lorsqu'ils renforcent la violence des coups que l'on assène à nos ennemis. Encore plus prenantes sont quelques effets se permettant de ne pas être littéraux : lorsque l'on s'apprête, à un moment-clé du jeu, à faire un grand saut dans le vide, un petit crescendo de vibration dans le dos parvient étonnamment bien à communiquer le stress de notre personnage. La réussite de ces effets se résume très simplement : en jeu, on finit très rapidement par ne plus du tout y faire attention ; mais une fois que l'on



Le connecteur d'alimentation du Freyja. (© Razer)



Final Fantasy XVI (© Square Enix)

y est habitué, c'est leur absence qui provoque une réelle sensation de manque. On ne trouvera pas meilleure démonstration que l'impact sur l'immersion est bien celui escompté. Enfin, concernant des jeux sans prise en charge native, ils peuvent s'appuyer sur une solution de secours, qui consiste à prendre comme référence la bande-son du jeu, les vibrations étant alors synchronisées avec les basses fréquences. L'effet est similaire à celui d'un *butt-kicker* dans une installation home-cinema. Ça fonctionne, mais on perd évidemment beaucoup en subtilité.

Effet de mass(ag)e.

Je ne saurais promettre que tout le monde ressentira tout cela au même degré. Les sensibilités personnelles entrent évidemment en considération : parmi mes collègues de *Canard PC* tout court

ayant fait l'essai, Ellen Replay a semblé au moins aussi emballée que moi, mais Louis-Ferdinand Sébum n'a jamais perçu que les vertus massantes de l'engin, au point de regretter qu'on ne puisse activer les vibrations en permanence, sans aucune notion de synchronisation avec le jeu – avis au département marketing de Razer, il y a peut-être un nouveau cas d'usage à explorer. Quoi qu'il en soit, je ne me risquerai de toute façon jamais à recommander un achat : pour 300 €, il y en a des choses que l'on pourrait se procurer et qui auront un impact sur tous les jeux, de façon beaucoup moins gadget ! Mais le concept a du potentiel, et prouve que les sensations physiques sont une voie à explorer pour créer une expérience de jeu « augmentée » pertinente. Après tout, entre ça et des loupiotes RGB, personnellement, je ne prendrais pas une seconde à faire mon choix.

Toucher du doigt le futur de l'immersion : rencontre avec Interhaptics

PAR FUROLITH

Derrière le développement de l'écosystème Sensa de Razer se trouve une entreprise française, Interhaptics. Fondée en 2017 à Lille par l'ingénieur Éric Vezzoli, cette petite équipe s'était déjà imposée parmi les grands acteurs mondiaux de la science du toucher bien avant son rachat en 2022 par Razer. Nous l'avons rencontrée.

S'il est un fait de gloire dont Interhaptics peut se vanter aujourd'hui, c'est d'être l'un des principaux contributeurs au développement de la future norme MPEG-I, en chantier depuis 2017, et visant à proposer des standards pour l'ensemble des technologies immersives. Cela comprend bien sûr de la vidéo 2D et 3D, de l'audio, de la détection et simulation de mouvement... mais aussi, pour la « partie 31 » de la norme, la représentation des perceptions haptiques. On parle ici non seulement de vibrations, mais aussi de la perception des textures, de la chaleur, etc. S'il tient à cœur à Éric Vezzoli de dire que ces questions restent au cœur du travail d'Interhaptics, c'est pour bien faire comprendre que même depuis que l'entreprise est une filiale de Razer, sa mission première n'a pas changé, et ne se résume pas à concevoir et vendre des accessoires siglés de trois serpents : il s'agit d'évangéliser le monde entier aux bienfaits des technologies haptiques, dans un cadre qui dépasse celui des activités de la maison mère. Cependant, et comme souvent, le jeu vidéo a rapidement été identifié comme un parfait cheval de Troie pour le développement de ces technologies. C'est un terrain fertile car il est intrinsèquement lié à un environnement technologique de pointe, que son caractère interactif permet toutes



Le Rumble Pak de la Nintendo 64, une des toutes premières mises en œuvre de retours haptiques dans le jeu vidéo. (Domaine public)

les expérimentations... et aussi parce que le joueur est connu pour être un animal naturellement curieux et avide de nouveauté. Non pas qu'il y ait quelque découverte révolutionnaire là-dedans : après tout, les manettes « vibrantes » font partie du quotidien des joueurs depuis 1997, et le Rumble Pak de la Nintendo 64, suivi de très près par la DualShock de la PlayStation. Ces mêmes Nintendo et Sony font toujours aujourd'hui des retours haptiques des arguments pour leurs plateformes, le premier avec les vibrations « HD » des Joy-Cons et autres contrôleurs Switch, le second avec la DualSense de la PS5.

Tout est facile dans le tactile.

Il n'est d'ailleurs absolument pas question pour Interhaptics de se positionner en concurrence avec Nintendo, Sony ou tout autre acteur de l'industrie. L'entreprise développe et distribue le logiciel Haptic Composer, un outil permettant aux

développeurs de créer les retours haptiques de leurs jeux, en transformant très facilement n'importe quelle forme d'onde, généralement produite dans un logiciel audio, en vibrations. On ne rigolait pas quand on disait, dans les pages précédentes, que les VCA ne sont en substance que des haut-parleurs comme les autres. Des SDK donnent par ailleurs la possibilité d'intégrer Haptic Composer directement aux moteurs Unity, Unreal Engine, GameMaker, et même dans un moteur custom. Enfin et surtout, les retours haptiques ainsi créés peuvent cibler non pas seulement les appareils Razer Sensa, mais aussi justement la DualSense ou les manettes Switch¹, ainsi que les contrôleurs Meta Quest Touch, elles aussi munies de fonctions haptiques avancées. Cette polyvalence associée à une grande facilité d'utilisation serait ce qui a permis à Haptic Composer de devenir, d'après Interhaptics, l'outil le plus populaire pour la prise en

Les manettes Touch Plus des Meta Quest 3 et 3S embarquent à la fois un LRA et un VCA.



Parmi les appareils haptiques connus du grand public, la DualSense de Sony fait partie des plus évolués.



Un VCA linéaire produit par l'équipementier Sensata, du même genre que ceux qui pourraient se trouver dans la DualSense ou dans le Freyja.



La Vest 3 de Woojer : choisir de plaquer les actuateurs directement contre le corps de l'utilisateur, c'est un pari risqué.

charge de la DualSense, avec près de 40 000 développeurs l'utilisant. Un succès que le logiciel doit aussi à sa gratuité : tout un chacun, développeur professionnel peut le télécharger depuis le site de l'entreprise, s'en servir pour expérimenter... et même, pourquoi pas, s'amuser à ouvrir et modifier les effets de vibration de certains jeux PC (cherchez la présence de fichiers .haps dans le dossier d'installation).

Haptique et toc.

Éric Vezzoli est bien sûr ravi de pouvoir surfer sur le succès de la DualSense, qui joue depuis 2020 un rôle d'ambassadeur providentiel de l'haptique auprès des joueurs et des créateurs. Mais en tant que spécialiste, il voit aussi dans l'engin des limites, des points qui pourraient être perfectionnés. Le principal d'entre eux : les performances des actionneurs eux-mêmes. Puisque l'on tient à les décrire comme haut-parleurs, autant filer la comparaison jusqu'au bout :

certains VCA relèvent de la haute-fidélité, d'autres tiennent plutôt du mini-HP tout juste capable de faire bip bip, avec tout un spectre de qualité possible entre les deux. Techniquement, cela s'exprime surtout par la linéarité des transducteurs ; autrement dit, la capacité de l'actionneur à produire des vibrations d'une intensité parfaitement homogène et contrôlée quelle que soit la fréquence demandée. C'est l'un des points auxquels Interhaptics dit avoir consacré le plus d'effort dans la conception du Freyja : une collaboration étroite a été mise en place avec le fournisseur des actionneurs (dont l'identité ne nous a pas été révélée) pour concevoir des modules répondant exactement aux spécifications et aux tolérances voulues. Et le cahier des charges ne comportait pas que des éléments de performance pure, mais aussi des détails beaucoup plus terre-à-terre, tels que les dimensions des modules. Pour une raison toute bête : il était critique de

pouvoir loger les actionneurs dans l'épaisseur du coussin, de manière à ce qu'on ne les sente pas poindre sous notre séant lorsque l'on s'assied dessus ! Car le pire ennemi de l'haptique, comme de toutes ces inventions que l'on peut facilement percevoir comme gadget, c'est la friction : au moindre inconfort que son adoption nous cause, on va vouloir s'en débarrasser. C'est d'ailleurs aussi de là que vient le choix de ce format coussin, plutôt que celui de la veste tenté par des marques comme Woojer ou Owo. « *Une veste, c'est lourd, on se sent serré dedans, on a chaud*, nous explique Éric Vezzalo pour justifier cette décision. *Et on ne peut*

1. Les manettes Switchs n'embarquent pas des VCA mais des actionneurs à résonance linéaire (LRA), ne donnant pas de contrôle sur la fréquence des vibrations, mais ayant des caractéristiques similaires s'agissant de l'inertie et du contrôle d'amplitude.



pas avoir autant d'épaisseur, donc tu sens inévitablement des points de pression au niveau des actionneurs. Et puis de toute façon, dès que tu dois enfiler quelque chose, c'est pénible, ta technologie part avec un handicap. » Exemples tout trouvés : les casques de réalité virtuelle, et même avant eux les lunettes 3D, dont l'adoption timide par le grand public est sans nul doute imputable, au moins en partie, à ces freins-là.

On le fait pour vous.

Ce qui ne veut certainement pas dire que juste par la force de cette réflexion, le Freyja et les autres accessoires Razer Sensa vont immédiatement s'imposer comme des succès populaires majeurs. On l'a dit nous-même dans les pages précédentes : quand bien même on veut bien admettre que les 300 € demandés pour le coussin ne sont pas si énormes que ça en regard de la technologie embarquée, il reste très difficile de considérer cette dépense comme raisonnable, surtout quand, dans ces premiers jours de disponibilité, le nombre de jeux prix en charge nativement reste très limité. Et dans le sens inverse, comment convaincre les développeurs de prendre le temps d'apporter leur soutien à cet écosystème qui, jusqu'à nouvel ordre, ne s'adresse qu'à une toute petite niche de joueurs ? La popularité de l'Haptic Composer est un élément de réponse ; un autre est qu'Interhaptics offre tout simplement aux studios de développement de façonner pour eux les effets Sensa. Pour eux, mais certainement pas sans eux : le processus reste une collaboration, d'abord par nécessité technique (le studio de développement a toujours la responsabilité d'intégrer dans le code de son jeu les « triggers » qui vont déclencher les effets, quand bien même

Les Joy-Cons de la Nintendo Switch.

ces derniers sont ensuite conçus ailleurs), ensuite et surtout par souci de respect des intentions des créateurs. On nous donne ainsi l'exemple d'un game director donnant le consigne que, dans les combats de son jeu, seuls les coups portés par le joueur

Interhaptics offre aux studios de développement de façonner pour eux les effets Sensa.

doivent se traduire en retours haptiques, pas les coups reçus, car cela aboutirait à un excès de stimulation assommant.

Happé par l'haptique.

Quant à savoir de quoi demain sera fait ? Avant de s'attaquer à la synthèse de sensations autres que les simples vibrations, le premier grand objectif serait de

pouvoir proposer aux joueur du « *full body haptics* ». Pour le simuler, Éric Vezzoli nous dit qu'il faudrait pouvoir compter dix points de contact sur le corps. Le Freyja en donne déjà six, et l'on monte à huit en y ajoutant le casque Kraken V4 Pro (même si, comme on le verra en page suivante, ce n'est pas forcément une bonne idée). Est-ce que deux de plus suffiraient vraiment à faire illusion ? Personnellement, je dirais avec beaucoup de mesure que je reste à convaincre. Mais de toute façon, le plus important n'est pas là : il faut avant tout s'assurer que le secteur grandit en harmonie. La standardisation MPEG est un outil pour ça, comme l'est le Haptics Industry Forum, donc Razer et Interhaptics sont membres, au même titre que Logitech, ou encore le Khronos Group (pour l'inclusion des développements du Forum dans le standard OpenXR). Les pions se sont mis en place pour s'assurer que le toucher ne sera pas un sens oublié dans les futures évolutions des médias immersifs.

CASQUE-MICRO

Razer Kraken V4 Pro

Le coussin Freyja n'est pas le seul pilier du nouvel écosystème Sensa lancé par Razer : il est accompagné par ce Kraken V4 Pro, lui aussi muni de VCA, un dans chaque oreille, pour prolonger les sensations haptiques jusqu'à la tête de l'utilisateur. Pour un résultat hélas bien moins probant.

L'idée de mettre des vibrations dans un casque audio, toute saugrenue qu'elle puisse paraître, n'est pas nouvelle : Razer s'y était déjà essayé avant même de commencer à travailler avec Interhaptics, et l'on a déjà vu des tentatives similaires de la part de quelques marques lifestyle, notamment Skullcandy. En ces temps jadis, l'application mise en avant était de renforcer l'impact des basses fréquences en leur redonnant leur dimension physique, cette même dimension qui par essence fait défaut à l'écoute au casque « traditionnel ». L'idée n'est pas idiote, mais elle était toujours trahie par une exécution très hasardeuse : cela se faisait la plupart du temps avec des antédiluviennes masses excentrées rotatives, en tout cas toujours avec des technologies produisant des effets non seulement très brouillons et parfois violents, mais aussi très bruyants. Ce sont là exactement les travers dans lesquels le Kraken V4 Pro pensait ne pas tomber, grâce à l'emploi de ces fameux VCA, tout aussi sophistiqués que dans le Freyja. Et effectivement, l'utilisation confirme que ces actionneurs sont nettement moins tapageurs que ceux qu'on a pu rencontrer dans les précédents casques du genre. Seulement voilà : moins



bruyants, ça ne veut pas dire silencieux. À notre grand regret, les lois de la physique n'ont pas encore été vaincues : objet qui vibre à proximité immédiate de nos oreilles, inévitablement, on l'entend. Même si l'on décide de couper totalement les retours haptiques (et donc de se priver du principal argument de vente du casque, mais à ce stade c'est secondaire), il arrive fréquemment que les ressorts entrent en résonance avec les vibrations produites par les haut-parleurs, et se mettent donc à osciller de façon audible. Quand bien même ces nuisances sonores sont ici bien moins grotesques qu'elles le sont ailleurs, elles restent parfaitement antithétiques avec ce que l'on attend d'un bon casque audio... *a fortiori* au prix de 450 €.

Un poulpe qui a trouvé un couteau. Ce tarif proprement vertigineux se veut justifié non seulement par le système haptique, mais aussi par des lumières RGB (écoutez, hein...), et surtout la présence d'un « hub de contrôle » à écran OLED monochrome. Mais le comble est que même ce dernier s'avère d'une utilité toute relative : à moins que l'on soit du genre à vouloir changer de profil d'égalisation sonore toutes les 15 secondes, il n'est aucune fonction à laquelle il donne accès qui ne soit remplie tout aussi efficacement par un bouton sur le casque lui-même. On veut bien tout de même lui reconnaître une qualité : il permet une connectique très généreuse, comprenant deux interfaces USB-C, un connecteur mini-jack (option devenue si rare sur les casques-micros sans fil aujourd'hui !), et du Bluetooth en sus. Cela dit, l'argument d'un casque adapté à de multiples usages ne pèse pas bien lourd quand, pour son prix, on pourrait tout aussi bien s'offrir plusieurs casques, chacun dédié à l'un desdits usages.



Le Kraken V4 Pro et son hub de contrôle.

Connectique :
USB-C (x 2), mini-jack, Bluetooth 5.3
Compatibilité :
USB Audio Class 1 (PC, Mac, PS4/5, Switch, mobile...)
Prix indicatif :
450 €

Notre avis :
Qu'importe ce que l'on aurait eu à dire sur les prestations sonores « brutes » du Kraken V4 Pro (tout à fait solides au demeurant) : puisque sa principale spécificité est aussi la source de désagréments auditifs à la limite du rédhibitoire, il n'avait aucune chance de nous convaincre.

Prix :
450 € 4



Meta Quest 3S, Vive Focus Vision et nouveaux jeux : le (petit) sursaut de la VR

PAR FUROLITH

Caramba, encore raté : 2024 n'est toujours pas l'année où la réalité virtuelle aura rendu son tablier, admis qu'elle ne séduira jamais le plus grand nombre, et sera partie prendre sa retraite sur une île déserte (virtuelle). Pire encore, elle a connu cette année un second semestre anormalement animé, avec plusieurs sorties de jeux notables, et même un peu de nouveau matos sur le marché.

Depuis le temps qu'on nous la promet, cette mort de la VR grand public, on va finir par s'impatienter. Non pas qu'on trouve absurdes les arguments de ceux qui la pensent depuis des années fermement dirigée vers la porte de sortie ; pour cela, il faudrait être aveugle. Le fait est que les éditeurs et développeurs de jeux « traditionnels » qui ont voulu s'essayer à la discipline n'y ont presque jamais connu autre chose que des échecs. Cela s'est encore confirmé ces derniers temps avec le cas d'*Assassin's Creed Nexus*, sorti en novembre 2023 sur Meta Quest 2 et 3, et dont Ubisoft a admis seulement quatre mois plus tard qu'il avait connu des ventes « correctes », mais « pas aussi bonnes qu'espéré ». Encore plus mauvais signe : en octobre dernier, *Minecraft* a reçu une mise à jour lui retirant la possibilité de jouer en VR sur PC (il avait déjà dit adieu au PlayStation VR

de première génération un an plus tôt). C'est à ma connaissance la première fois qu'un jeu qui a été compatible VR décide de complètement abandonner cette fonctionnalité. Et puis enfin, n'oublions surtout pas de mentionner les nombreux licenciements ayant eu lieu ces derniers mois au sein de l'organisation Oculus Studio de Meta, avec en point d'orgue la fermeture du studio Ready at Dawn, développeur des excellents *Lone Echo*. Ce n'est certes, et hélas, rien que de parfaitement habituel dans l'industrie du jeu vidéo en 2024, mais ça ne dit rien de bon quant à l'avenir de la production de jeux en VR de la part du plus fervent défenseur de l'industrie.

Et pourtant, elle tourne.

Dans ce contexte, il paraît d'autant plus étrange donc de remarquer que l'actualité du jeu en VR a été bien plus animée cet automne qu'en a l'habitude. Ces mêmes Oculus Studios ont su créer un petit événement avec la sortie de *Batman: Arkham Shadow* en octobre. Quelques semaines plus tard, début novembre, c'était le tour de *Metro: Awakening*. Ce ne sont pas juste des « gros » jeux, ce sont surtout des bons jeux (ce que je dois admettre quand bien même, s'agissant du premier, j'ai été sensiblement moins convaincu que la majorité des critiques – consultez donc *Canard PC* tout court n° 461, décembre 2024, pour savoir plus précisément ce que j'en pense),

qui mériteraient vraiment que vous dépoussiériez votre casque si toutefois vous en possédez un. Enfin, la cerise sur le gâteau est un certain *Flight Simulator 2024*, qui retient la compatibilité VR de la version 2020. Et puis profitons aussi de l'occasion pour revenir sur un sujet dont nous nous avions déjà parlé il y a plusieurs mois, dans *Canard PC Hardware* n° 60 (mars-avril 2024). Vous souvenez-vous de l'UEVR, ce mod qui propose de convertir presque tous vos jeux Unreal Engine en jeux VR ? et de la communauté Flat2VR qui le soutient ? Il s'avère que cette dernière a décidé de se professionnaliser : quelques-uns de ses contributeurs les plus actifs ont monté les bien nommés Flat2VR Studios (en tant que filiale d'Impact Reality, agence de communication et services aux développeurs spécialiste de l'AR/VR), offrant aux développeurs de jeux « plats » de produire des conversions VR commerciales de leurs jeux. Premiers projets annoncés : des versions VR du FPS *Wrath Aeon of Ruin*, du rogue-lite *Roboquest*, du jeu de course et de destruction motorisé *FlatOut...* et de *Trombone Champ*, le jeu-blague musical qui avait fait sensation en 2022. Ce dernier a été le premier à se concrétiser : *Trombone Champ: Unflattened!* est disponible sur la plupart des casques du marché depuis le 26 novembre – encore plus crétin, aussi drôle, et sans doute aussi vite lassant que l'original. Il faut bien sûr



Le Quest 3S signe le retour chez Meta des lentilles de Fresnel. (© Meta)



Le Meta Quest 3S. (© Meta)

espérer que ces jeux de dimensions et notoriété somme toute modestes ne soient que des points de passage avant que le studio n'arrive à signer pour des jeux un petit peu plus prestigieux.

Meta Quest 3S : le retour de la VR très grand public.

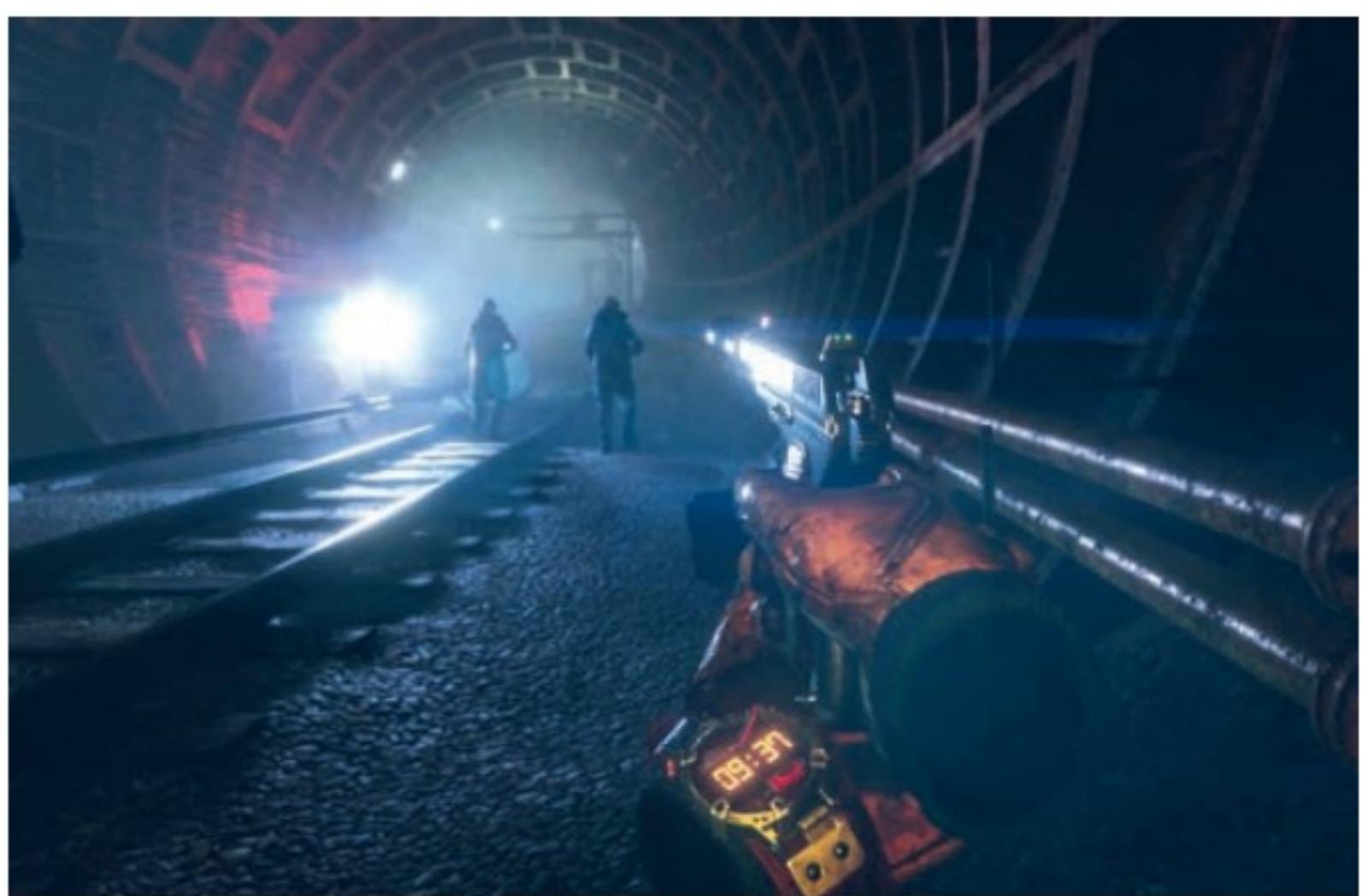
Le moment serait-il donc finalement plutôt bien choisi pour enfin sauter le pas et s'équiper ? On ne se risquera pas à une telle enflammade. Cependant, ceux qui décideront de le faire maintenant auront au moins un peu de nouveautés vers lesquelles se tourner pour faire leur choix. Le plus grand événement de la fin d'année a été le lancement en octobre du Quest 3S, le nouveau casque autonome (utilisable sans aucune connexion à une machine

externe – même s'il peut aussi être utilisé pour la VR PC, on en reparlera plus loin) de Meta. Et qu'est-ce donc que le Quest 3S ? C'est d'abord un objet qui montre qu'au département marketing produit de Meta, ça ne va pas mieux qu'avant : au mépris de toutes les conventions tacites que l'on a fait entrer dans la tête des consommateurs depuis des années, le suffixe « S » ne sert pas ici à indiquer une nouvelle version un peu plus rapide que la précédente, mais au contraire le produit d'appel, un peu moins cher et moins bien équipé que la variante sans le S. Et après, on s'étonne que personne n'y comprenne rien. Mais passons. Les compromis du 3S par rapport au 3 concernent surtout le confort : en résumant les choses très grossièrement, il possède les entrailles

d'un Quest 3 dans le corps d'un Quest 2. On oublie donc ici notamment les optiques *pancake* multi-éléments : c'est le retour de ces bonnes vieilles lentilles de Fresnel, au champ de vision sensiblement moins large, aux *god rays* assez visibles, au *sweetspot* nettement plus étroit, et à l'homogénéité perfectible. Derrière, une dalle LCD unique à la définition effective légèrement plus basse. Et surtout, le retour en arrière le plus significatif : pas de réglage continu de l'écart interpupillaire, seulement un choix à faire entre trois positions fixes à 58, 63 ou 68 mm. C'est une limitation qui avait beaucoup fait jaser à l'époque du Quest 2 ; personnellement, je ne la considère pas si gênante (alors que mon IPD personnel, à 65,5 mm, tombe pile poil à mi-chemin entre deux des positions proposées), mais les avis sur la question divergent. Quoi qu'il en soit, il est indéniablement beaucoup plus confortable de pouvoir faire son réglage au dixième de millimètre près. En revanche, côté puissance de calcul et fonctionnalité, le Quest 3S est strictement identique au Quest 3 : il embarque la même puce Qualcomm Snapdragon XR2 Gen 2, et les mêmes 8 Go de RAM, ce qui lui permet d'être compatible avec les mêmes applications. Et c'est important, car oui, il existe déjà des jeux qui se permettent d'être exclusivement compatibles Quest 3/3S... la voie étant montrée notamment par Meta lui-même, avec le *Batman: Arkham Shadow*



Batman: Arkham Shadow (© Meta / DC)



Metro: Awakening (© Vertigo Games / Deep Silver)

susnommé. Les applications en réalité augmentée ou mixte ne sont pas en reste, puisqu'elles peuvent compter sur le même *pass-through* en couleur à 4 mégapixels.

C'est mieux d'avoir de l'espace.

La contrepartie de ces compromis se trouve évidemment au niveau du prix : le Quest 3S a cela de salutaire qu'il rend à nouveau la VR accessible au plus grand nombre. Il est parfaitement évident que le succès commercial tout à fait honorable du Quest 2 était dû à son prix très abordable, démarrant à 350 €. Enfin, ça, c'était avant qu'il prenne 100 € à la hausse en 2022, l'inflation sur les matières premières étant un responsable bien pratique. Quant au Quest 3, avec son prix d'entrée à 550 €, il ne fait pas semblant de s'adresser aux personnes déjà dans le bain de la VR plutôt qu'aux néophytes curieux. Le Quest 3S, lui, s'affiche à 330 € pour le modèle à 128 Go de stockage, 440 € pour le modèle 256 Go (sans extension possible, ce serait trop simple). Si l'on peut se permettre un petit conseil : n'hésitez pas à préférer le modèle 256 Go si vous le

pouvez, car les jeux récents sont de plus en plus lourds (18 Go pour *Assassin's Creed Nexus* ou *Metro: Awakening*, 20 Go pour *Batman: Arkham Shadow*, 32 Go pour *Asgard's Wrath 2*), et l'on se trouve vite à l'étroit dans le modèle de base. À ce sujet d'ailleurs, le Quest 3 tout court a connu une évolution positive : son modèle 128 Go n'est plus produit, et c'est désormais le modèle 512 Go que l'on peut se procurer pour 550 € (au lieu de 700 € précédemment).

HTC tente un come-back.

Parce qu'un peu de concurrence, parfois, ça peut aussi avoir du bon, on s'est tout autant réjoui (dans un premier temps en tout cas) de réentendre cet été un nom que l'on n'était plus très loin d'oublier : HTC Vive. Non pas que le constructeur taïwanais ait jamais lâché le monde de la VR, mais après l'échec du Vive Cosmos en 2020 (pourtant l'année de lancement de *Half-Life Alyx* !), il a clairement mis de côté le marché grand public, capitulant face à Meta. Cela se comprend : en tant que « pur » constructeur de maté-

riel, il ne peut plus se permettre de suivre les prix pratiqués par l'écurie de Mark Zuckerberg. Il faut bien se comprendre : en tant que consommateurs, on préfère se féliciter que les Quest soient vendus à des prix relativement abordables, mais il ne fait pas le moindre doute que leurs ventes ne rapportent pas d'argent à Meta, et que le *business model* compte beaucoup sur les revenus secondaires – d'une part les ventes de jeux sur le Quest Store, d'autre part évidemment l'exploitation des données personnelles des utilisateurs (après tout, c'est le cœur de métier de Facebook depuis sa création). En conséquence de

Les compromis du 3S, en résumant les choses très grossièrement : il possède les entrailles d'un Quest 3 dans le corps d'un Quest 2.



Trombone Champ Unflattened : faire toot-toot en VR, c'est rigolo, mais on espère que Flat2VR Studios trouvera des projets un peu plus ambitieux auxquels s'atteler à l'avenir. (© Impact Reality / Holy Wow Studios)

quoi, depuis un bon paquet d'années maintenant, les meilleurs clients de HTC sont les entreprises. Et d'ailleurs, ce avec quoi le taïwanais revient causer aux consommateurs n'est en fait qu'une révision mineure du Focus 3, casque autonome lui aussi, et déjà disponible sur les réseaux de distribution professionnels depuis 2021. À l'époque, il était présenté en substance comme une alternative au Quest 2, mais plus adaptée aux milieux pro : construction nettement plus robuste, batterie amovible, nettoyage facile... Il avait aussi un argument technique au niveau de l'affichage, argument que l'on retrouve encore aujourd'hui sur le Focus Vision : des écrans LCD de très haute résolution, 2 500 × 2 500 pixels par



Minecraft en VR : c'était bien tant que ça existait... (© Microsoft)



Flight Simulator 2024 (© Microsoft)

œil, qui plus est capables de monter à 120 Hz. De quoi découle immédiatement une grande question : de tels afficheurs associés à un chipset mobile, est-ce bien raisonnable ? D'autant plus qu'on parle ici d'un Snapdragon XR2 Gen 1, le même que dans le Quest 2, et non le Quest 3.

Vive Focus Vision : à la fois VR autonome et VR PC.

La question est tout à fait légitime, mais passe au second plan dès que l'on prend en compte la *vraie* arme du Focus Vision : il se présente comme un casque hybride, optimisé tout autant pour la VR autonome que la VR PC, car il est fourni avec un boîtier de connexion USB + DisplayPort. Oui, cela signifie qu'il s'appuie exclusive-

ment sur une connexion filaire, alors que la gamme Quest peut être connectée à un PC en sans-fil (à travers un réseau Wi-Fi extrêmement robuste), ou en USB-C. Mais l'une comme l'autre de ces options requièrent de la compression vidéo. Et même si des solutions comme l'incontournable VirtualDesktop permettent de configurer cette compression pour des résultats très acceptables, il faut toujours composer avec une légère déperdition de qualité d'image, une petite latence supplémentaire, et accepter qu'une portion plus ou moins importante des ressources du GPU soient réquisitionnées par cette étape de compression. Quoi qu'on dise, quoi qu'on fasse, un bon vieux câble à l'ancienne sera toujours ce qu'il y a de

mieux pour transporter un flux vidéo, *a fortiori* dans un cas d'usage aussi difficile que la réalité virtuelle. Du coup, ce Vive Focus Vision, le casque parfait pour qui veut avant tout jouer sur PC, tout en gardant la possibilité de faire un peu de VR autonome de temps en temps ? Il aurait pu remplir ce rôle... s'il n'avait pas coûté la bagatelle de 1 200 €. On en revient à ce que l'on disait plus haut : dans les veines de ce casque, il y a toujours le sang d'un casque pro, conçu avec des exigences qui ne sont pas celles de nous autres humbles consommateurs.

Le PlayStation VR2 sur PC, c'est maintenant possible.

Alors quoi, point de salut si l'on est un amateur de VR PC encore attaché aux éléments de confort apportés par une connexion filaire ? Si, mais il faut se tourner vers une marque inattendue : Sony et PlayStation. Le consolier a lancé cet été un adaptateur PC pour le PlayStation VR2, le casque autrefois exclusif de la PS5. Il prend la forme d'un boîtier de connexion extrêmement similaire à ceux que l'on a... enfin, que l'on avait l'habitude de voir accompagner les casques VR PC « traditionnels » : d'un côté, on le branche au secteur, à un port DisplayPort de la carte graphique, et à un port USB 3 de la carte mère ; de l'autre, on connecte le casque en USB-C (via un connecteur utilisant les spécifications du défunt standard VirtualLink). La configuration se fait ensuite via un pilote disponible gratuitement sur Steam, car

c'est l'environnement SteamVR, le plus commun et robuste de tous, que Sony a choisi pour assurer l'interopérabilité de son bébé. Attention toutefois, le constructeur est un peu pingre, il se dispense d'inclure dans la boîte de l'adaptateur deux éléments indispensables à son utilisation : le câble DisplayPort, et un adaptateur Bluetooth 4.0 ou supérieur, nécessaire pour la connexion des manettes ! C'est d'autant plus pénible que ces dernières sont capricieuses et ne fonctionnent pas avec tous les adaptateurs (ou toutes les cartes mères avec Bluetooth intégré), il faut donc prendre soin de vérifier la compatibilité

Pouvoir jouer sur PC avec le PlayStation VR2 constitue un bon compromis à moindre coût pour l'amateur de jeux en VR.

avant de s'en procurer un si besoin. Dans un monde parfait, c'est le boîtier lui-même qui aurait fait office d'interface, mais cela aurait sans doute été trop simple... Par ailleurs, le PS VR2 ne fait hélas pas le voyage vers le PC sans perdre au passage quelques-unes de ses fonctionnalités les plus emblématiques : l'affichage HDR n'est pas pris en charge, pas plus que le suivi des yeux avec rendu fovéal, ni les retours haptiques avancés des manettes et du casque. Mais malgré tout, il reste un casque confortable, aux manettes précises, à la définition d'affichage très honorable, compatible 90 et 120 Hz, et dont les écrans OLED sont capables d'un contraste, d'une luminosité et d'une richesse colorimétrique incomparables à tous les casques cités plus tôt. Et finalement, à 600 € (souvent moins que ça en promo) auxquels il faut ajouter 60 € pour l'adaptateur, il n'est pas si cher que ça comparé aux casques VR PC qui existaient sur le marché il y a quelques années.

Pour le PC, Quest 3 ou PS VR2 ?

Attention cependant : en comparaison d'un Quest 3, même pour une utilisation exclusivement sur PC, il n'a pas que des avantages. Les dalles OLED se rendent coupables d'un petit effet *mura*



Le Vive Focus Vision (© HTC)

Le « kit de streaming filaire » du Focus Vision : ça fait beaucoup de câbles, mais c'est ce qu'il faut pour une connexion robuste et sans compression. (© HTC)



Sony montre de la perspicacité dans sa communication : il sait très bien quelle va être l'utilisation première de l'adaptateur du PS VR2... (© Sony Interactive Entertainment)



Le PlayStation VR2. (© Sony Interactive Entertainment)

(irrégularités de luminosité entre les pixels qui donne à l'image un aspect légèrement granuleux), et les lentilles de Fresnel se contentent d'un *sweetspot* très étroit, ce qui cause des aberrations chromatiques perceptibles en vision périphérique. Bref, l'image est indéniablement moins « propre » sur le casque de Sony, malgré

l'absence de compression vidéo. Alors en fin de compte, lequel se place au-dessus de l'autre ? Cela dépend en vérité beaucoup de la sensibilité de chacun ; mais personnellement, possédant les deux casques, je constate que je gravite aujourd'hui plus facilement vers le PS VR2 quand je veux lancer un jeu sur PC.

L'abonnement numérique

**Tout Canard PC dans votre poche
pour seulement 49 € par an**

**49 €
par an**

**Tous nos articles et l'actualité du
jeu vidéo, du hardware et des jeux
de plateau au jour le jour sur le site**

www.canardpc.com

**Toutes les versions
numériques :**

**Canard PC
Canard PC Hardware
et nos hors-séries**

**grâce au kiosque
numérique et à la
nouvelle application
Canard PC**



Télécharger dans
l'App Store
DISPONIBLE SUR
Google Play

**Et pour
20 €*
de plus :
Tous les avantages
du numérique
+ 12 numéros papier
de Canard PC
chez vous !**

* abonnement de 1 an / 12 n°
à Canard PC en France métropolitaine

Abonnement par CB sur
boutique.canardpc.com



Les moteurs sous le capot de vos jeux



Les moteurs de développement Unity (à gauche) et Unreal Engine (à droite) offrent leurs fondations technologiques à de très nombreux jeux de nos jours. Mais ils n'ont pas que des avantages.

Comment j'ai appris à ne plus m'en faire et à aimer Unity

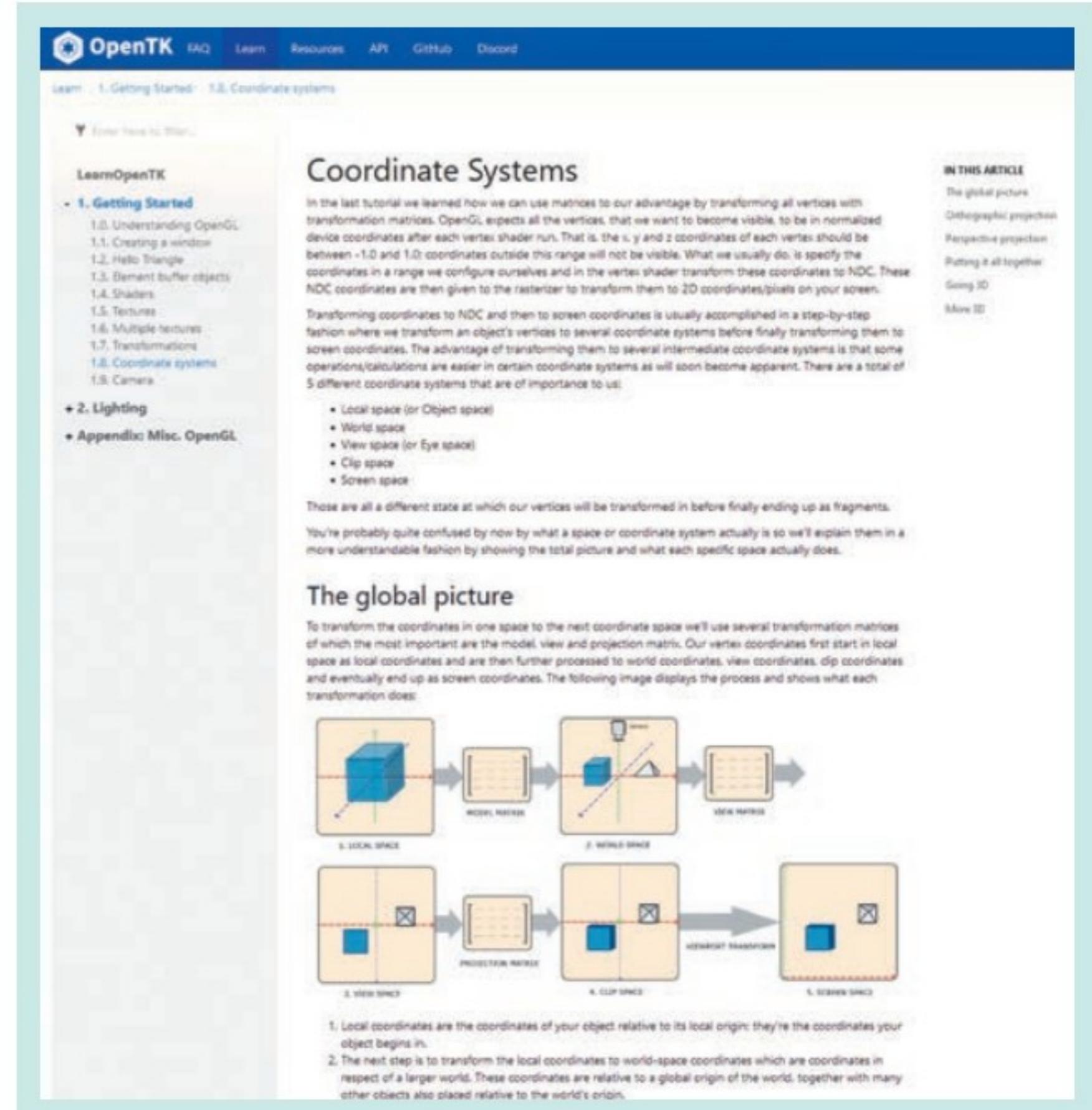
PAR L.F. SÉBUM

En 2021, par un beau matin de printemps, j'ai eu deux idées, ou plutôt une double idée. J'allais créer un jeu vidéo et, pour cela, développer mon propre moteur 3D. Trois ans plus tard, mon jeu est sorti sur Steam mais mon moteur n'a jamais vu le jour. C'est pourquoi j'ai souhaité témoigner et vous faire bénéficier de mon expérience : quels que soient les reproches légitimes qu'on puisse leur adresser, les moteurs 3D sont nos amis.

Je n'avais, pourtant, commis aucune des deux grandes erreurs des développeurs de jeux débutants : se lancer sans avoir de plan précis ou s'engager dans un projet bien trop ambitieux pour une personne seule. Au contraire, mon plan était clair et, à première vue, raisonnable. Je savais quel jeu je voulais créer, un FPS minimaliste reposant en grande partie sur la génération procédurale. Soit exactement le genre de projet que peut réaliser un développeur solitaire (pas trop d'assets à créer, un gameplay éprouvé, des mécaniques simples) et qui se prête bien au développement d'un moteur personnel. Après tout, niveau technicité, on ne serait pas beaucoup au-dessus de *Wolfenstein 3D*. Même côté technique, j'avais un plan. J'allais développer en C#, langage que je maîtrise bien, et le moteur reposera sur l'API graphique OpenGL, via la bibliothèque bas niveau OpenTK. Bref, rien que du très sage, de l'abordable. Il fallait maintenant passer à la réalisation.

Au commencement était OpenGL.

Commencer à travailler sur le moteur a été un plaisir, pour plusieurs raisons. Il y a déjà, il faut le reconnaître, beaucoup de satisfactions à réinventer la roue. Le plaisir d'avoir *sa propre* roue, de ne rien devoir à personne. Le plaisir de maîtriser tout le stack technique du jeu, du plus haut niveau (le gameplay, la génération des niveaux) au plus bas (l'envoi des vertex *buffer objects* au GPU pour tracer chaque triangle). Et puis, soyons honnête, on apprend. On apprend À MORT. Chaque nouvelle idée est l'occasion de découvrir de nouveaux aspects du fonctionnement de la pipeline de rendu d'un jeu vidéo. Et si j'ajoutais du brouillard dans certains niveaux ? Et si maintenant j'ajoutais une *skybox* ? Et si je créais un shader qui permettait de modifier aléatoirement la couleur des textures d'un niveau à l'autre ? Et si, et si... On refait tranquillement, dans son coin, toute l'histoire de l'évolution technique des jeux vidéo, depuis la 3Dfx jusqu'à *Half-Life*. Certes, pendant ce temps le jeu lui-même n'avance pas des masses, mais bon, ce n'est pas si grave, ce n'est pas comme si j'avais une *deadline* d'un éditeur



The screenshot shows a web page from the OpenTK documentation. The main content is an article titled "Coordinate Systems". It explains the process of transforming vertex coordinates through various coordinate spaces: Local space, Model space, World space, View space, Projection space, Clip space, and Screen space. The article includes a diagram illustrating the flow from Local space to Screen space, showing the matrices involved at each step. The page also features a sidebar with navigation links for "Getting Started" and "Appendix: Misc. OpenGL", and a "IN THIS ARTICLE" section with links to other topics like "The global picture", "Orthographic projection", "Perspective projection", "Putting it all together", "Going 3D", and "More 3D".

OPENTK, VOTRE MEILLEUR AMI POUR ACCÉDER AUX FONCTIONS OPENGL DEPUIS UN FRAMEWORK .NET OU MONO.

ou si je dépendais de sa sortie pour remplir mon frigo. Et puis malgré tout, les idées de jeu prennent forme petit à petit. Dès que le moteur est à peu près capable d'afficher l'essentiel, je commence à bosser sur le *gameplay*, à ajouter tous les éléments de génération procédurale qui feront le sel, et le principe, du jeu : proposer chaque jour un nouveau scénario et une nouvelle histoire dans un univers différent. Ce qui signifie, afin de garantir un minimum de variété, combiner *sprites* et textures par paquets, écrire tout un système capable de piocher des éléments dans des gros tableaux CSV pour les associer de façon logique (merci LINQ !). Bref, un gros taf. Un taf à part entière. Qui me prend des jours – ce qui ne me dérange pas – et est énormément ralenti par le développement du moteur – ce qui me dérange beaucoup plus.

Moteur à explosion.

Car pendant que je suis là, enfoncé jusqu'à la taille dans mon marécage de VBOs et d'états OpenGL, je vois dans le pré d'à côté l'herbe beaucoup plus verte des développeurs



Unity. Toutes ces fonctions que j'écris une par une, qui me demandent à chaque fois de me plonger dans les arcanes d'OpenGL et de rajouter des classes et des méthodes en plus, mes petits camarades les ont immédiatement à leur disposition, déjà écrites, réécrites, optimisées par les employés de Unity3D. Par ailleurs, ils n'auront qu'à cliquer sur « Build settings » pour choisir une plateforme cible et pourront, en quelques minutes, disposer de versions

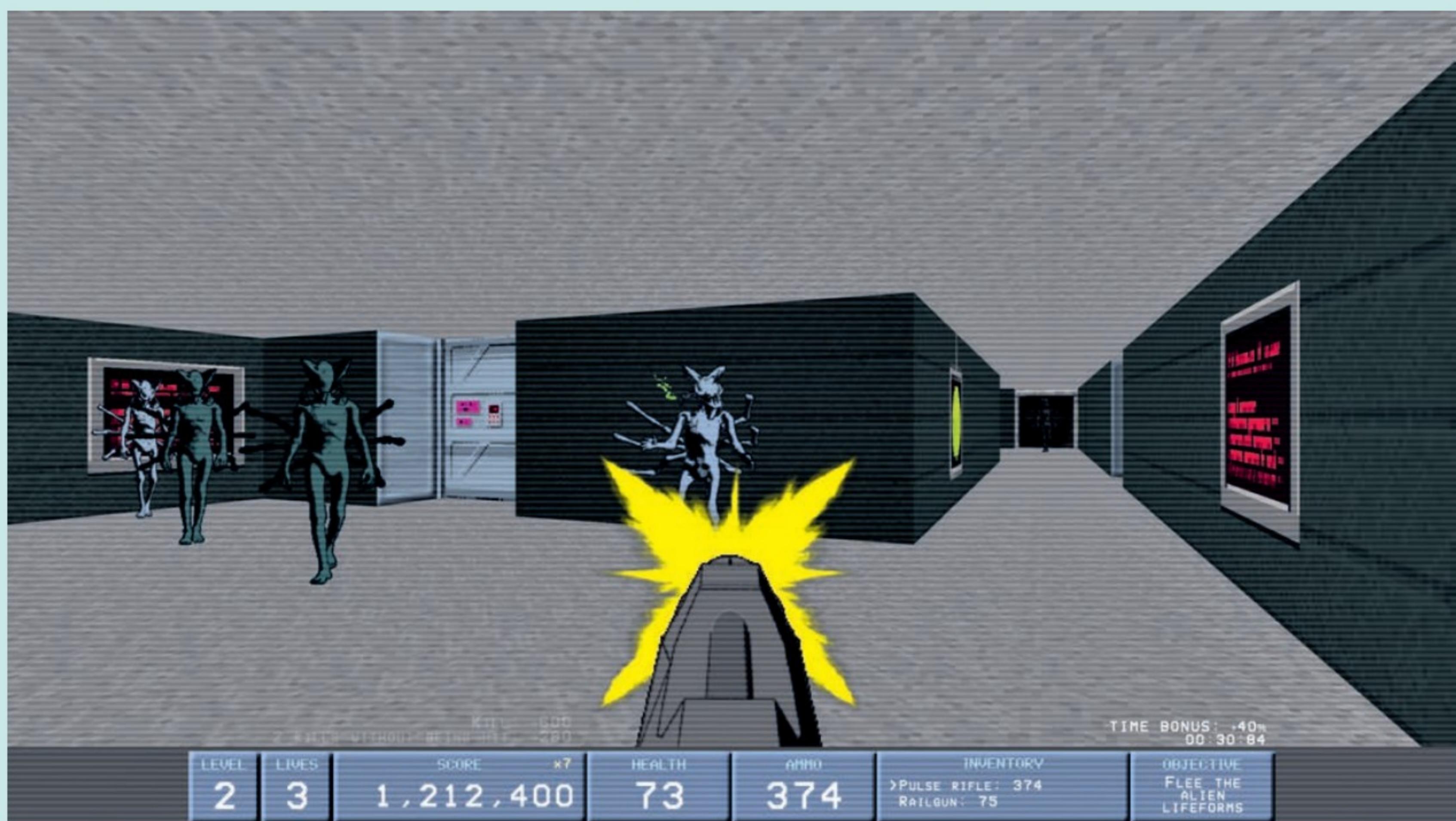
Toutes ces fonctions que j'écris une par une, mes petits camarades les ont immédiatement à leur disposition, déjà écrites, réécrites, optimisées.

Windows, Linux, Mac, WebGL avec la quasi-certitude qu'elles fonctionneront, tandis que je devrai toujours vivre avec l'angoisse que mon moteur, ce machin sur lequel j'aurai sacrifié tant d'heures, déconnera sur telle ou telle distribution Linux en raison d'un obscur problème de *shader* ou d'interprétation par Mono. Peut-être, commencé-je à me dire alors que, il serait temps de le mentionner, cela fait deux ans que je bosse sur ce machin, créer un moteur et créer un jeu sont-ils deux objectifs totalement distincts et en grande partie incompatibles ? Peut-être, malgré tout, n'avais-je pas assez réfléchi à mon

objectif. Est-ce que mon but était de terminer un jeu et de le vendre, ou d'apprendre les détails d'un *pipeline* de rendu 3D ? Si « chaque jeu terminé est un miracle », comme dit l'adage, était-il raisonnable de me glisser moi-même un bâton (pour ne pas dire un tronc d'arbre) dans les roues ? Plus les mois passaient, plus il était évident que mon moteur, au lieu de porter mon jeu, était devenu son boulet.

Jouer ou construire, il faut choisir.

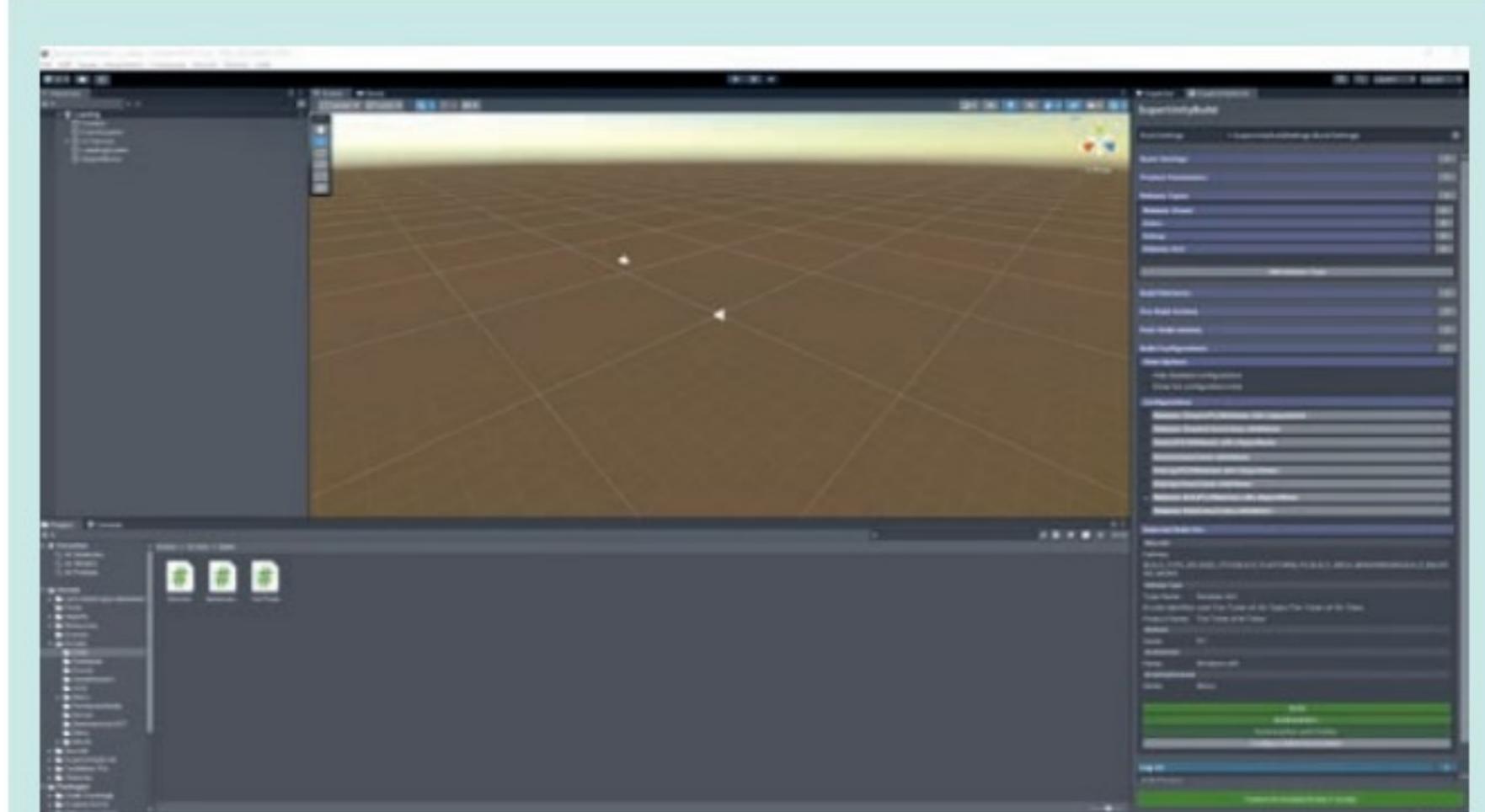
J'en ai eu la preuve un soir où, me risquant à un prototype, je décidais de porter une partie du code du jeu sur Unity. En quelques heures, j'avais un prototype aussi fonctionnel que celui dont l'élaboration m'avait pris des mois. Ajouter de nouvelles fonctionnalités ou de nouvelles fioritures visuelles était l'affaire d'un clic, pas d'heures passées les mains dans le cambouis. Pas besoin de se casser la tête sur le Z-Ordering pour supprimer les artefacts provoqués par deux sprites trop proches l'un de l'autre, ni à classer les Quads selon leur distance dans le *buffer* pour gérer leur transparence : le moteur le faisait tout seul. Écrire un *shader* redevenait un plaisir ; pour la première fois, je pouvais les approcher de façon purement artistique : « *Tiens, si j'ajoute ça c'est plus joli* », « *Ça serait plus fidèle à l'idée que je me fais du rendu idéal si je faisais ça* », et non plus « *Alors non, je dois aussi me souvenir que la texture o est dans le textureBuffer 4 que j'ai oublié de binder la dernière fois* ». Je raisonnais en *designer*, en développeur du jeu, plus en ingénieur. J'étais libre ! Enfin, presque. Car il me restait encore à faire le plus difficile : accepter que je devais jeter à la poubelle un boulot sur lequel j'avais sacrifié tant de temps. Pour y parvenir, j'ai dû me livrer à un rude auto-examen et me poser la grande question : qu'est-ce qui me dérangeait tant, dans le fait d'utiliser un moteur clé en main, parfaitement adapté au genre de projet sur lequel je travaillais ? Chaque



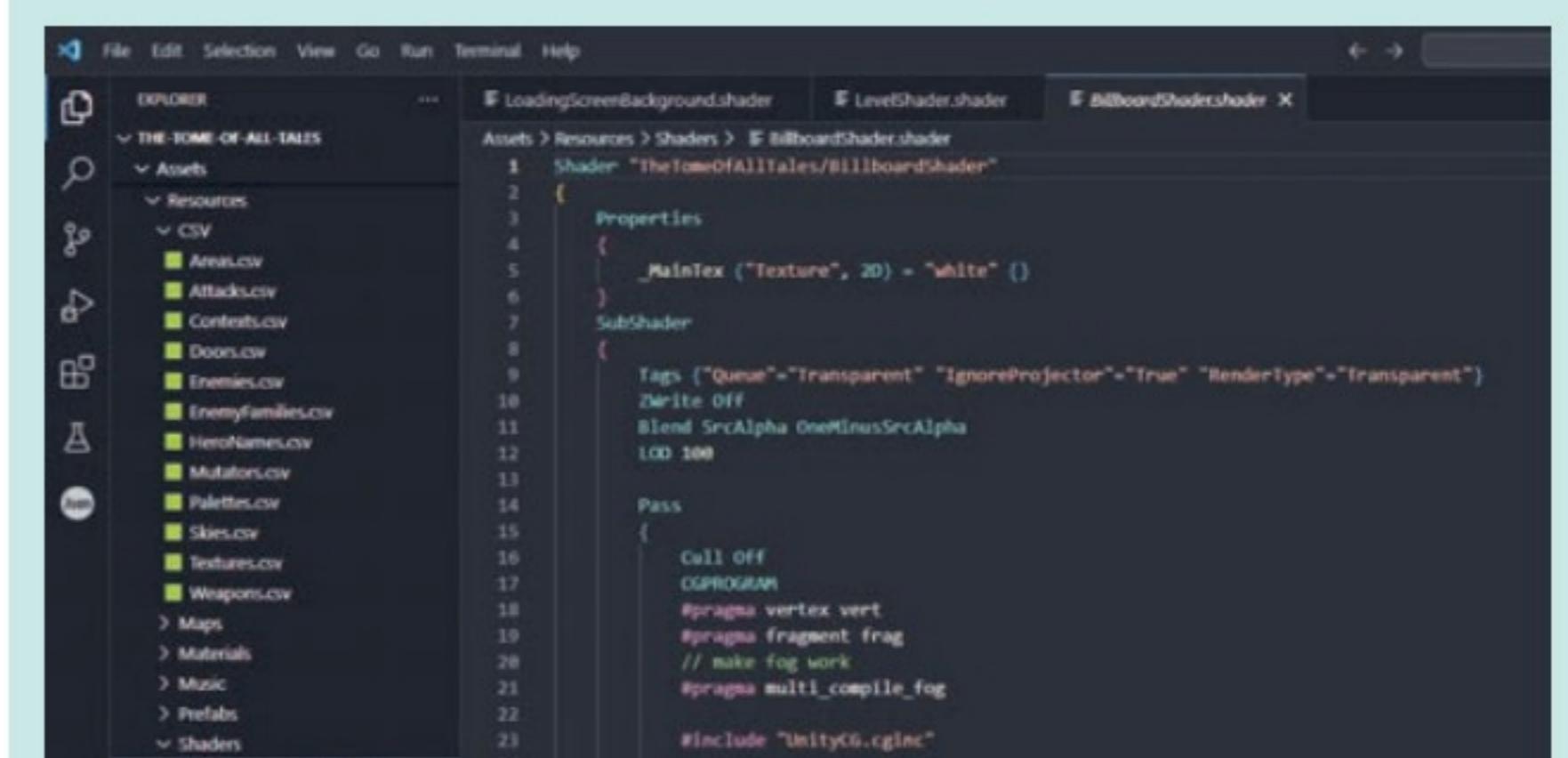
doux dingue qui s'est mis en tête de créer son propre moteur 3D a sa réponse. Certains le font par amour de l'*open source*, d'autres parce qu'ils sont des *control freaks*, d'autres parce qu'ils veulent pouvoir optimiser le moindre détail pour que leur jeu tourne à 167 images par seconde plutôt qu'à 162. Dans mon cas, la réponse était plus simple : Unity avait beau être le moteur idéal pour mon projet, il était *crade*. Je ne sais pas pourquoi, ne pas avoir de « *main loop* », devoir s'appuyer sur des scripts et sur un moteur lourd de centaines de mégas, je trouvais ça moche, pas idéal. Mais tout cela, finalement, n'était qu'une névrose. Et, ce qui me rassure un peu, c'est qu'elle n'est pas propre aux développeurs indés ou débutants.

Je raisonnais en designer, en développeur du jeu, plus en ingénieur. J'étais libre !

La volonté de contrôler la totalité du *tech stack*, la volonté de perfectionnisme et d'indépendance totale ont aussi conduit des studios expérimentés dans des situations compliquées. Qu'on soit petit indé dans son coin ou entreprise bien établie, on gagnerait parfois à se rappeler que notre objectif, déjà bien difficile, est de sortir un jeu. Y ajouter la complication supplémentaire qu'est la création d'un moteur quand existent des solutions clé-en-main n'est sans doute pas la décision la plus sage.



LA FENÊTRE PRINCIPALE DE UNITY.



SANS LE FARDEAU D'UN MOTEUR PERSO, ÉCRIRE SES PROPRES SHADERS REDEVIENT STIMULANT !



DANS LES LOCAUX D'AMPLITUDE STUDIOS, À PARIS. (PHOTO : AMPLITUDE)

La vie avec un moteur : entretien avec Éric Audinet (Amplitude Studios)

Depuis 2011, le studio parisien Amplitude (*Endless Space*, *Humankind*...) est un des plus éminents utilisateurs du moteur de développement Unity. Mais ce dernier vient de vivre une année 2024 particulièrement compliquée, pleine de controverses, poussant beaucoup de développeurs à se demander s'il restait un outil de création recommandable. Nous nous sommes entretenus avec Éric Audinet, directeur technique d'Amplitude Studios depuis sa création, pour discuter du travail au quotidien avec Unity, et des avantages et inconvénients du développement sur un moteur tiers.

Canard PC Hardware : Depuis sa toute première production, Amplitude a toujours travaillé avec Unity. Pourquoi ce choix ?

Éric Audinet : Le studio a été monté par Romain de Waubert (NDLR : toujours directeur d'Amplitude aujourd'hui) et Mathieu Girard, deux anciens d'Ubisoft. Mathieu était aussi codeur, il connaissait le monde de la programmation. Ils avaient envie de faire *Endless Space* dès le départ (au début, ça s'appelait *Star Empire*), et ils ont fait une

maquette tous les deux sous Unity, parce qu'à l'époque c'était le seul moteur gratuit, facile à utiliser et facile à étendre, donc parfait pour prototyper un jeu. Le langage de programmation utilisé dans Unity est le C# – il y avait aussi Boo et JavaScript, mais ils ont rapidement laissé leur place. Et le C# est un langage de script super pratique, parce que fortement typé. Tous ceux qui ont fait un minimum de programmation dans une boîte de jeu savent programmer en objet, donc ils peuvent se mettre au C#, qui est du C++ en plus simple, pour caricaturer. C'est idéal pour monter une équipe autour de ton projet.

De mon côté, avant même d'arriver chez Amplitude, je m'étais mis à Unity, je faisais des protos dans mon temps libre. C'est bien tombé : j'ai pu être efficace dès que j'ai commencé à travailler ici. Mais de toute façon, à l'époque, il n'y avait pas grand-chose d'autre de disponible. Peut-être OGRE 3D, mais pour avoir regardé sa base de code de temps en temps, ce n'était vraiment pas propre. Comme c'est de l'open source, n'importe qui peut venir dedans et contribuer. Ça a ses côtés cools, mais ça veut aussi dire que parfois, dans un code de caméra, tu vas trouver des lignes qui n'ont rien à voir avec la caméra. Du point de vue architecture logicielle, parce que moi j'aime bien ça, ce n'est pas possible. Et puis il n'y avait pas de maintenance. Pour qu'une technologie fonctionne, il faut qu'il y ait une organisation au-dessus, comme le Khronos Group pour OpenGL et Vulkan, Microsoft pour DirectX, Epic pour l'Unreal Engine, ou Unity Technologies pour Unity.

Est-ce que depuis, rester ou non sur Unity est une question que vous vous êtes posée régulièrement ?
On ne se l'est pas posée les dix premières années. Unity n'arrêtait pas de grossir, ça marchait. Ils ont enchaîné les versions 3, 4, 5, après quoi ils ont changé leur façon de



ÉRIC AUDINET



HUMANKIND

nommer, donc c'était 2019, 2020, etc. Jusqu'à ces années-là, jusqu'à *Humankind* on va dire, l'idée de changer de moteur ne nous a pas traversé l'esprit, parce qu'on avait construit des bases technologiques sur Unity, sur le C#, et qu'on n'envisageait pas de tout mettre de côté et de recommencer de zéro.

On reviendra évidemment sur les raisons pour lesquelles votre position a changé, mais avant ça : il n'aurait pas été possible de réutiliser la base C# dans d'autres moteurs ? Oui et non. On pourrait effectivement coder en C# dans l'Unreal Engine, mais il faudrait faire nous-mêmes l'interface pour communiquer avec le C++ derrière. Le truc, c'est que pour les appareils Apple et iOS notamment, on n'a pas le droit de sortir un jeu en C# compilé sur leur plateforme, il faut absolument que ce soit du code natif. Unity, comme ils font ça depuis longtemps, a mis en place un module qui s'appelle IL2CPP (Intermediate Language to C++) et qui convertit le C# en C++ avant de le compiler en binaire. Ça aide beaucoup aussi pour les versions consoles, PlayStation, Xbox et compagnie.

Est-ce ainsi que tu expliques le fait que Unity reste un moteur aussi utilisé ?

Il y a aussi des choses qui sont moins des arguments en faveur de Unity qu'en défaveur d'Unreal. L'Unreal Engine ne t'oblige pas qu'à faire du C++ par défaut, il te demande plus généralement de faire des trucs plus pointus techniquement, plus performants, mais plus difficiles. Unity, c'est le syndrome inverse : facile par défaut, mais pas performant. Notre grand défi ces dernières années, ça a

été de trouver comment tirer parti des différentes bêcanes sur lesquelles on fait tourner nos jeux, malgré cette couche intermédiaire qui, à force de te demander de faire du code générique sur toutes les plateformes, ne te permet pas d'être optimal sur chacune d'entre elles. Côté graphique notamment, on a régulièrement eu des besoins : on voudrait avoir un accès direct à la carte graphique pour appeler une méthode, une fonction particulière, mais eux te répondent qu'ils fournissent une API qui doit fonctionner sur toutes les plateformes y compris le mobile, et que ce n'est donc pas possible d'adapter ces fonctionnalités spécifiques.

Comment ça se traduit dans le quotidien d'une production ?

Un des griefs que j'ai concernant Unity, c'est qu'ils ne produisent pas de jeux avec leur propre moteur, et ça se sent. Tu prends id Software par exemple, ils ont leurs jeux avec leur moteur id Tech, et ça tourne au poil ; le moteur fait un seul truc, mais il le fait bien. Epic, c'est pareil, ils font des jeux : aujourd'hui c'est *Fortnite*, avant c'était *Gears of War*, encore avant *Unreal Tournament*. Mais Unity, quand on essaye de les confronter à la réalité de notre quotidien, qu'on leur demande « *comment on est censé faire ça ?* », la réponse est presque toujours « *on ne peut pas* ». Ou alors on va te déléguer des ingénieurs, ça va coûter des sous en plus, puis tu vas obtenir des réponses, mais *in fine* ça ne sera toujours pas pratique, parce que ce n'est pas pensé pour.

C'est ça, donc, qui vous a poussés à vous demander si l'herbe n'était pas plus verte ailleurs, vers 2020 ? On s'apprêtait à lancer *Humankind*, le premier jeu



ENDLESS SPACE 2

qu'on lançait en multiplateforme. Avant ça, on faisait exclusivement du PC¹. Le PC, c'est à la cool, il n'y a personne derrière ton épaule, tu fais plus ou moins ce que tu veux, même si on s'impose évidemment nos propres contraintes. Les consoles, c'est plus compliqué : il y a des obligations sur les livrables pour qu'ils puissent faire leurs playtests, et puis des TRC (Technical Requirement Checklists) beaucoup plus contraignantes, sur des points qui sont tout à fait valides au demeurant, mais ça change notre regard sur nos outils. C'est là qu'on a commencé à faire des comparaisons avec Unreal ou d'autres moteurs, parce qu'on avait un plafond de verre avec Unity qu'on voulait faire sauter.

Ce plafond de verre, il concerne seulement les technologies graphiques, ou il y a d'autres choses ?

Il y a d'autres choses. Leur système d'animation par exemple, c'est bien pour dix perso dans une scène standard, mais ce n'est pas le même niveau de performance quand on veut afficher des armées entières. On a le même genre de problèmes avec les émetteurs de particules, l'audio, la physique... Mais pour revenir aux animations, les faire sur le CPU ça n'allait pas, donc on les a recréées nous-mêmes pour les faire tourner sur le GPU, avec les *shaders* et tout ce qu'on pouvait. Puis on s'est rendu compte que les consoles n'étaient pas assez costaudes côté GPU, donc on a redescendu des couches en C++ natif au niveau CPU. Sauf qu'on avait besoin de multithreading, et Unity ne fait pas de multithreading, donc ça aussi on a dû le refaire nous-mêmes... Unity, c'est un paquebot qui se traîne un historique trop important.

Autre exemple : à l'époque ils commençaient déjà à parler de l'ECS (Entity Component System), puis de la couche DOTS (Data Oriented Technology Stack). C'est tout un nouveau paradigme qu'ils ont commencé à vendre pour remplacer les Game Objects, parce qu'ils se sont enfin rendu compte que les Game Objects de Unity, c'est lent, ça ne marche pas bien. Je pense n'avoir strictement jamais parlé à un développeur Unity sans qu'il se plaigne des Game Objects. C'est pratique au début parce qu'on prend un objet, on le *drag & drop* dans une scène, on met un petit script dessus, et en une après-midi on a quelque chose, en une semaine ou deux on a une démo ou un petit jeu mobile. Mais dès qu'on en met une dizaine, une centaine, ça s'écroule parce que ce n'est pas fait pour. Eux-mêmes

l'admettent. Ok, il n'y a pas de mal, mais qu'est-ce que vous proposez en remplacement ? « *Ne vous inquiétez pas, on travaille sur ECS, DOT et compagnie.* » Ils ont entièrement révisé leur architecture pour revenir sur la performance par défaut plutôt que la polyvalence par défaut.

Mais ils ont mis cinq ans avant de converger vers un modèle. À chaque nouvelle version, l'API sautait, il n'y avait aucune compatibilité, tous les tutoriels et toutes les docs sautaient, il fallait tout réapprendre. Aujourd'hui avec Unity 6, on nous dit que la couche ECS est finalisée et qu'on peut l'utiliser en prod, mais il y a pleins de trucs qui ne sont pas prêts. Dans la liste, je pourrais aussi noter la couche UI – et l'UI dans un jeu c'est important, surtout dans un 4X, parce qu'on affiche des stats dans tous les sens, des icônes, des graphes. Dans Unity, quand on a monté Amplitude, il n'y avait rien. Donc une des toutes premières technologies maison qu'on a développées, c'était pour l'UI.

Mais d'avoir ces technologies maison développées par-dessus Unity qui vous menottent au moteur, tu l'as dit plus tôt, c'est un problème.

C'est évidemment un frein au passage à une nouvelle technologie, parce qu'on mesure le coût que ça engendrerait. Est-ce qu'on a envie de jeter les mois, les années de travail qu'on a investis dans cette couche ? Cela dit, ce ne serait pas non plus de la pure perte, puisqu'on a fait des jeux avec ! Pour notre première production, *Endless Space*, Unity était un bon outil : les besoins en termes de graphismes étaient légers, on faisait quelques planètes, quelques soleils, des particules dessus pour que ça brille ; pour les vaisseaux, quelques *meshs* pas trop

1. À l'exception du portage Xbox One de *Dungeon of the Endless*, développé en interne par Amplitude en 2016.



ENDLESS DUNGEON



HUMANKIND

animés. Ça faisait le job. Techniquement, on n'avait pas de grosses ambitions, donc ça correspondait à ce qu'on voulait. Et puis tout de même, le fait que ce soit souple, que ça permette d'intégrer plein de librairies externes, par exemple SteamWorks pour la partie multijoueur... Bref, ça s'est bien passé.

Pour toi, le moteur parfait, ce serait un moteur dans lequel vous pourriez développer vos propres technologies le plus facilement possible, ou bien un moteur dans lequel vous pourriez vous appuyer entièrement sur celles présentes par défaut, quitte à ce qu'elles ne soient pas parfaitement optimisées pour vous – mais au moins, vous pourriez vous focaliser à 100 % sur la création ?

La question est intéressante ! Il y a un peu les deux courants de pensée chez Amplitude, on en discute régulièrement. D'un côté, il y a effectivement ce côté

Confronté à la réalité du quotidien des développeurs de jeux, Unity montre ses limites.

super sur Unity qui est qu'on peut faire les plugins qu'on veut, on peut en récupérer sur Asset Store, c'est malléable à souhait. Mais il y a un coût de maintenance pour ces choses-là. Si on récupère un plugin d'animation sur Asset Store mais que Unity a changé de version et la personne qui a fait le plugin à l'origine ne s'en occupe plus, ça va être à nous de les maintenir. Sauf que nous, on n'a pas

d'équipe vraiment dédiée moteur ; on a des équipes de programmeurs et programmeuses *gameplay*, mais on fait du jeu, on ne fait pas de la tech. Après il y a le même genre de problème avec l'Unreal Engine, et pour en avoir discuté avec des gens qui ont fait pas mal de prods Unreal avant de venir chez nous, ça peut être encore pire, parce que quand Epic sort une nouvelle version, ils ne préviennent même pas ! Du jour au lendemain, on peut être passé de la 5.3 à la 5.4, et se retrouver avec des systèmes pétés. Donc ça veut dire prévoir, avoir des personnes dédiées à la maintenance. Mais pour illustrer, et ça rejoint aussi ce qu'on se disait plus tôt, on a été confronté à cette problématique avec *Dungeon of the Endless* par exemple, parce qu'on fait des rendus assez stylisés : il y a des éclairages très particuliers, des lumières et des ombres bien dynamiques... Des techniques à la pointe que Unity ne proposait pas à l'époque, et qu'ils ne prévoyaient pas d'intégrer tout de suite. Et là, il y a une inquiétude : est-ce qu'ils vont faire ce dont on a besoin pour notre jeu ? Comme on a des gens très talentueux en interne, des cadors en 3D, en *shader*, etc., on s'est dit ok, on refait l'éclairage en repartant de zéro. Ça tournait nickel sur PC, on a des GPU qui prennent tout ce qu'on veut bien leur balancer à la tronche. Et puis quelques années plus tard, on commence à compiler pour les consoles, et ça ne va pas : là, le *shader*, il ne prend pas en charge telle instruction sur Switch, alors que c'est censé fonctionner. Alors on appelle Unity pour leur dire qu'on a un problème, ils disent « *ah oui, effectivement il y a un bug* »... Mais ils ne peuvent pas le patcher parce qu'on est toujours sur la version d'il y a quatre ans, et eux sont sur la dernière ! L'autre exemple, mais là ce n'est plus vraiment de la responsabilité de Unity, c'est que comme on a des compétences fortes en shaders, on s'est engagé dans notre propre voie et



ENDLESS SPACE

on a monté notre pipeline graphique custom. Et quand on veut faire appel à un prestataire pour un portage, ils nous disent « *mais qu'est-ce que vous avez foutu ? Nous on sait faire de l'URP, du HDRP, les trucs standard de Unity, votre truc on n'y comprend rien !* ». Le risque de trop faire du custom, c'est de perdre tout le support de ton moteur.

Partons alors dans l'excès inverse : imaginons un monde où Amplitude aurait les moyens d'avoir et de maintenir un moteur maison. Est-ce que le studio y gagnerait quelque chose ?

Le principal intérêt, ce serait la maîtrise sur les risques – pas juste techniques, aussi financiers. On est obligé de parler de l'épisode des « *runtime fees* »², qui ont ensuite été annulés, mais après le prix des licences est multiplié par deux,

« Unity, c'est un paquebot qui se traîne un historique trop important. »

puis finalement ça aussi c'est annulé, par contre pour les licences « Pro » on va vous obliger à passer sur des licences « Entreprise » à partir d'un certain chiffre d'affaires... Je ne suis pas forcément le mieux placé pour parler gros sous, n'empêche que cette incertitude financière rend difficile le fait de se projeter. Et puis on voit ce que l'entreprise fait depuis quelque temps : avoir licencié énormément de salariés dans le monde ces dernières années, pour nous ce n'est pas un bon signal. Le fait d'avoir un pipeline standard, l'URP, très orienté mobile parce que clairement, le AAA, ils s'en fichent un peu, ce n'est pas un bon signal.

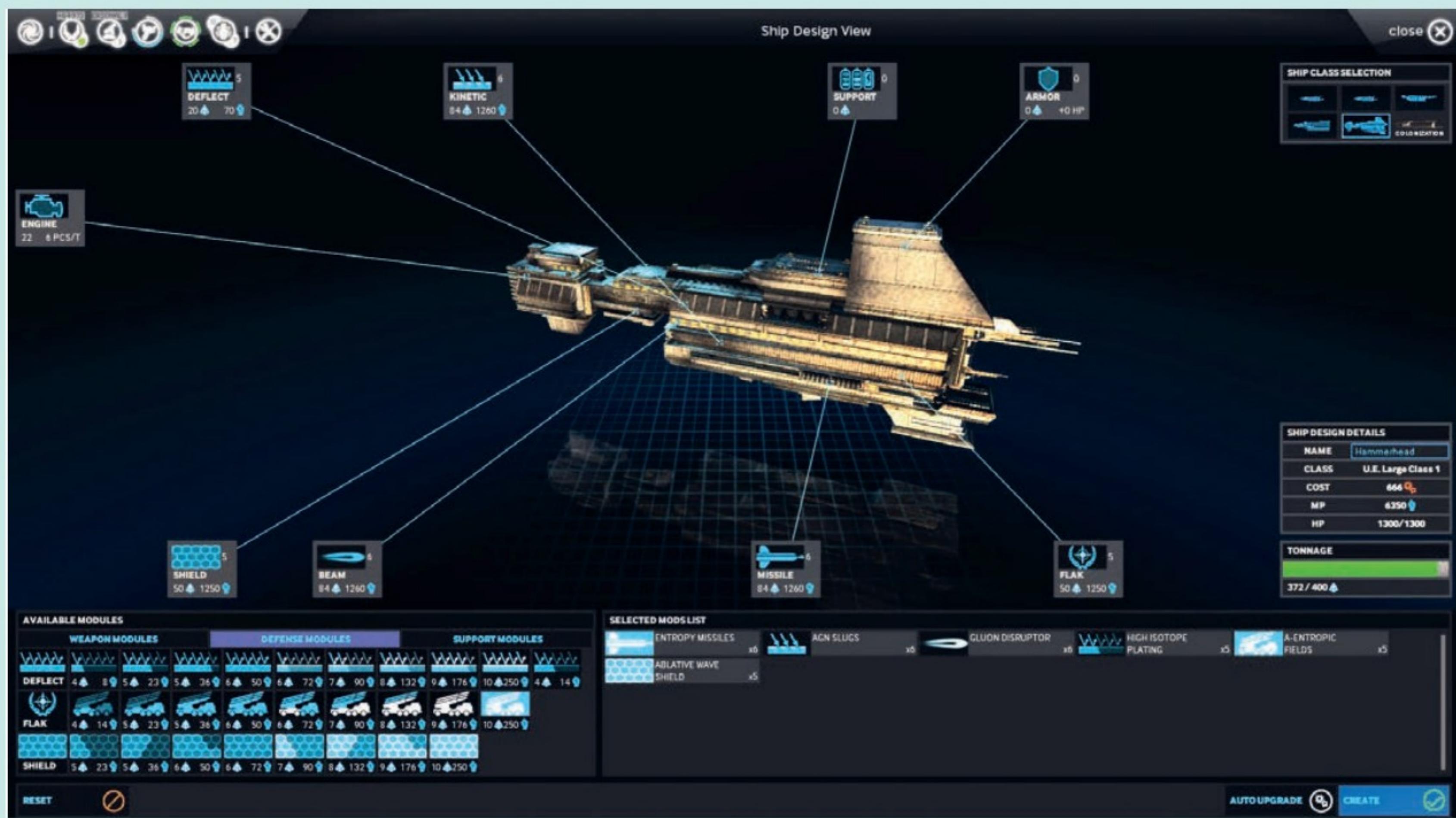
Si tu as tes propres technologies, tu as toujours des risques sur les compétences nécessaires en interne pour les coder et les maintenir, et il va falloir que tu reconstruises tout un tas de systèmes qui existent déjà chez les autres. Mais ce sont tes risques à toi, tu maîtrises ton calendrier. Et puis bien sûr tu peux faire un outil vraiment adapté à tes besoins. Pour nous, ce serait une technologie pour faire du 4X, puisque c'est notre spécialité, et ni Unity ni Unreal ne sont faits pour ça. Unity est extrêmement généraliste. Quant à Unreal, il est très orienté vers les caméras première personne ou derrière l'épaule. Si tu veux faire ça, tu as déjà tout par défaut : tu lances une scène, tu y mets ton personnage, et déjà il se déplace, il saute, tu as plein d'assets avec un rendu photoréaliste, ça flatte la rétine sans que tu n'ailles presque rien eu à faire.

Maintenant, on a commencé à essayer de prototyper du 4K sur Unreal... Quand tu prends le moteur tel qu'il est, bon, tu y arrives quand même, parce que c'est tellement puissant que même en bourrinant comme un cochon, tu peux sortir une scène super jolie. En voyant ça, Romain nous a demandé : « *Comment c'est possible qu'en une semaine vous ayez bricolé un rendu qui soit presque aussi joli que ce qu'on a mis des années à faire ?* » Mais l'Unreal Engine n'est pas fait pour les jeux de simulation, donc tout le code réseau, par exemple, n'est pas celui dont on aurait besoin. Il y a plein de choses comme ça qui nous manqueraient et qu'il faudrait refaire de toute façon. *In fine*, l'idéal aujourd'hui, ce serait qu'on ait notre propre petite boîte à 4X, et après on pourrait prendre Unity ou Unreal comme un simple moteur de rendu, ça suffirait.

De nos jours, on voit régulièrement Unity et surtout Epic se lancer dans des grandes opérations de com' pour « vendre » leurs moteurs non pas seulement aux développeurs, mais aussi aux joueurs – le cas le plus emblématique étant celui du grand dévoilement de l'Unreal Engine 5 en 2020, qui avait clairement pour but d'en mettre plein les yeux des consommateurs finaux, au moins autant que présenter l'outil aux développeurs. Toi, quand tu vois ce genre de chose passer, qu'est-ce que ça t'inspire ?

Ça m'intéresse aussi, parce que je vois l'envers du décor. Oui, ce sont des démos où ils peuvent tout contrôler de A à Z. N'empêche que derrière, ça reste du concret. Et effectivement, ce sont des prouesses. Donc je suis un peu comme le public, le cul par terre à me dire « *ah purée, aujourd'hui on est capable de faire ça !* ». Pour avoir commencé sur des vieilles bécane toutes pourries, de voir où on en est aujourd'hui, ça en fait du chemin ! Puis je constate effectivement qu'avec nos petits trucs sur Unity, on n'arrive pas à cracher plus que X millions de polygones, et puis c'est encore un rendu très brut de décoffrage qu'il faut beaucoup retravailler, sinon ça ne tient pas. Et de l'autre côté, ils te sortent du Nanite avec des triangles qui font la taille d'un pixel, et on se dit « *mais comment c'est possible ?* ».

2. En janvier 2024, Unity avait mis en place pour ses utilisateurs une facturation calculée sur le nombre d'installations de chaque jeu, indifféremment du prix de vente. Face à la grogne des développeurs, ce système a été abandonné en septembre.



ENDLESS SPACE

Après, je regarde les fils de discussion, et je vois quand même des courants qui disent que ce n'est pas ce qu'il faut à l'industrie du jeu vidéo aujourd'hui. Nanite, c'est moins performant que du 100 % polygones entièrement pavé « à la main ». Moi-même je ne suis pas forcément assez pointu pour juger de tout ça, mais le dernier truc en date, ce sont toutes les questions liées à l'overdraw dans Unreal (NDLR : quand un même pixel doit être rendu plusieurs fois sur une image, notamment pour les effets de transparence). Dès qu'une scène est « mal » conçue du point de vue de l'overdraw, le fait d'avoir du Nanite va faire exploser le coût GPU, alors qu'avec une technologie plus classique, ça passerait crème.

« L'idéal aujourd'hui, ce serait qu'on ait notre propre petite boîte à 4X, et qu'on prenne Unity ou Unreal comme un simple moteur de rendu. »

Dans le tas, il y a quand même aussi des arguments qui s'adressent aux développeurs : Nanite censé gérer tout seul les LOD, Lumen faciliter les itérations sur l'éclairage...

Ça reste de la com'. Je pense que ça s'adresse en fait toujours aux joueurs, pour qu'ils aillent sur les réseaux sociaux dire à leur éditeur favori « mais pourquoi vous faites votre jeu avec tel

moteur tout pourri ? Utilisez l'Unreal Engine, regardez comme c'est beau ! ». Tu as même des gens qui vont refaire une scène dans l'UE puis dire « vous voyez, ça m'a pris quelques jours, j'ai tout refait et c'est beaucoup plus beau ». Mais le problème derrière, ce qui compte le plus dans une production, ce sont les assets. Et encore, nos 4X à nous sont tout petits en termes d'assets ! Mais pour une production comme un *Red Dead*, ou un *Star Wars Outlaws*, la modélisation de tout ce qu'il y a dans ces jeux, ça coûte des blindes.

Et justement, en ce moment, Epic investit beaucoup sur les outils de PCG, Procedural Content Generation. Ça a commencé avec l'UE 5.4 et je le vois encore plus avec la 5.5. Ils ont sorti un nouveau système de génération procédurale de niveaux sur des splines (NDLR : interpolation à partir de courbes mathématiques). Je pense qu'ils se rendent bien compte que maintenant que leur moteur permet de faire des *open worlds* chargés dynamiquement, immenses, avec des distances d'affichage faramineuses, les développeurs sont tout le temps en train de se demander combien ça va leur coûter pour remplir ces vastes espaces. Quand des joueurs se plaignent que dans un jeu il y a des couloirs tout nuls, ils ne se rendent pas compte de ce que ça coûte de designer un grand niveau ouvert puis de l'habiller. Je ne dis pas non plus qu'ils sont blasés ou trop exigeants, surtout quand derrière on va leur demander de payer 80 balles pour un jeu. Mais là-dessus, quand je vois les présentations de Unity à la GDC ou à l'Unite, je me dis que leur com' est merdique. Quand ils viennent vers le grand public en montrant leurs dernières avancées pour simplifier la vie des développeurs, et tout ce que tu vois c'est un petit bout de terrain avec dix baraques dessus... tu te dis « bon, ce n'est pas ça que j'attends ».

En 2024, où en est l'Unreal Engine 5 ?

Au printemps 2020, il avait défrayé la chronique parce qu'il venait d'être révélé par Epic Games au moyen d'une démo technique ultra impressionnante, censée montrer de quoi serait faite une next-gen qui ne verrait le jour que quelques mois plus tard. Aujourd'hui, l'Unreal Engine 5 est une réalité non seulement pour les développeurs, mais aussi pour les joueurs : à la fin 2024, plus de 120 jeux développés sous UE5 sont disponibles commercialement. Alors, qu'est-ce que ça a donné ?

Nous en discutions quelques pages plus tôt avec Éric Audinet : pour ses premières sorties publiques à propos de l'Unreal Engine 5 en 2020, Epic prétendait s'adresser aux développeurs, mais il ne fait strictement aucun doute que sa cible première était les joueurs. Les noms rutilants de Lumen et Nanite étaient moins là pour désigner des outils de développement graphique (pour la gestion respectivement de l'éclairage indirect et des niveaux de détail de la géométrie) que pour devenir synonyme de scènes virtuelles illuminées avec un naturel confondant, et habillées avec une richesse de détails vertigineuse. L'opération séduction ne s'est même pas arrêtée avec le lancement des consoles et cartes graphiques de nouvelles générations : elle a atteint son paroxysme en décembre 2021 avec la démo technique *The Matrix Awakens*, téléchargeable gratuitement par tout un chacun sur PS5 et Xbox Series X/S¹. Et le moins que l'on puisse dire, c'est que ça a marché : il fut un temps où il suffisait pour un développeur d'annoncer que son prochain jeu serait développé avec l'UE5 pour immédiatement s'attirer l'attention d'un certain public, convaincu d'avance qu'il s'agirait donc forcément d'une baffe graphique. Avance rapide au printemps 2023 : les premiers jeux commerciaux commencent à sortir, et sans grande surprise, ils sont un peu moins sexy que prévu. Au début, on ne s'en inquiète pas ; que les *early adopters* tels qu'*Immortals of Aveum* ne fassent pas l'usage le plus fin qui soit de toutes les nouvelles fonctionnalités du moteur, c'était somme toute prévisible. Mais à mesure que de plus en plus de jeux UE5 débarquent dans la nature, on commence à se rendre compte que les problèmes techniques y sont souvent nombreux, et communs entre les titres.



EN 2020,
VALLEY
OF THE
ANCIENT
ÉTAIT
LA TOUTE
PREMIÈRE
DÉMO
TECHNIQUE
DE L'UE5
DÉVOILÉE
PAR EPIC.
(© EPIC
GAMES)

Le prix du rêve.

En tout premier lieu, ces fameuses nouvelles fonctionnalités visuelles qui nous faisaient tant rêver quatre ans plus tôt s'avèrent lourdes, très lourdes sur les performances. Certes, il fallait s'y attendre – et puis, peut-on reprocher à une technologie graphique d'être lourde si son impact visuel est à la hauteur ? Oui, on le peut, quand elle offre trop peu de flexibilité. Lumen en est justement un exemple. Son idée fondatrice, très schématiquement, est de normaliser l'éclairage indirect en *ray tracing*, mais pas nécessairement sous forme de *ray tracing* avec accélération matérielle comme on l'entend habituellement : Lumen existe aussi (et

Les nouvelles fonctionnalités visuelles de l'UE5 qui nous faisaient tant rêver s'avèrent très lourdes sur les performances.

surtout, pourrait-on dire) dans une version « logicielle », capable de tourner sur de simples shaders. Cette version doit évidemment être privilégiée par les développeurs, car elle assure la compatibilité avec tous les GPU existant sur le marché ; mais elle n'est pas optimale sur les GPU équipés pour faire de l'accélération RT correcte – pas seulement les RTX de Nvidia, mais aussi les Intel Arc, et les Radeon les plus musclées. Cependant, la version matérielle de Lumen demande une implémentation spécifique et



aux développeurs de rebâtir de larges portions de leur système d'éclairage. On comprend que beaucoup d'entre eux préfèrent s'en dispenser. Dans le même ordre d'idées, Nanite s'avère lui aussi être un outil à double tranchant : conçu pour répondre aux besoins des développeurs en quête de la plus haute qualité visuelle possible, il est bien moins utile si l'on cherche plutôt à être économe en performances – on vous renvoie là encore à notre discussion avec Éric Audinet. Dans un monde où il est plus important que jamais de concevoir des jeux malléables, pouvant tourner correctement sur des configs les plus variées possible (parce qu'il ne serait pas responsable d'exiger des possesseurs de machines vieillissantes de casser la tirelire pour une des diverses cartes graphiques hors de prix disponibles sur le marché en ce moment), cette philosophie peut sembler malavisée.

Sales saccades.

Plus gênant encore, l'Unreal Engine 5 semble se traîner une dette technique datant de l'UE4, et même en partie d'encore plus tôt ; une dette technique se traduisant par un terme, un seul, à même de faire trembler d'effroi tout joueur PC sensible à la fluidité : micro-saccades (ou *stuttering* en bon anglais). On ne parle pas ici de ce problème un peu trop courant qu'est la compilation trop tardive des PSO², une difficulté propre aux API graphiques modernes que sont Direct3D 12 et Vulkan – mais que les dernières versions de l'UE4 et 5, c'est à mettre à leur crédit, savent plutôt bien gérer : elles permettent aux développeurs de mettre en place une compilation préventive sans trop de difficulté.

LA DÉMO
TECHNIQUE
THE MATRIX
AWKENS.
(© EPIC GAMES)

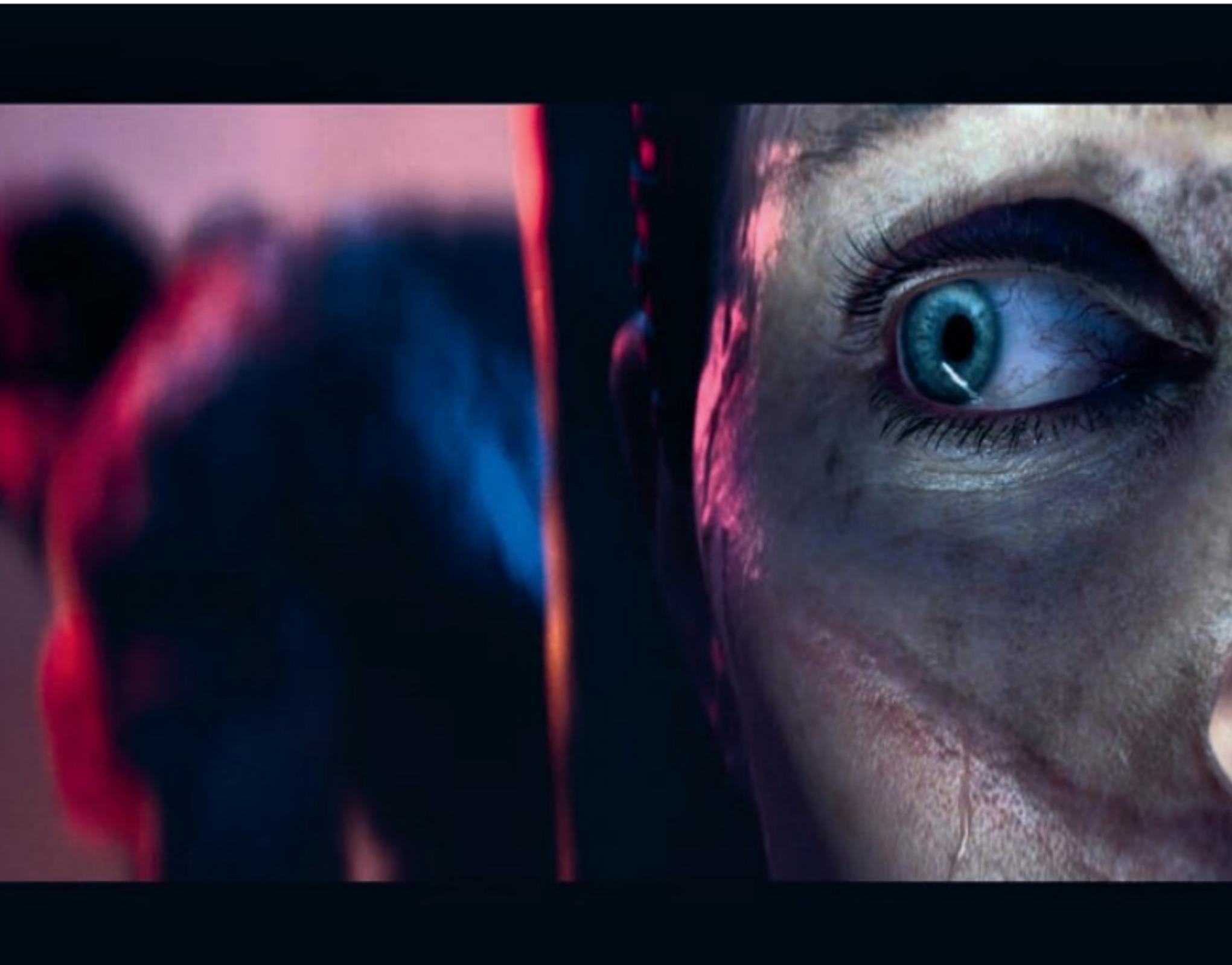
STILL
WAKES
THE DEEP
(© SUMO DIGITAL)

Non, on parle ici surtout d'une mauvaise gestion de la mémoire, qui peut causer des interruptions massives à chaque fois qu'un nouveau bout de terrain, de décor, ou quoi que ce soit doit être mis en RAM. Ce problème est le principal responsable de ce que l'on a pris l'habitude d'appeler du *traversal stuttering*, parce qu'il se constate surtout lorsque l'on court/roule à pleine vitesse à travers un niveau. Derniers exemples notables à cette date : le remake de *Silent Hill 2* et *Stalker 2*, dans lesquels le phénomène est tout particulièrement prononcé. On ne veut cependant pas trop les accabler, car le problème existe sur la quasi-totalité des versions PC de jeux UE5, même si c'est à des degrés moindres. Et il arrive aussi qu'on le croise sur console (mais c'est beaucoup plus rare, car qui dit plateforme matérielle fixe dit possibilité de planifier ces chargements en arrière-plan de façon à ce qu'ils n'entravent pas le gameplay).

Le fait-maison, c'est toujours mieux que l'industriel ?
Voilà comment les bonnes grâces que le public accordait jadis volontiers à l'Unreal Engine 5 se sont renversées, laissant place au contraire à beaucoup de méfiance. Cas d'école : quand CD Projekt Red annonçait en 2022 développer un nouveau *The Witcher* sous UE5,

1. La démo n'est plus disponible depuis mai 2022.

2. *Pipeline State Objects*, des descriptions des états dans lesquels le GPU doit se trouver pour pouvoir exécuter tel ou tel code sur ses shaders.



SENUA'S SAGA: HELLBLADE 2 (© MICROSOFT)

la réaction du public a été très positive ; aujourd'hui, voilà qu'on trouve déjà des commentateurs pleurant le Red Engine, certes associé au lancement désastreux de *Cyberpunk 2077*, mais aussi à sa rédemption miraculeuse depuis. Le fait est qu'entre-temps, ce sont surtout les moteurs custom qui ont réalisé une remontada inattendue, alors qu'on les disait en voie de disparition, au moins pour la production de AAA, car leur complexité était en train de devenir trop importante pour pouvoir être assumée par un studio de création de jeu. Vous vous êtes probablement rendu compte que je ne ratais jamais une occasion dans ce magazine de mentionner *Alan Wake 2* et *Avatar: Frontiers of Pandora*, que je considère comme étant les jeux les plus impressionnantes techniquement de ces dernières années. Leur point commun ? Ils ont tous deux été bâties avec des moteurs développés en interne au sein de leur studio respectif (Northlight chez Remedy, Snowdrop chez Massive). Cela ne les a pas empêchés de sortir en même temps que les premiers jeux UE5, en utilisant des techniques de rendu similaires, mais de façon nettement plus efficace. Le niveau de détails permis par Nanite ? Les deux l'atteignent en faisant un usage plus malin des fonctionnalités des GPU modernes (ils n'utilisent pas de virtualisation de la géométrie, mais emploient du *mesh shading* pour mieux gérer l'occlusion et ne surtout pas gaspiller de ressources sur des polygones invisibles). L'éclairage indirect dynamique à la Lumen ? Ils sont tous deux capables d'effectuer le même genre de *ray tracing* logiciel à base de fonctions distance signées, mais aussi de mieux le mélanger à du RT matériel, pour s'adapter de façon optimale à ce que chaque GPU est capable de faire.

C'est pour David, pas pour Goliath

D'accord : c'est bien gentil de dire tout ça, mais il est évident que tous les studios du monde n'ont pas les moyens de développer leur propre moteur parfaitement adapté à leur genre de jeu, au type de rendu graphique qu'ils veulent obtenir, et surtout à ce niveau d'excellence technique. Et puis, en attendant, il reste un type de jeu pour lequel l'UE5 fonctionne presque parfaitement : les jeux aux dimensions compactes, préférant se concentrer

UE5 fonctionne presque parfaitement pour des jeux aux dimensions raisonnables évitant de jouer la carte de l'opulence.

sur peu de choses et les peaufiner à l'extrême plutôt que de jouer la carte de l'opulence. C'est paradoxal, puisque dès le départ, et en parfait accord avec les tendances du moment, Epic vendait son moteur comme tout à fait adapté aux gigantesques *open worlds*, dont il paraît que le public d'aujourd'hui raffole. Mais finalement, les deux jeux UE5 que je considère aujourd'hui comme les plus aboutis sont *Still Waters the Deep* (The Chinese Room) et surtout *Senua's Saga: Hellblade 2* (Ninja Theory). Deux jeux narratifs qui assument d'être dirigistes, relativement courts, et de proposer une interactivité très concentrée. On aime ou pas (moi, j'adore), mais dans le genre, *Hellblade 2* en particulier peut sans doute se targuer d'être tout simplement le plus beau jeu vidéo au monde, avec notamment un rendu des personnages humains non seulement incroyablement réaliste, mais aussi d'une expressivité sidérante. On ne pourra pas enlever cette réussite au moteur d'Epic.



SORTI EN AOÛT 2023, *IMMORTALS OF AVEUM* ÉTAIT LE PREMIER JEU À UTILISER LA PLUPART DES FONCTIONNALITÉS GRAPHIQUES DE L'UE5. MAIS IL NE LE FAISAIT PAS DE LA FAÇON LA PLUS PERSPICACE. (© ELECTRONIC ARTS)

Le Pavé numérique_

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE, IDIOTIES TECHNOLOGIQUES,
CYBER-PAS-SÉCURITÉ, RÉSEAUX ASOCIAUX...

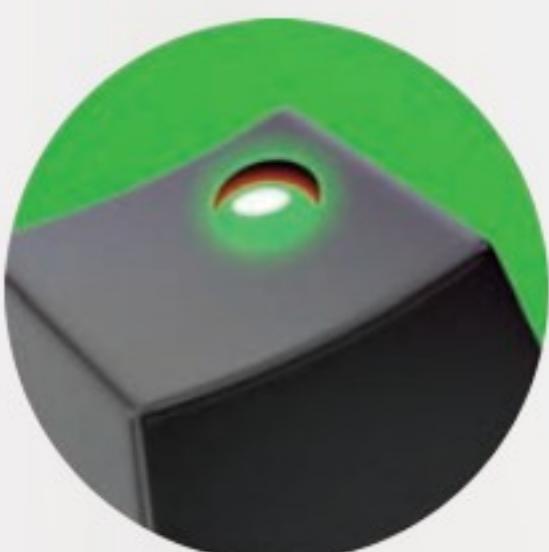
L'actualité du numérique

COMME VOUS NE LA LIREZ PAS AILLEURS.



Une NEWSLETTER GRATUITE CHAQUE MERCREDI.

AVEC UN RÉSUMÉ FACÉTIEUX DE L'ACTUALITÉ DES NOUVELLES TECHNOLOGIES, DES BONS PLANS ET DES PROMOS.



Une version PREMIUM POUR ALLER PLUS LOIN.

EXCLUSIF : 3 CHRONIQUES SPÉCIALISÉES CHAQUE SEMAINE

- 1 ÉMISSION HEBDOMADAIRE
- 1 NUMÉRO SPÉCIAL MENSUEL EN LONG FORMAT
- 1 PODCAST MENSUEL

**Soutenez le
lancement d'une
nouvelle publication
indépendante !**

DE L'INFORMATION, UN PEU DE SEL,
DES EFFORTS POUR VOIR AU-DELÀ DE
L'EMBALLEMENT DU MOMENT, DES
ANGLES ORIGINAUX ET UNE CERTAINE
APPÉTENCE POUR LES QUÊTES ANNEXES.

Le Pavé
numérique_

INSCRIPTION GRATUITE :
**lepavenumericque.
substack.com**



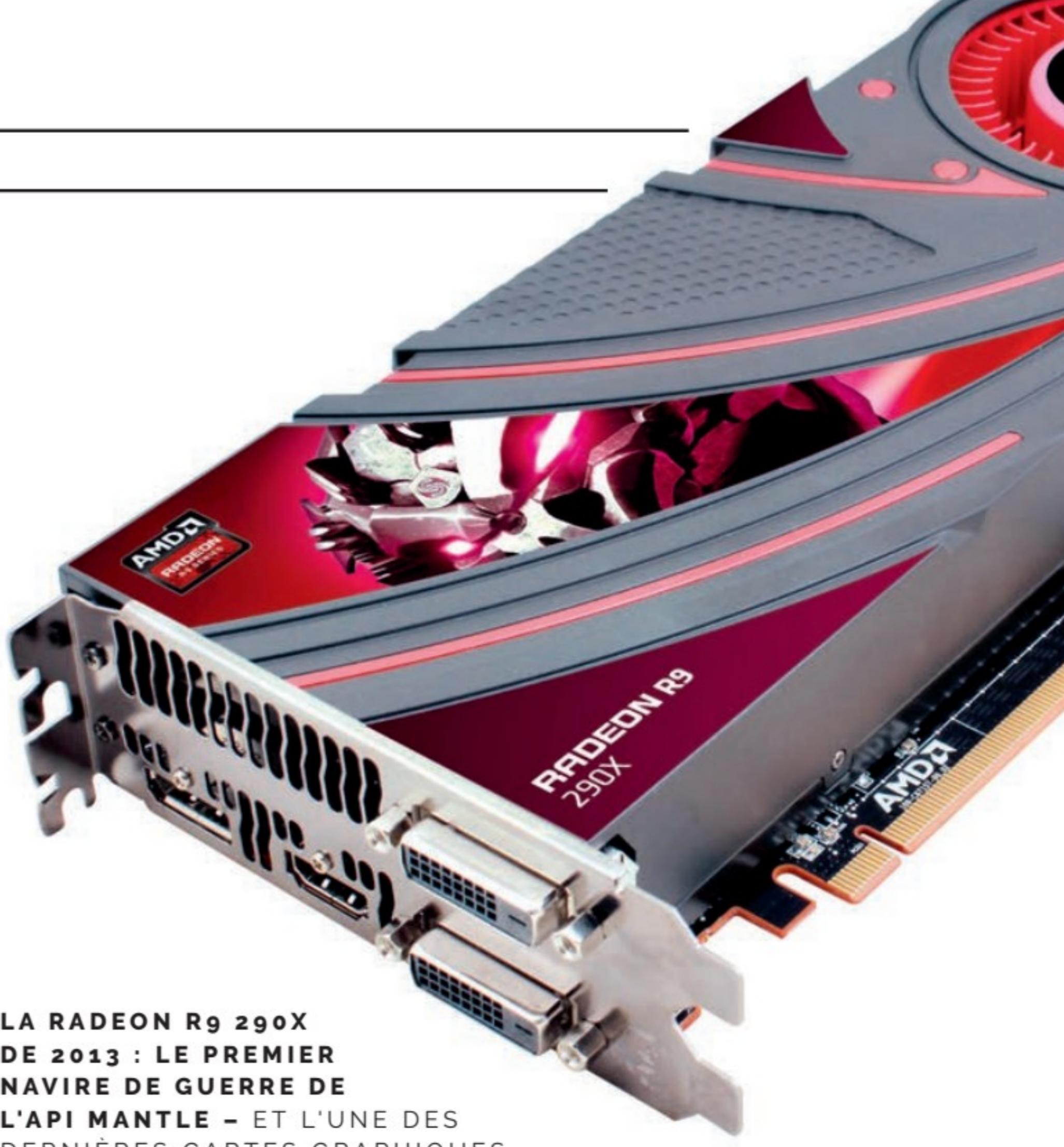
DirectX 12, la révolution qui n'a pas eu lieu

Avec la sortie de DirectX 12 il y a presque dix ans, Microsoft nous promettait monts et merveilles. La nouvelle version de l'API graphique qui anime une grande partie du jeu vidéo PC depuis 1997 opérait un changement radical qui devait donner plus de libertés aux développeurs. Les problèmes d'optimisation feraient partie du passé, l'informatique de jeu allait connaître un nouvel âge d'or. Une décennie plus tard, faisons le bilan de ces promesses.

L'informatique, c'est cyclique. Des concepts jugés obsolètes depuis longtemps refont parfois surface comme s'il s'agissait de découvertes miraculeuses. Si DirectX et OpenGL connaissent un essor fulgurant à la fin des années 1990, c'est parce qu'ils viennent mettre de l'ordre dans une jungle d'interfaces de programmation propriétaires dans laquelle les développeurs se lassent de se battre. À l'époque, chaque fabricant de circuit graphique dispose de son API bas niveau et le grand public doit choisir sa ou ses cartes en fonction des titres auxquels il souhaite jouer. En réalité, c'est surtout Glide de 3DFX qui occupe le terrain, mais il



ASHES OF THE SINGULARITY (2016), STR TOUT CE QU'IL Y A DE PLUS OUBLIABLE, N'A JAMAIS REÇU D'ATTENTION QUE DE LA PART DES BENCHMARKEURS, PARCE QU'IL ÉTAIT L'UN DES TOUT PREMIERS JEUX À FAIRE UN LARGE USAGE DES FONCTIONNALITÉS DIRECTX 12. (© STARDOCK ENTERTAINMENT)



**LA RADEON R9 290X
DE 2013 : LE PREMIER
NAVIRE DE GUERRE DE
L'API MANTLE – ET L'UNE DES
DERNIÈRES CARTES GRAPHIQUES
AMD CAPABLES DE RIVALISER AVEC
LE HAUT DE GAMME DE NVIDIA...**

n'est pas rare qu'un jeu doive embarquer les librairies de trois ou quatre autres fabricants. Avec DirectX et OpenGL, les choses sont plus simples. Certes, ils utilisent un langage de haut niveau et ses fonctions standardisées confisquent une partie de la maîtrise fine du hardware aux développeurs, mais ils facilitent grandement leur travail puisqu'un code unique est censé tourner à peu près de la même manière chez tout le monde. En réalité, cela fait aussi les affaires de la plupart des fabricants d'accélérateurs 3D. Certes, 3dfx n'est pas très emballé à l'idée que son Glide, l'API phare de la génération pionnière, perde du terrain ; mais pour les autres, cela signifie qu'il n'y a plus besoin de consacrer de ressources à l'entretien d'un programme maison aussi complexe. Lorsque 3dfx termine sa course en 2000 pour se retrouver absorbée par Nvidia, DirectX et OpenGL règnent en maître et au fil des ans, l'époque où l'on devait s'assurer qu'un patch existe pour être sûr que le jeu profite du hardware de sa machine n'est plus qu'un vague souvenir.

Mantle, retour vers le passé.

Ces deux API vont évoluer en parallèle du matériel, mais leurs architectures vont finir par montrer leurs limites avec l'avènement des CPU multicœurs et la complexité croissante du rendu 3D. La problématique préoccupe certains développeurs (DICE pour ne pas les nommer), mais aussi la division graphique d'AMD qui a les reins un peu moins solides que le concurrent sur la partie software et qui ne dirait pas non à une méthode qui leur permettrait d'éviter de dépenser énormément de ressources dans l'optimisation de ses pilotes. Vous voyez l'idée géniale arriver ? Lors de la sortie en 2013 des sulfureuses Radeon R9 290(X), AMD présente en grande pompe ce qui doit révolutionner une fois de plus le monde du gaming :



EN 2018, *SHADOW OF THE TOMB RAIDER* EST L'UN DES PREMIERS JEUX À SAVOIR ENFIN DONNER DE MEILLEURES PERFORMANCES AVEC DIRECTX 12 QU'AVEC DIRECTX 11. (© CRYSTAL DYNAMICS)

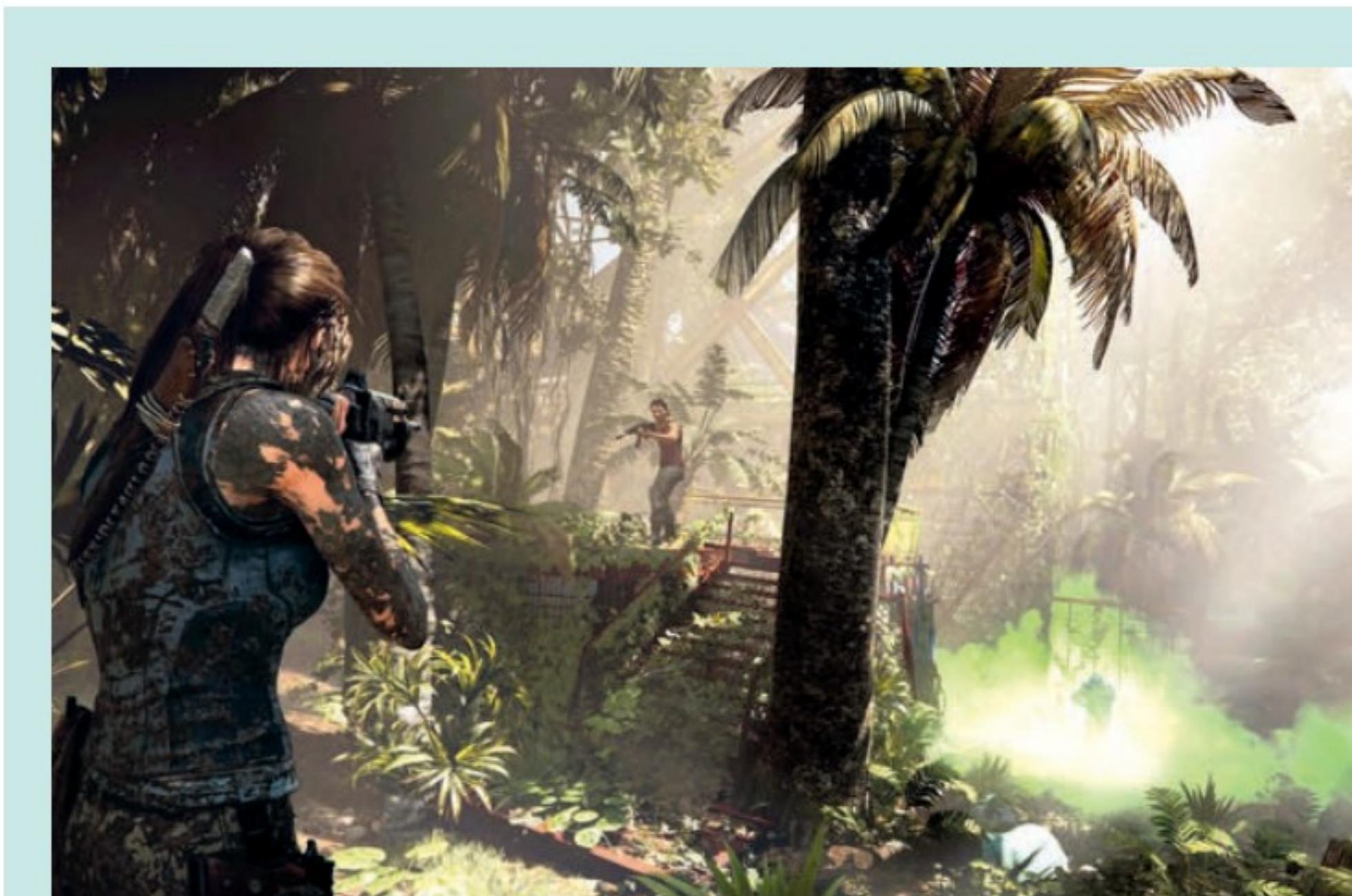
Mantle, une nouvelle interface de programmation plus bas niveau que DirectX, promettant aux développeurs de pouvoir extraire la substantifique moelle de leur dernière architecture graphique. Dans les grandes lignes, l'intérêt est de permettre aux programmes d'exercer un plus grand contrôle sur le matériel sans dépendre d'un empilement de couches d'abstraction qui impose ses propres limites. Les listes de commandes réorganisées en files d'attente

Permettre aux développeurs de s'approcher du hardware au plus bas niveau est une arme à double tranchant.

laissent à l'application le soin de gérer leur répartition, simplifiant le travail du pilote et économisant du temps CPU. Il peut aussi organiser la mémoire graphique et la gérer de manière plus efficace. Porteur de belles promesses, Mantle est avant tout un *proof of concept*. On ne pensait pas sérieusement qu'après quinze ans de domination, les API du consortium Khronos et de Microsoft se verrait tout d'un coup balayées par un concurrent tout juste sorti de l'oeuf. Surtout qu'en coulisses, le ravalement de façade de DirectX et OpenGL est en cours. Les jours de Mantle sont déjà comptés : AMD le sait bien et ne s'en soucie guère. La firme est d'ailleurs membre du groupe Khronos et elle travaille main dans la main avec Microsoft. Que Mantle s'impose ou que les deux autres acteurs l'utilisent comme base pour faire évoluer leurs API, le résultat est le même.

Les nouvelles API ne bénéficient pas à tout le monde.

Direct3D 12 voit le jour au lancement de Windows 10 en juillet 2015, et Vulkan débarque dans le vaste monde des logiciels open source en février 2016. Les deux interfaces reprennent les briques élémentaires posées par Mantle et offrent les mêmes possibilités : on parle de multi GPU explicite, de faire exploser le débit de commandes de rendu envoyées au(x) processeur(s) graphique(s) et d'abaisser nettement la consommation énergétique à performances égales. On s'imagine un niveau d'optimisation digne d'une console, des AAA tournant sans peine sur des cartes d'entrée de gamme et





METRO EXODUS FAIT PARTIE DES JEUX PRENANT EN CHARGE DX 12 UNIQUEMENT AFIN DE POUVOIR INCLURE DES EFFETS EN RAY TRACING, MAIS SI L'ON VEUT BIEN SE PASSER DE CES DERNIERS, IL EST PLUS PERFORMANT SOUS DX 11. (© DEEP SILVER)

une nouvelle ère pour les systèmes multi GPU. Mais les mois qui suivent la sortie de ces API laissent un sentiment étrange, qui ressemble un peu à celui que l'on a en sortant d'une séance de cinéma 3D où l'on se souvient surtout de la pub Haribo. Les premiers benchmarks et jeux pionniers comme *Ashes of the Singularity* affichent des chiffres insensés, et la possibilité de faire des choses « marrantes » comme mélanger des GPU GeForce et Radeon dans une même machine. Pour ce qui concerne les usages normaux en revanche, le tableau est moins idyllique. Pouvoir bourrer le GPU de *draw calls* et paralléliser des files de rendu depuis l'application ne fait pas toujours de miracles. L'écart de performance substantiel avec les anciennes API ne s'observe que sous certaines conditions : un pilote qui se contente du minimum syndical couplé à un GPU disposant d'un circuit d'ordonnancement très performant. DirectX12 et Vulkan font surtout office de démonstrations techniques pour les moteurs ACE (Asynchronous Compute Engine) des Radeon de l'époque. Chez Nvidia, la situation est totalement inverse. Les pilotes des verts savaient déjà jouer avec les *Deferred Context* de DirectX 11 pour occuper au mieux des GPU qui ne disposaient pas d'un ordonnanceur matériel aussi flexible que celui de la concurrence. Contrairement aux Radeon, les GeForce ne tirent pas systématiquement de bénéfices du passage aux nouvelles API, très loin de là – et quand elles le font, elles ne tirent leur gain que de la meilleure distribution de la charge CPU. Dans l'immédiat, le plus grand gagnant de

l'adoption progressive de ces nouvelles interfaces de programmation est donc celui qui en a dessiné les contours. Parce qu'il se trouve que sa plus grande force est aussi sa plus grande faiblesse.

Potentiellement plus rapide, toujours plus demandeur. Permettre aux développeurs de s'approcher du hardware au plus bas niveau est une arme à double tranchant. Les éditeurs de moteurs graphiques et les grands studios ont généralement les moyens d'accueillir un changement de paradigme qui va leur permettre de pousser encore plus loin les limites de leurs productions. Ce n'est pas le cas des plus petites structures, pour qui c'est surtout un fardeau

Il ne sera jamais réellement possible d'optimiser un jeu sur PC comme sur une console dont le matériel est fixe.

supplémentaire à porter. Passer du temps à analyser le moteur de rendu de son application (le *profiling*) pour essayer de déterminer ce qui peut être optimisé grâce à des fonctions bas niveau est extrêmement chronophage et coûteux. Car les pilotes d'AMD et Nvidia embarquent

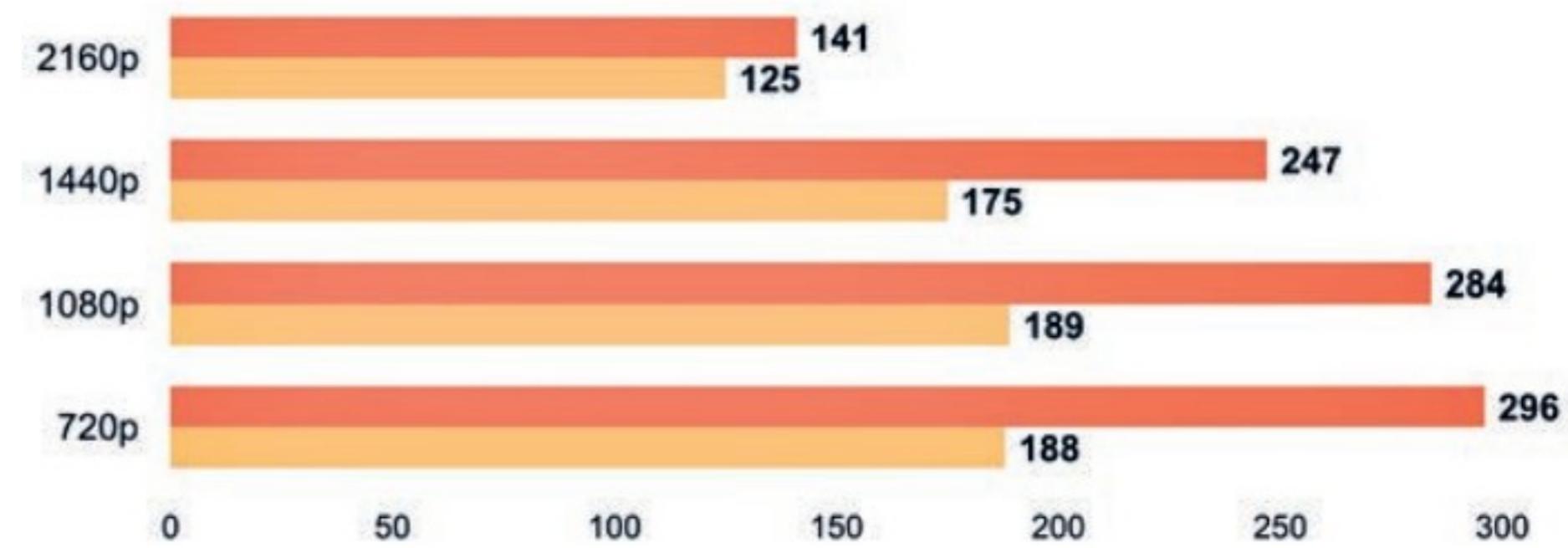


depuis des temps immémoriaux des optimisations et surtout des correctifs pour le code issu des jeux vidéo qu'ils accélèrent. Passer à Direct3D 12 ou Vulkan revient à perdre partiellement cette expertise et ce confortable filet de sécurité et encore de nos jours, il est possible de tomber sur des titres dont le comportement peut être erratique sous DirectX12 et stable sous les anciennes API qu'ils supportent encore (c'est par exemple le cas de *Fortnite*). Ces responsabilités supplémentaires n'arrangent rien à une situation où les jeux ont tendance à être publiés dans un état chaotique à la fin de semaines de *crunch* intensif, et ce n'est pas vraiment un hasard si les plantages aussi intempestifs que spectaculaires sont devenus l'écueil numéro un des lancements de gros titres.

La révolution attendra.

Avec bientôt dix années d'existence derrière eux, DX12 et Vulkan, malgré tous les reproches qu'on peut leur adresser et leurs promesses manquées, ont tout de même eu le temps de montrer leur raison d'être. Sans cette indépendance qu'ils permettent entre CPU et GPU, il y a fort à parier que le *ray tracing* en temps réel ne serait encore qu'un doux rêve, de même s'agissant du *primitive shading* et de son évolution le *mesh shading*, qui permet de synthétiser de la géométrie en temps réel pour dessiner des scènes fourmillant de détails. En ce sens, DX12 et Vulkan ont débarrassé les développeurs d'une limitation devenue gênante pour les processeurs graphiques modernes. Mais ils ne peuvent rien contre la nature même du PC, avec son architecture ouverte et ses nombreux fournisseurs de hardware, qui font qu'il ne sera jamais réellement possible d'y optimiser un jeu comme sur une console dont le matériel est fixe, maîtrisé du début à la fin de vie de la machine. Face à cette réalité, les vœux pieux comme un nouvel âge du multi GPU semblent bien naïfs (et puis, vu les prix actuels des cartes graphiques, on se permettrait de douter que le moment soit bien choisi pour souhaiter une résurrection du SLI ou du Crossfire). Et si en fin de compte, plutôt que de donner aux développeurs toujours plus de liberté et d'accès au plus proche du GPU, le jeu vidéo moderne avait besoin de l'exact inverse ?

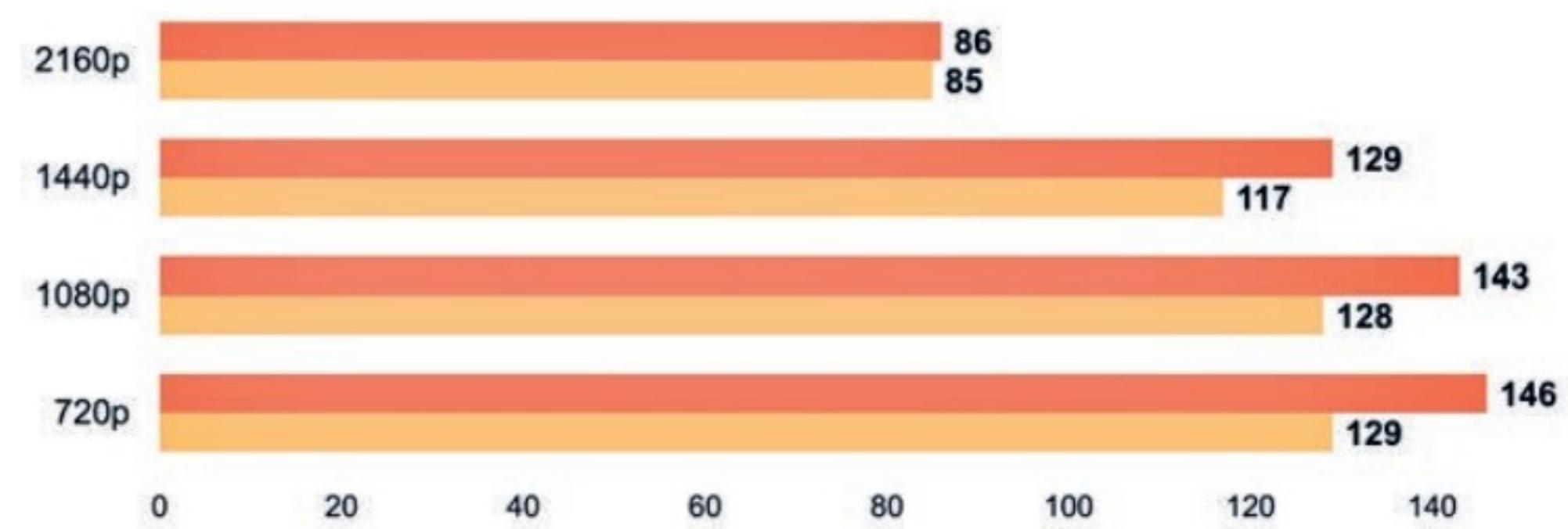
Shadow of the Tomb Raider frame rate moyen (i/s)



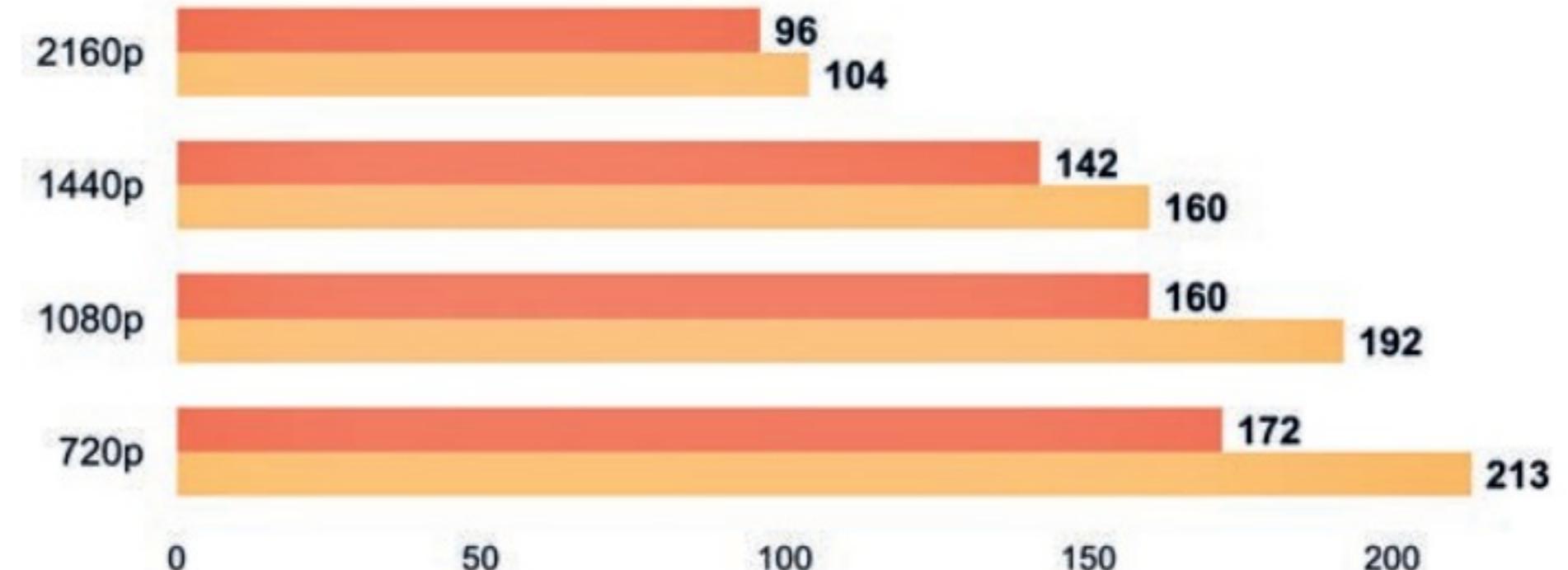
Shadow of the Tomb Raider frame rate CPU - rendu (i/s)



Watch Dogs: Legions frame rate moyen (i/s)



Metro Exodus frame rate moyen (i/s)



■ D3D 12 ■ D3D 11

Les moteurs physiques ont toujours la forme

« PhysX », ça vous dit quelque chose ? Peut-être vous rappelez-vous son heure de gloire quand il faisait encore partie, lors de la précédente décennie, de ces technologies propriétaires qui font la fierté de Nvidia. On s'extasiait alors des prouesses offertes par ce moteur physique d'un nouveau genre qui permettait d'interagir comme jamais avec l'environnement d'un jeu vidéo. Mais aujourd'hui le grand public n'entend presque plus parler de lui. Pourtant, loin des feux de la rampe, il continue de vivre une vie bien remplie, dont les prochains chapitres sont déjà en train de s'écrire. L'occasion de se poser la question : un moteur physique, comment ça marche, et pourquoi c'est si pratique ?

Dessiner en temps réel sur un écran, le plus fidèlement possible, l'univers d'un jeu, qu'il soit réaliste ou fictif, c'est déjà une tâche ardue. Simuler les lois de la physique qui l'animent est peut-être plus difficile encore. Les vieux joueurs se souviennent sûrement que, malgré leur apparente simplicité, les titres pionniers de la 3D temps réel étaient bien souvent criblés de bugs imputables à une physique approximative. Et pourtant, il ne s'agissait à l'époque que de gérer des collisions basiques entre objets solides. Dans les jeux vertigineusement sophistiqués d'aujourd'hui, synthétiser correctement les interactions physiques relève ni plus ni moins que du travail de titan : simulation des fluides, des effets de fumée, feu et particules, dynamique des solides... Autant de sciences d'une complexité mathématique insoudable. Et si les moteurs graphiques qui occupent généralement les discussions lorsqu'on aborde le sujet de la technique n'ont qu'un impact sur ce qui défile devant nos rétines, les moteurs physiques ont souvent une incidence sur les sensations de jeu elles-mêmes, car ils constituent au moins en partie l'épine dorsale du gameplay. Une physique médiocre a presque systématiquement pour conséquence un mauvais jeu, quelles que soient les autres qualités d'un titre. Ce constat, les créateurs de jeux l'ont dressé il y a bien longtemps, et ce n'est pas un hasard si, en corollaire de cela, les productions qui ont marqué l'histoire du jeu vidéo sont souvent allées de pair avec une physique révolutionnaire.

Physique d'athlète.

Pour les développeurs, il s'est donc rapidement posé la même problématique avec la physique qu'avec les graphismes : était-il vraiment raisonnable, pour chaque nouveau jeu, de réinventer *ex nihilo* ces composants



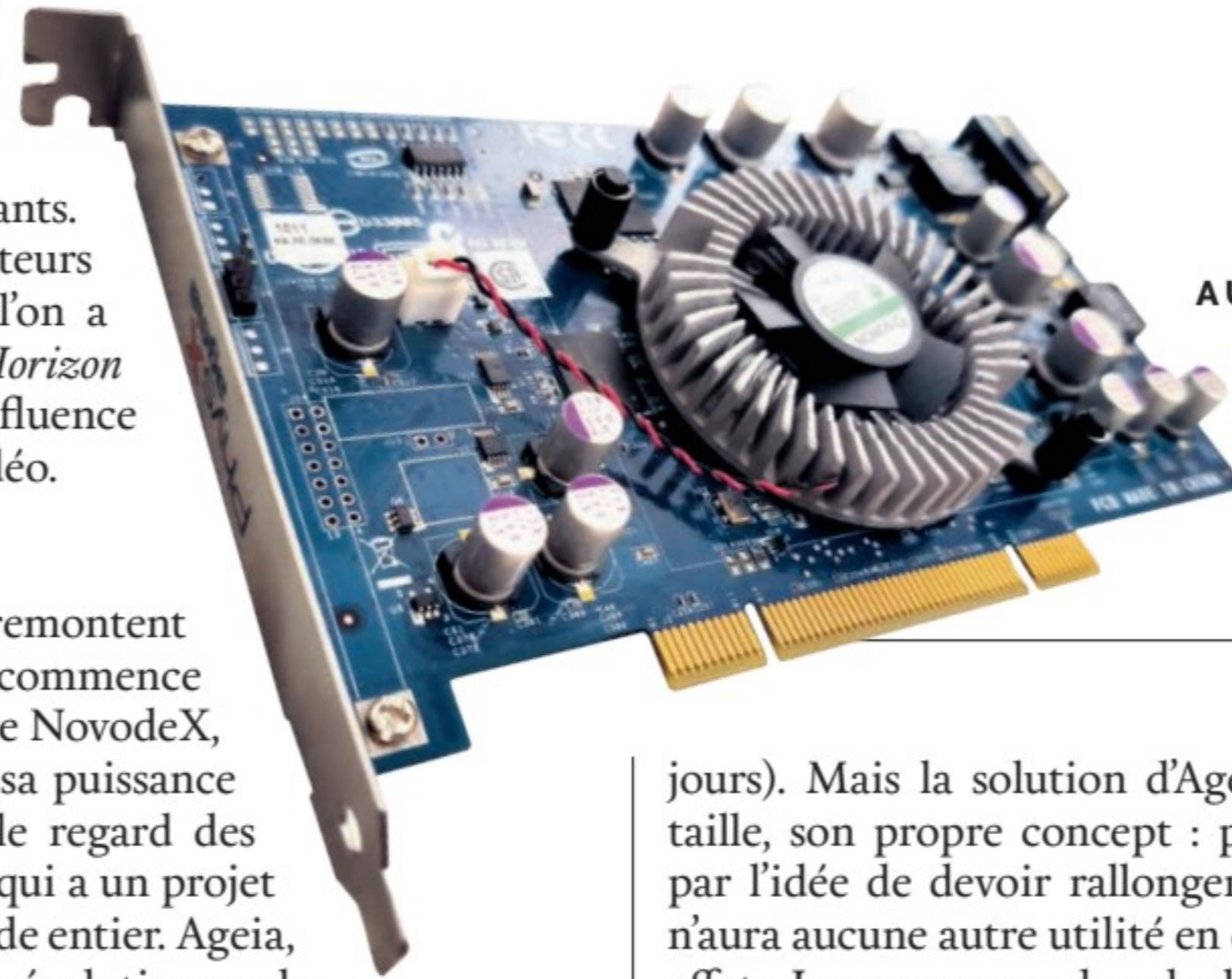
UN IMPACT DE BALLE QUI NE SE TRADUIT QU'EN UN VULGAIRE DÉCALQUE SUR UN ÉLÉMENT NORMALEMENT DESTRUCTIBLE : VOILÀ COMMENT UN MOTEUR PHYSIQUE RADIN VOUS SORT D'UN JEU, AUSSI BEAU SOIT-IL. (RESIDENT EVIL VILLAGE © CAPCOM)

critiques, mais dont le développement, si l'on veut faire les choses au mieux, nécessite des moyens colossaux tant en termes de finances que de temps ? La réponse a bien sûr été la même. Certains développeurs ont donc commencé à se mettre au service de ce besoin spécifique, et à se spécialiser dans le développement de bibliothèques encapsulant les fonctions nécessaires à la simulation d'interactions physiques dans un monde numérique. Ainsi sont nés des middlewares dont l'intérêt, pour les créateurs de jeux « finaux », est double : non seulement ils offrent une ribambelle de fonctions directement exploitables, mais ils sont aussi maintenus par leurs propres éditeurs. Un gain de temps et de moyens non négligeable, dont le revers de la médaille est une dépendance aux possibilités offertes par le moteur, même s'il n'est pas interdit de développer des fonctions complémentaires. Ici, comment ne pas citer Havok, aujourd'hui propriété de Microsoft, qui s'est retrouvé à donner vie à une quantité improbable de jeux et benchmarks depuis le début du millénaire : *3D Mark 2001* et *2003*, *Halo*, *Half-Life 2*, *Portal*, ou encore *Skyrim* et le premier opus d'*Alan Wake*. Ah non, on ne plaisantait

pas quand on parlait de jeux marquants. Mais il existe aussi de nombreux moteurs open source comme Bullet, Jolt (que l'on a récemment pu voir à l'œuvre dans *Horizon Forbidden West*) ou... PhysX, dont l'influence dépasse désormais le domaine du jeu vidéo.

Du PPU au GPGPU.

Il se trouve que les origines de PhysX remontent elles aussi au début du siècle. L'histoire commence en Suisse avec un développeur du nom de NovodeX, dont le tout jeune moteur réputé pour sa puissance et sa flexibilité attire non seulement le regard des éditeurs, mais aussi celui d'une start-up qui a un projet bien particulier pour les joueurs du monde entier. Ageia, firme californienne, est bien décidée à révolutionner le jeu vidéo à sa manière : après l'avènement des accélérateurs graphiques, voici celui des accélérateurs physiques. C'est en 2005 que débarquent sur le marché les PPU, ou *physics processing units*, des processeurs spécialement conçus



AVANT DE LANCER SON ACCÉLÉRATEUR, AGEIA AURAIT DÛ SE POSER UNE SIMPLE QUESTION : LE MARCHÉ DU JEU PC EST-IL PRÉT POUR UNE AUTRE CARTE D'EXTENSION À 300 BALLES ?

La physique a souvent une incidence sur les sensations de jeu car ils constituent en partie l'épine dorsale du gameplay.

pour accélérer les fonctions du SDK racheté à NovodeX. L'intérêt est de métamorphoser les jeux en déchargeant le processeur central de la machine des lourds calculs mathématiques liés à la physique, permettant ainsi aux développeurs de pousser au maximum les curseurs du réalisme. Les premières démos sont très impressionnantes, et marquent un vrai bond par rapport à ce qu'il faisait jusqu'alors (et même ce qui se fait parfois encore de nos

jours). Mais la solution d'Ageia souffre d'un problème de taille, son propre concept : peu de joueurs seront séduits par l'idée de devoir rallonger 300 € dans un produit qui n'aura aucune autre utilité en dehors de l'accélération de ces effets. Les promesses du calcul généraliste sur GPU annoncé l'année d'après portent un coup fatal aux accélérateurs PhysX. L'un des deux grands concepteurs de circuits graphiques décide de battre le fer tant qu'il est chaud et les propriétés intellectuelles d'Ageia viennent, en 2008, gonfler l'arsenal logiciel de Nvidia. Dans un premier temps, le PPU vient grossir les rangs de ces curieux concepts matériels qui n'auront connu que quelques mois de commercialisation avant de tomber aux oubliettes. PhysX devient l'un des premiers usages concrets du GPGPU : certes, une GeForce est nécessaire à l'accélération de toutes ses fonctions, mais l'on s'épargne l'achat d'une autre carte additionnelle... à moins de vouloir, comme cela a un temps été possible, coupler sa carte graphique (voire son SLI) avec une seconde GeForce dédiée à la physique.

Bien conservé.

Aux premières heures de ce PhysX sauce Nvidia, les titres sponsorisés par la marque, comme *Batman: Arkham Asylum* ont excellente presse. Mais les développeurs sont pour la plupart encore réticents à optimiser leurs productions pour le matériel d'un unique constructeur. Les jeux qui font étalage de toutes les fonctionnalités offertes par le SDK se raréfient au fil des ans. Mais PhysX ne disparaît pas pour autant. Le moteur ayant été conçu dès le départ pour tirer parti du *multithreading*, il s'accorde plutôt bien de la démocratisation des CPU



MIRROR'S EDGE EST L'UN DES PLUS ANCIENS ET CÉLÈBRES AMBASSADEURS DE PHYSX GRÂCE À L'OMNIPRÉSENCE DE STRUCTURES EN VERRE CASSABLES. (© ELECTRONIC ARTS)



QUE SERAIT **HALF-LIFE 2** SANS LES MANIPULATIONS PHYSIQUES IMPROBABLES PERMISES PAR LE GRAVITY GUN ? (© VALVE)

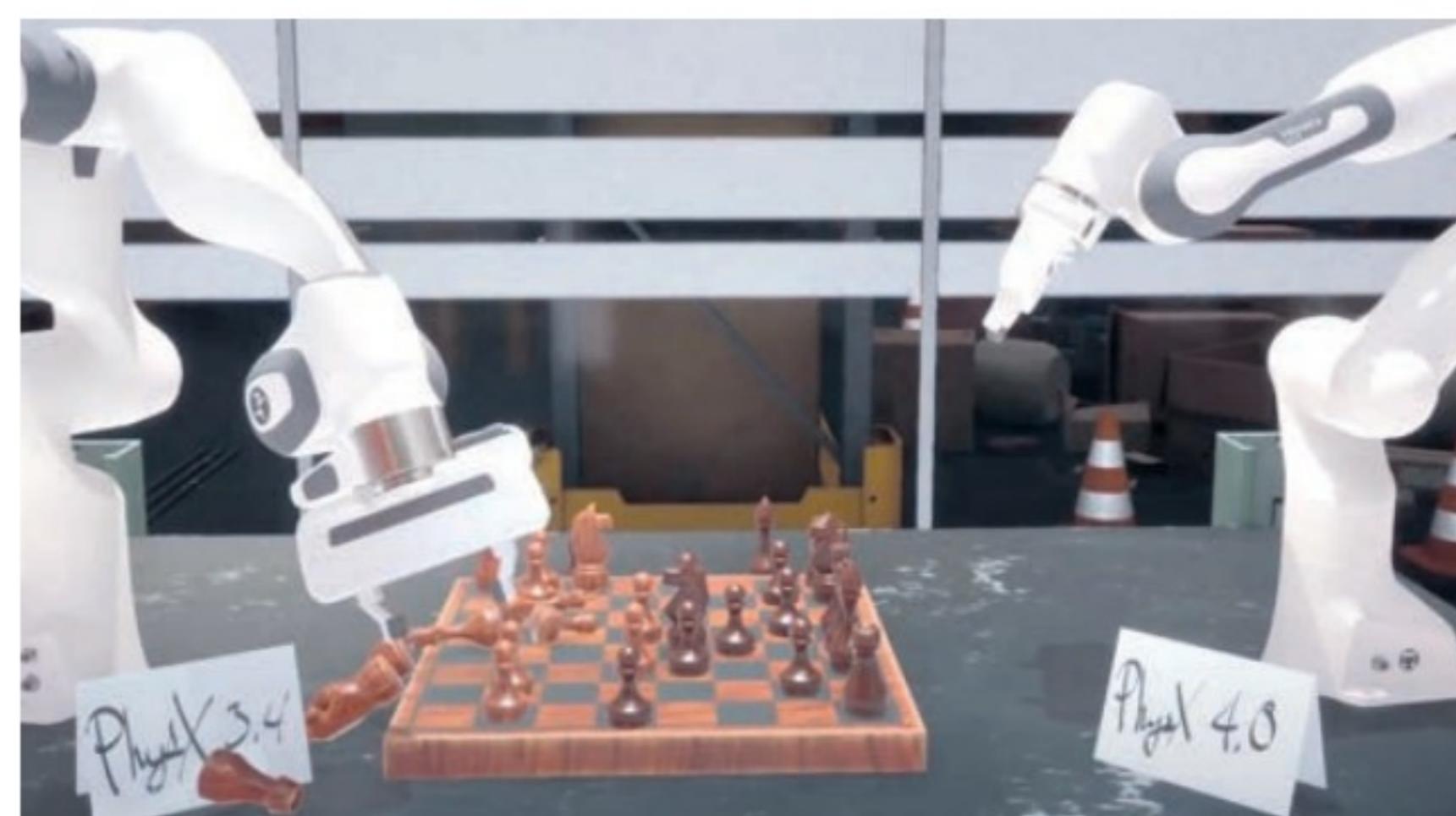
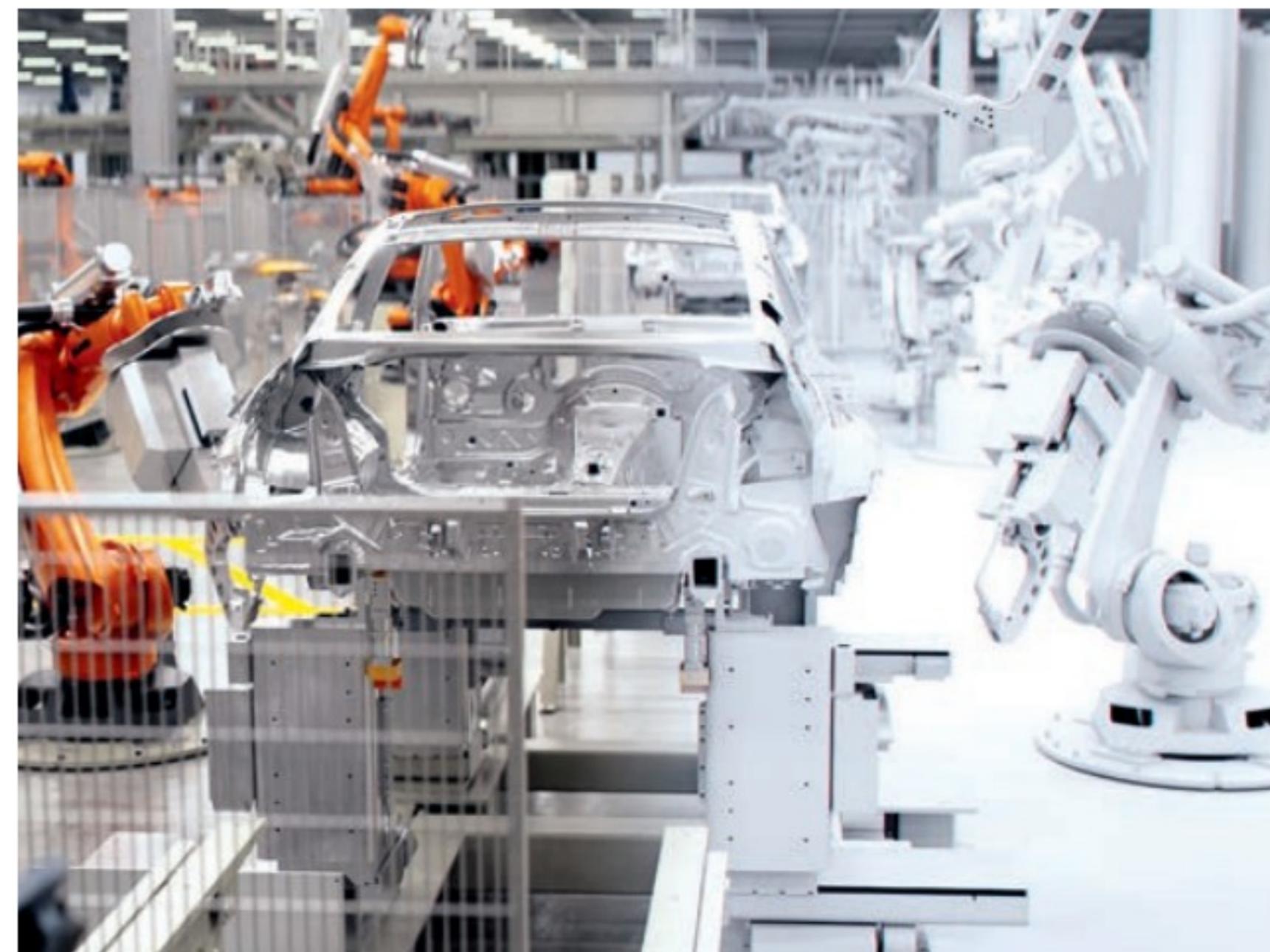
quad-core, et de très nombreux studios continuent de se reposer sur lui : il est par exemple embarqué dans les environnements de développement de l'Unreal Engine 4 et de Unity. En 2015, Nvidia surprise son public à la GDC avec une manœuvre assez peu courante pour la firme : le code source de PhysX est désormais ouvert, téléchargeable et intégrable par n'importe qui. Il s'immisce alors un peu partout où il y a besoin de simuler des collisions. Et quand bien même les joueurs n'entendent plus autant parler de lui qu'à l'époque où il servait de démo technique, on le retrouve toujours au cœur d'un nombre invraisemblable de jeux. Forcément, la plupart se contentent très bien du minimum syndical mais certains développeurs se plaisent à nous rappeler ce dont est capable le moteur lorsque l'on pousse un peu les curseurs, comme Remedy (encore lui !) avec

PhysX est devenu un moteur physique industrialisé pour l'apprentissage par renforcement.

son spectaculaire *Control*, en 2019. Aujourd'hui, PhysX est encore vivant et gaillard, et en dépit ce que l'on peut parfois entendre, il n'est pas à ranger parmi les technologies que Nvidia aurait acquises sur un coup de tête, sans aucun autre but que d'en faire un énième argument de vente passager pour ses GeForce avant de la remiser au placard. L'entreprise avait pour lui des plans, qui dépassaient d'ailleurs le seul cadre du jeu vidéo.

La gravitation universelle vers l'IA.

Cela fait bien longtemps que Nvidia n'est plus un concepteur de produits pour joueurs mais un fournisseur de solutions technologiques pour diverses industries (c'est d'ailleurs aussi à cela que l'on s'intéressait dans le précédent numéro de *Canard PC Hardware*, en retracant la longue histoire du *deep learning* au sein de l'entreprise). Parmi les secteurs-clés dans lesquels il évolue, on retrouve aussi l'automobile et la robotique. Et en 2021, Nvidia a lancé Omniverse, une plateforme dédiée à la création d'univers numériques complexes à l'intérieur desquels les industriels peuvent simuler le fonctionnement de leurs chaînes de production et y entraîner des systèmes automatisés – en quelque sorte un métavers pour robots. L'intérêt premier est de réduire les coûts que demanderaient de tels projets dans le monde réel, mais aussi d'accélérer les phases d'apprentissage des algorithmes qui animeront les machines. Et sur qui repose la lourde tâche de simuler ces environnements de la manière la plus fidèle possible ? De *middleware* pour jeu vidéo, PhysX se voit désormais propulsé au rang de moteur physique industriel spécialisé dans l'apprentissage par renforcement. Est-ce que cela change quelque chose pour nous autres joueurs ? Devenu fonctionnalité incontournable



PHYSX PERMETTRA AUSSI DE FORMER DES ROBOTS POUR ASSEMBLER PLUS EFFICACEMENT VOTRE PROCHAINE VOITURE. (© NVIDIA)

d'une plateforme particulièrement importante pour son concepteur, PhysX n'est visiblement pas près de terminer sa carrière. Même si les exigences des éditeurs de jeux vidéo ne sont pas les mêmes que celles des constructeurs de systèmes de conduite autonome, on peut raisonnablement envisager que les évolutions que connaîtra le moteur pour mener à bien ses nouvelles missions pourront avoir un impact sur notre loisir préféré. PhysX est en effet le prochain candidat éligible à un refonte sauce intelligence artificielle : de nouvelles fonctions basées non plus sur des algorithmes classiques mais sur des appels à des réseaux neuronaux devraient rapidement faire leur apparition. Sur le papier, ce ne serait certainement pas un moyen plus bête qu'un autre de confier des tâches aux Tensor Cores toujours plus intelligents de nos GPU. Si ce n'est que l'on risquerait alors de revenir à la situation que l'on a connue il y a quinze ans, avec des effets certes impressionnantes, mais qui rendraient à nouveau l'achat d'une GeForce incontournable pour en profiter. Ce serait ballot...



La newsletter
consacrée à l'actualité
des autres jeux

Canard ludique suit toute l'actualité pratique
des jeux de cartes, de plateau et de rôle :
interviews, jeux à suivre, campagnes
de précommande à ne pas manquer,
calendrier des événements intéressants,
les sorties, les tests, les previews, etc.



GRATUIT.

TOUS LES 15 JOURS.

PAR L'ÉQUIPE DE CANARD PC.

**LE COMPLÉMENT IDÉAL
DE VOTRE MAGAZINE.**

canardludique.substack.com



Configurations et guides d'achat



Configs de Canard

Concevoir en décembre nos Configs de Canard pour janvier, avant de voir toutes les nouveautés qui seront annoncées au CES, est toujours un exercice de tir à l'aveugle très périlleux. Cette année, c'est même encore pire que d'habitude : non seulement les composants de nouvelle génération ne sont pas encore tous disponibles, mais ceux de la génération précédente ont déjà en partie tiré leur révérence. Voyez donc ces configs comme des bases de travail, qui demanderont à être modifiées en fonction des annonces à venir pour devenir optimales.

LA PLUS ÉCONOMIQUE

DUCKY

1 000 €

environ

À force de baisses de prix des composants entourant le GPU, nous réussissons désormais à faire entrer dans le budget de la Ducky une Radeon RX 7700 XT : une carte parfaitement à l'aise pour le 60 i/s en 1080p sur la plupart des jeux, même avec un peu de *ray tracing* – et pouvant même sans problème atteindre le 1440p (merci les 12 Go de VRAM) si l'on se dispense de ce dernier. La RTX 4060 de Nvidia garde pour elle l'éternel avantage du DLSS, mais il n'est pas critique quand la différence de vitesse « brute » entre les deux cartes est si grande. Pour le CPU, la vénérable 12^e génération de CPU Intel Core offre toujours le meilleur compromis à l'heure actuelle : l'i5-12400F, malgré son architecture vieillissante, est toujours à même de contenir quiconque ne souhaite pas jouer aux tout derniers AAA à 120 i/s et plus. S'agissant du boîtier enfin, le Phanteks XT Pro Ultra, champion hors-norme de l'airflow à bas prix, maintiendra tout ce beau monde au frais sans le moindre effort, en y ajoutant même un peu de RGB pour les amateurs.



Processeur Intel Core i5-12400F – 120 €
Vent. Thermalright Peerless Assassin 120 SE – 40 €
Carte mère Intel B660M DDR4 – 95 €
RAM DDR4 2 x 8 Go 3200 MHz – 40 €
Carte graphique AMD Radeon RX 7700 XT – 450 €
SSD Crucial P3 Plus 1 To – 70 €
Alimentation Corsair RM650 – 100 €
Boîtier Phanteks XT Pro Ultra – 90 €

LA PLUS POLYVALENTE

CANHARD

1 500 €

environ

La CanHard se donne pour objectif de ne pas dépasser les 1 500 € de budget, pour déjà jouer dans des conditions très confortables. Alors qu'AMD vient tout juste de lancer ses processeurs Ryzen 9000 sous architecture Zen 5, deuxième génération de CPU sur plateforme AM5, la marque semble déterminée à ne jamais laisser le bon vieux socket AM4 partir à la retraite : le Ryzen 7 5700X3D (variante du célèbre 5800X3D se contentant simplement de fréquences d'horloge un poil moins élevées) se trouve désormais facilement pour moins de 250 € et représente un rapport performances en jeu/prix absolument imbattable. S'agissant du GPU, l'excelente RTX 4070 Super de Nvidia est *a priori* toujours le meilleur choix, mais soyez prudent : en prévision de la prochaine génération, sa production est déjà arrêtée, les stocks s'amenuisent, et les prix pourraient très rapidement flamber. Il serait peut-être plus sage d'attendre la disponibilité de la RTX 5070, attendue au premier trimestre 2025.



Processeur AMD Ryzen 7 5700X3D – 220 €
Ventirad Thermalright Peerless Assassin 120 SE – 40 €
Carte mère AMD B550 ATX – 120 €
RAM DDR4 2 x 16 Go 3600 MHz – 75 €
Carte graphique Nvidia GeForce RTX 4070 Super – 670 €
SSD Crucial T500 1 To – 90 €
Alimentation Corsair RM650 – 100 €
Boîtier Lian Li Lancool II Mesh C Performance – 120 €

LA PLUS LUXUEUSE

DUCK NUKEM

1 800 €

environ

Soyons d'une totale franchise : cette fin d'année 2024 est un moment très mal choisi pour vous recommander une config haut de gamme. Côté CPU, on voudrait pouvoir compter sur les armes fatales à 3D V-Cache d'AMD ; mais le 7800X3D a déjà disparu des stocks, tandis que le 9800X3D ne s'y est pas encore vraiment installé, ou alors à des prix exagérément gonflés. En cas d'urgence, on peut toujours se rabattre sur le 5700X3D de génération Zen 3, le même que dans la CanHard – mais il faut bien se souvenir que parce qu'il demande un socket AM4 et de la mémoire DDR4, ce n'est pas un choix d'avenir en matière d'évolutivité. Le constat est à peu près le même pour le GPU : le haut de la gamme RTX 40 (4070 Ti Super et supérieur) n'est plus du tout disponible à des prix acceptables, il faut donc se rabattre sur une Radeon RX 7900 XT chez AMD... en ayant conscience qu'il serait sans doute très mal avisé de se lancer avant de voir à quoi ressembleront les RTX 50, qui seront présentées par Nvidia pas plus tard que le 6 janvier 2025, au CES de Las Vegas.



Processeur AMD Ryzen 7 5700X3D – 220 €
Refroid. CPU Arctic Liquid Freezer III 360 – 80 €
Carte mère AMD B550 ATX- 140 €
RAM DDR4 2 x 16 Go 3600 MHz – 75 €
Carte graphique AMD Radeon RX 7900 XT – 770 €
SSD Crucial T500 2 To – 160 €
Alim. be quiet! Pure Power 12 M 850 W – 145 €
Boîtier Fractal Design Meshify 2 – 165 €

Processeur (CPU)

Comment résumer le marché des CPU en cette fin d'année ? C'est... compliqué, pourrait-on dire, si l'on ne craint pas de faire dans le gargantuesque euphémisme. Enfin, ça vous le savez déjà si vous avez lu le cahier que nous avons consacré dans ce numéro aux processeurs de nouvelle génération (pages 7 à 13).

Côté AMD, nous vous expliquions déjà dans notre précédent numéro à quel point le lancement des premiers Ryzen 9000 (architecture Zen 5) avait été décevant, avec des premiers tests qui faisaient état de performances évoluant de façon insignifiante par rapport à la génération précédente. Les choses se sont améliorées depuis, grâce à de nouveaux BIOS et des mises à jour de Windows (seulement pour Windows 11 24H2, malheureusement) qui ont corrigé quelques anomalies au niveau de l'ordonnancement

La 3D pour sauver AMD du plat.

Cela n'a toutefois pas suffi pour renverser la vapeur. Les Ryzen 9000X tout court restent des processeurs franchement peu enthousiasmants, et cela s'est ressenti dans les ventes : il s'agit, dit-on dans les milieux bien informés, de la génération de CPU AMD au lancement commercial le plus lent depuis la génération Bulldozer en 2011, à l'époque où les rouges se faisaient complètement écraser par Intel. Il est donc d'autant plus accablant de revenir à de tels niveaux, alors que de nos jours la concurrence est carrément en perdition. Mais quand bien même on peut leur reprocher des évolutions très minimes, ces 9000X ne sont pas des mauvais processeurs pour autant – et tant mieux parce qu'on n'aura bientôt plus d'autre choix que d'y passer si l'on veut se bâtir une config AMD : les Ryzen 5000 et 7000 n'étant désormais

De toute la nouvelle génération de CPU, le Ryzen 7 9800X3D est pour l'instant le seul à n'avoir pas déçu.



Le moins que l'on puisse dire est que le lancement d'Arrow Lake ne s'est pas passé exactement comme espéré pour Intel.

plus produits. Il n'empêche qu'à la lumière de ce constat, on comprend pourquoi AMD a jugé bon de lancer le 9800X3D aussi tôt dans la génération, seulement trois mois après les premières références. Cette fois, pas de déception : il est bien le digne successeur du 7800X3D, c'est-à-dire que pour le jeu vidéo, il est le nouveau CPU le plus rapide existant. Et ce, pour un prix indicatif (550 €) même pas délirant ! Et voilà donc que ses performances commerciales partent vers l'extrême inverse : la demande initiale a été faramineuse, causant des ruptures de stock immédiates malgré des approvisionnements réguliers. Les prix « réels » se sont donc envolés, et c'est d'autant plus frustrant que l'on ne peut pas se rabattre sur le 7800X3D, ce dernier n'étant déjà plus en stock nulle part.

Les Intel Arrow Lake ne sont pas (encore) des flèches.

Pour ce qui est d'Intel, on ne va pas vous redire ici en détail comment les Core Ultra 200S (Arrow Lake-S) ont réussi l'exploit de réaliser un lancement encore plus tumultueux que les Ryzen 9000. Ils ont le potentiel pour devenir un jour des processeurs très recommandables, mais ce ne sera pas avant que leurs multiples bugs de performance soient compris et corrigés. En attendant, voilà qu'on se reprend d'affection pour les mal-aimés Core 14. Oui, ils ont connu eux aussi leur lot de controverses, et leur mauvaise efficacité énergétique reste un talon d'Achille notable ; mais les premières sont désormais derrière nous, et l'on excuse beaucoup plus facilement la seconde maintenant que ces processeurs sont régulièrement disponibles à des prix très agressifs.



Les choix de la rédac'

En attendant que les nouvelles générations se mettent d'aplomb, notre sélection se permet toujours en cette fin d'année 2024 de comporter presque exclusivement des références de la génération précédente. En espérant que ces dernières soient toujours disponibles au moment où vous lirez ces lignes, et que l'on ne vous donne pas de faux espoirs.

ENTRÉE DE GAMME

INTEL CORE I5-12400F

125 €



Plus tout jeune, mais désormais trouvable partout pour moins de 130 €, le Core i5-12400F est toujours extrêmement compétitif : 6 cœurs/12 threads, des fréquences d'horloge très honnêtes (4,4 GHz en boost) et une consommation très raisonnable. Les joueurs qui ne visent pas les *frame rates* ultra élevés ou le *ray tracing* dans les jeux récents n'ont pas besoin de plus. De la mémoire DDR4 suffit amplement pour profiter de ce CPU, on pourra donc limiter les dépenses sur ce poste aussi.

ALTERNATIVE

Désormais trouvable à moins de 200 €, le Ryzen 5 7600 (à ne pas confondre avec le 7600X) est une excellente porte d'entrée vers la plateforme AM5 avec ses 6 cœurs Zen 4. Il oblige certes à passer à la mémoire DDR5, ce qui engendrera des coûts supplémentaires ; mais votre config n'en sera que plus évolutive et « future-proof ».



MILIEU DE GAMME

INTEL CORE I5-14600KF

260 €



Le Core i5-14600KF d'Intel est l'un des processeurs les plus équilibrés sur le marché, aux performances solides aussi bien en jeu qu'en applicatif. Proposé à des prix très agressifs depuis le lancement des Core Ultra 200S, il présente un rapport qualité/prix intéressant quel que soit l'usage que l'on compte en faire. Évitez cependant de l'acheter d'occasion, et mettez bien à jour le bios de votre carte mère et le microcode de votre CPU dès l'installation pour éviter le bug des limites de puissance trop élevées.

ALTERNATIVE

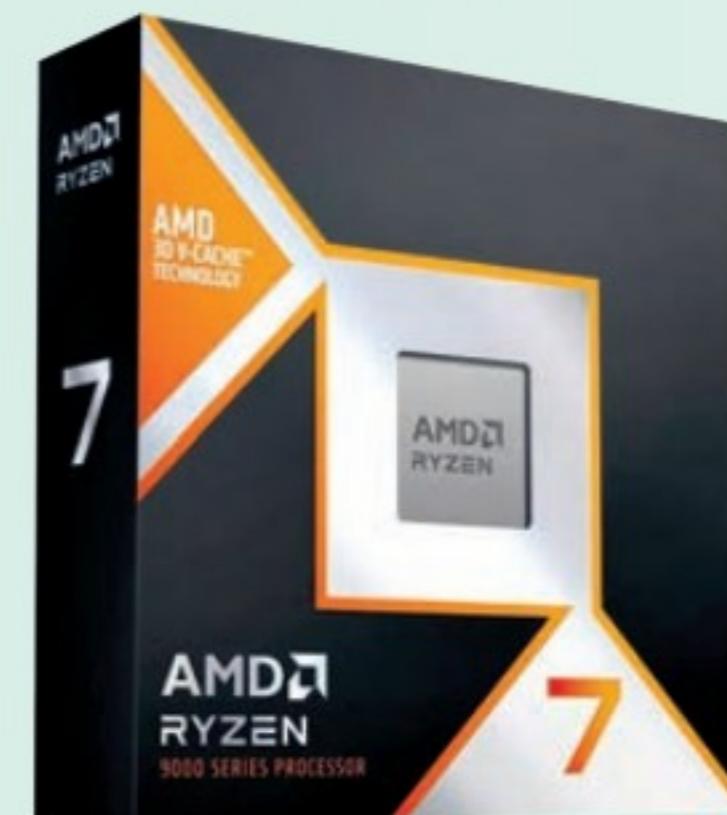
Déclinaison à peine moins performante du légendaire 5800X3D, le Ryzen 7 5700X3D, trouvable aux alentours de 220-230 €, est parfait pour mettre à jour une « vieille » config de jeu sur plateforme AM4, et retarder au maximum le besoin de changer de carte mère et de RAM.



HAUT DE GAMME

AMD RYZEN 7 9800X3D

550 €



Si l'on se permet de recommander ici le tout récent 9800X3D, c'est d'une part parce que le 7800X3D a déjà disparu des rayons, d'autre part parce que l'on a espoir qu'il ne tarde pas trop à devenir disponible largement et à son prix « normal ». Et parce que le nouvel héritier de la technologie 3D V-Cache d'AMD se situe exactement là où on l'attendait : pour le jeu, il est le meilleur processeur existant, dépassant nettement les performances des CPU les plus onéreux du marché (Intel Core Ultra 9 285K, Ryzen 9 9950X...).

ALTERNATIVE

Au même prix de 550 €, si l'on cherche plutôt de la performance en applicatif, le Ryzen 9 7950X s'impose par la simple loi du plus grand nombre : ses 16 cœurs/32 threads montant jusqu'à 5,7 GHz sauront encoder un flux vidéo, commander un rendu 3D ou charger une session Pro Tools à une vitesse supersonique.



Carte graphique (GPU)

Chers lecteurs, on doit vous demander pardon. Pour ce numéro de fin d'année, on aurait sincèrement aimé décrocher l'étoile du sapin pour la faire briller dans vos yeux. On aurait aimé avoir quelque chose, quoi que ce soit, d'un peu nouveau à vous dire de mettre sous le sapin. Mais jusqu'à la fin, il n'y aura rien eu à faire : les nouveautés attendront l'an prochain. Oh, à une exception près, tout de même. Mais elle n'est pas forcément des plus emballantes.

Si votre budget de fin d'année est plutôt consacré à garnir votre table de mets raffinés élégamment présentés dans des assiettes à dorures agencées le long d'un chemin de table et que la qualité du saumon prime sur la quantité de cadeaux, alors vous vous satisferez peut-être d'une carte graphique d'entrée de gamme. Avec une RTX 4060 qui commence à se trouver tout juste sous la barre symbolique des 300 €, il n'est plus vraiment utile de regarder ailleurs pour gratter, au mieux, une vingtaine d'euros. À moins que l'on se sente l'âme aventurière et que l'on décide de se ranger parmi les *early adopters* de l'architecture Battlemage chez Intel ? Tout juste annoncée au moment où nous bouclons ce magazine, l'Arc B580

est normalement déjà disponible aux États-Unis à l'heure où vous lisez ces lignes ; et pour 250 \$, elle prévoit d'être 10 % plus rapide que la 4060, tout en embarquant 12 Go de VRAM au lieu de 8. Encore faut-il espérer que ces promesses soient tenues, que la France soit servie en inventaire (ce ne sera de toute façon pas avant janvier), que la conversion €/\$ ne soit pas trop désavantageuse... et que le lancement soit moins houleux que celui d'Alchemist en 2022 (ou des derniers CPU Intel).

Ce qui se passe à Vegas se passera en janvier.

À ceux qui se lamentaient qu'entre cette entrée de gamme et les cartes de rang supérieur, le bond en prix était un peu



Les Intel Arc B570 et B580 réussiront-elles enfin à réveiller un peu l'entrée de gamme ?

démesuré, AMD a enfin daigné apporter une réponse : sa Radeon RX 7800 XT équipée de 16 Go de mémoire vidéo est désormais accessible à partir de 500 €. Il y a fort à parier que les futures cartes RDNA 4 (RX 8000), à venir dans les prochains mois, laissent cette référence sur le carreau. Mais si l'on a besoin maintenant d'un nouveau GPU pour alimenter un écran 1440p ou plus, on ne trouvera pas meilleur rapport performances/prix. Alors oui, on entend déjà les protestations de certains : comment on fait si l'on ne jure que par le *path tracing* et le *DLSS 3.5* ? On allonge 150 € de plus pour une RTX 4070 Super... en espérant que ce soit encore possible. Car l'engin est déjà en train de se raréfier dans les stocks pour laisser la place aux futures RTX 5070 et 5070 Ti, à venir vraisemblablement au premier trimestre 2025. Ce qui est vrai pour le milieu de gamme l'est encore plus si l'on s'aventure un peu plus vers le haut de gamme. Ne cherchez plus de RTX 4070 Ti Super ou 4080 Super à bon prix : elles font déjà partie du passé. Pour se consoler, on pourrait se tourner vers une Radeon RX 7900 XT, dont les performances en rasterisation sont toujours aussi opulentes – mais pour près de 800 €, accepter des performances en *ray tracing* tout juste passables commence à être difficile. Et puis surtout, ne vaudrait-il pas mieux attendre le CES de Las Vegas, tout début janvier ? On sait déjà que l'on y entendra parler au moins des RTX 5080 et 5090, et peut-être même un peu de RDNA 4. Franchement, se délester de près d'un millier d'euros pour se faire entendre dire quelques jours plus tard que son nouveau joujou est déjà obsolète, ce serait ballot.



La Radeon RX 7900 XT, dernière rescapée des cartes graphiques haut de gamme de la génération passée...

Les choix de la rédac'

L'instant précis où nous devons mettre sous presse, nos choix de GPU pour ce numéro ne pouvaient pas plus mal tomber : en ce début de mois de décembre 2024, nous sommes dans un authentique *no man's land* entre deux générations, où les cartes sortantes se font déjà rares dans les rayons, et les nouvelles tardent à voir le jour. Prenez donc ces recommandations avec le recul qui s'impose.

ENTRÉE DE GAMME

NVIDIA GEFORCE RTX 4060

300 €

environ



Désormais trouvable à 300 €, parfois même un peu moins à la faveur de certaines promotions, la RTX 4060 a rendu la Radeon RX 7600 caduque :

il ne vaut franchement pas le coup de se priver du *ray tracing* et du DLSS 3.5 pour n'économiser que quelques menues piécettes.

MILIEU DE GAMME

NVIDIA GEFORCE RTX 4070 SUPER

670 €

environ



Parfaitement équipée pour pouvoir gérer en 1440p à peu près tout ce qu'on pourra lui mettre sur les bras dans les années à venir, y compris les jeux en *path*

tracing, la 4070 Super représente toujours un excellent équilibre sur cette génération. Attention, sa remplaçante la 5070 devrait voir le jour très vite.

HAUT DE GAMME

AMD RADEON RX 7900 XT

770 €

environ



Que l'on soit parfaitement clair : la RX 7900 XT se trouve à cette position uniquement parce qu'elle est la dernière carte haut de gamme de sa génération

disponible à des prix « normaux ». Il ne serait absolument pas raisonnable de se l'offrir avant de savoir de quoi la génération suivante sera faite.



ALTERNATIVE

Intel Arc A750

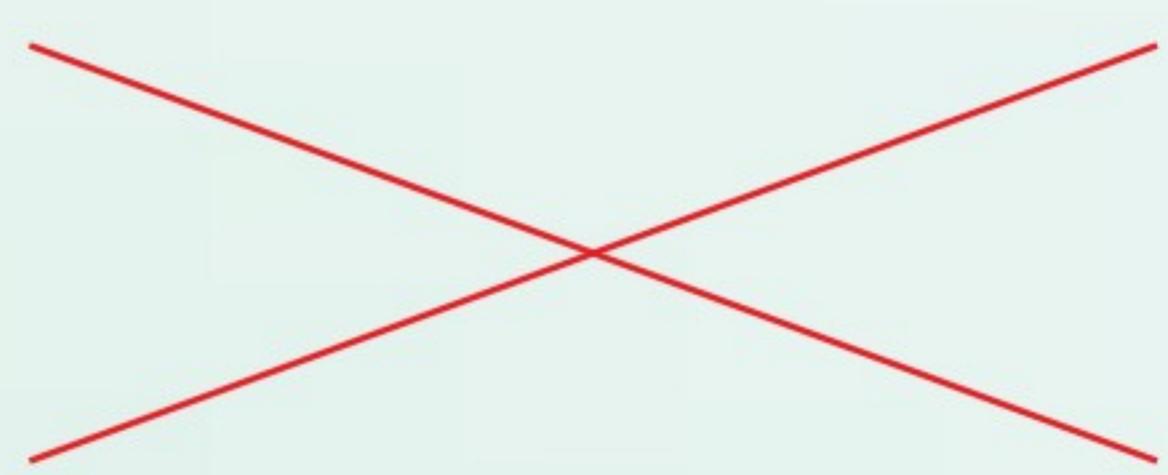
Si l'on a la chance de tomber sur un déstockage à un prix particulièrement avantageux (230 € ou moins), l'Intel Arc A750 peut encore se justifier pour une config au budget très serré.



ALTERNATIVE

AMD Radeon RX 7800 XT

La 7800 XT offre des performances en rastérisation équivalentes à la 4070 Super, mais est larguée dès que le *ray tracing* entre en piste. Toutefois, pour 500 € environ, c'est un compromis qui mérite ample réflexion.



ALTERNATIVE

Rien !

Conséquence évidente de ce que l'on vient de dire, il nous est impossible de vous recommander une alternative. Vraiment : soyez un tout petit peu patient, attendez janvier.

Refroidissement CPU

Choisir le refroidissement que l'on va mettre sur son CPU, c'est d'abord choisir entre un bon vieux ventirad à l'ancienne ou bien un kit de refroidissement liquide tout en un (« all-in-one », ou AIO). Ces derniers montrent de plus en plus leur intérêt sur les processeurs de dernière génération, dont les performances dépendent à un degré non négligeable de la dissipation thermique.

Jusqu'à il y a peu, on pouvait encore voir les kits de refroidissement liquide pour CPU comme un effet de mode, un simple moyen marketing parmi d'autres de convaincre les gens de dépenser un peu plus d'argent que nécessaire dans leur config. Ce n'est plus le cas aujourd'hui, pour trois raisons. La première : la plupart des constructeurs savent désormais fabriquer des produits

performants et fiables, qui ne tomberont pas systématiquement en rade au bout de six mois. La deuxième : les processeurs haut de gamme d'aujourd'hui peuvent être de véritables gouffres à énergie, et donc avoir du mal à être refroidis en silence par un « simple » ventirad. La dernière enfin : les CPU modernes, du fait de leur comportement qui ressemble de plus en plus à un overclocking permanent, ont tendance à créer des pics de consommation (et donc de dégagement de chaleur) très fréquents, qui seront beaucoup plus facilement absorbés par la masse thermique colossale d'un système de watercooling ; cela peut avoir une incidence, légère mais pas insignifiante, sur les performances. Que l'on se comprenne bien : les bons vieux ventirads sont tout de même toujours parfaitement adéquats pour la plupart des CPU et des usages, raison pour laquelle ils restent très majoritaires dans ce guide.

ENTRÉE DE GAMME VENTIRAD STOCK

0 €

environ

Pour les processeurs d'entrée de gamme à la consommation mesurée, le ventirad fourni avec le CPU, de la famille AMD Wraith ou Intel Laminar (comme le RM1 en photo), suffisent pour évacuer le peu de chaleur produite. Si votre CPU en est dépourvu, dirigez-vous directement vers notre recommandation de milieu de gamme : l'offre de ventirad de Thermalright est si agressive en ce moment qu'elle a plus ou moins anéanti toute l'offre premier prix.



MILIEU DE GAMME THERMALRIGHT PEERLESS ASSASSIN 120 MINI

36 €

environ

Le Peerless Assassin 120 Mini pourrait passer pour une entrée de gamme étant donné son prix, mais ses performances n'ont rien à envier à certaines références se prétendant de haut de gamme. Idéal pour les processeurs au TDP modeste (entre 65 et 105 W), il peut aussi supporter les charges plus lourdes (jusqu'à 200 W) sans pour autant vous rendre sourd – ni risquer de buter contre la fenêtre de votre tour, avec ses 13,5 cm de hauteur « seulement ». Comme toutes les références présentées dans ce guide, il est compatible avec tous les sockets modernes (AM4 et AM5 chez AMD, LGA 1150, 1151, 1200 et 1700 chez Intel).



HAUT DE GAMME THERMALRIGHT PHANTOM SPIRIT 120

40 €

environ

Le Phantom Spirit 120 n'est pas loin de relever du prodige. Pour 40 €, il offre un refroidissement faisant jeu égal avec de nombreux kits de watercooling 360 mm du marché. Il peut suffire pour tenir en laisse même un Core i7-14700K et ses presque 300 W de consommation en pointe. Attention cependant à vérifier la compatibilité avec votre boîtier et votre carte mère : ses 15,5 cm de hauteur pourraient être un peu trop pour une tour compacte, et sa plaque d'échange décalée vers le bas (pour mieux se positionner au-dessus des coeurs des derniers CPU Intel et AMD) peut entrer en conflit avec certains radiateurs pour SSD.



WATERCOOLING AIO ARCTIC LIQUID FREEZER III 360

80 €

environ

Le refroidissement à eau reste à recommander pour les processeurs les plus voraces du moment (13900K ou 14900K chez Intel, 7950X ou 9950X chez AMD), qui apprécient d'être surplombés par une gigantesque masse thermique pour atteindre leurs fréquences boost le plus régulièrement possible. Les céleberrimes kits de watercooling Liquid Freezer d'Arctic viennent de passer en version III : pas de grandes évolutions côté performances et bruit (en même temps, c'est toujours ce qui se fait de mieux sur le marché), mais un design plus travaillé, et surtout, des prix défiant l'entendement : 80 € pour un kit 360 mm, c'est du jamais-vu.



Carte mère

Il est très important de bien choisir sa carte mère, puisqu'elle est chargée de connecter tous vos autres composants entre eux et d'assurer tous les transferts de données. Si elle est pourrie, tout votre PC le sera inévitablement.

L'arrivée de nouvelles générations de processeurs chez Intel et AMD est presque toujours synonyme de l'arrivée de nouvelles générations de cartes mères ; les familles Intel Core Ultra 200S et AMD Ryzen 9000 n'y font pas

exception, s'accompagnant toutes deux de nouveaux chipsets. Chez Intel, le passage aux cartes mères de série 800 a été forcé par l'adoption d'un nouveau socket, le LGA1851 ; vous ne trouverez toutefois aucune représentante de cette série sur cette page, simplement parce que nous ne recommandons aucun Ultra 200S dans notre guide CPU (un peu de cohérence, que diable !). Chez AMD aussi, on est passé à la série 800, mais ce n'est que de la coquetterie : les Ryzen 9000, sur socket AM5, sont aussi compatibles avec la série 600 (notez au passage que la marque

a discrètement sauté la numérotation en 700, pour se synchroniser avec son rival). Voilà pourquoi on préfère toujours vous recommander des cartes mères de génération précédente : B650 ou X670 chez AMD, B760 ou Z790 chez Intel. Notez que sur cette génération, Intel a l'avantage de ne pas imposer la mémoire vive DDR5 ; on peut donc économiser quelques dizaines d'euros en optant plutôt pour une carte mère compatible DDR4. Côté AMD, on n'a déjà plus le choix depuis 2022 : en AM5, c'est DDR5 pour tout le monde.

ENTRÉE DE GAMME

GIGABYTE B760M DS3H DDR4

90 €

environ



Côté Intel, le choix de base pour un processeur Alder Lake (12^e gén.) ou Raptor Lake (13^e gén.) est un chipset B760 avec emplacements DDR4 et des connecteurs PCI-Express à la norme 4.0. En effet, le PCIe 5.0 augmente les coûts sans utilité à l'heure actuelle, puisque ni les GPU ni les SSD n'en profitent vraiment. Ce modèle au format microATX est fiable, efficace et offre un bon rapport équipement/prix. La descente en gamme implique, comme souvent, uniquement deux emplacements mémoire. À vous de voir si la perte en évolutivité vaut la différence de tarif.

ALTERNATIVE

Pour une config un peu plus évolutive avec un Ryzen 5 7600, il vous faut une plateforme avec socket AM5. Évitez le chipset A620, terriblement sous-équipé en connectivité, pour des économies minimes. En B650M (format microATX là encore), vous devriez pouvoir trouver votre bonheur pour 115 € environ.

MILIEU DE GAMME

ASUS PRIME B760-PLUS DDR5

125 €

environ



Ici comme en entrée de gamme, il n'est pas nécessaire de chercher plus que ce qu'offre le chipset B760 – sauf si l'on a spécifiquement besoin d'un grand nombre de lignes USB ou PCIe : opter pour du Z790 peut alors se justifier, mais il vous en coûtera une grosse cinquantaine d'euros de plus. Pour la plupart des usages, la sobriété du modèle que nous conseillons ici ne sera jamais un handicap. La référence existe aussi en variante DDR4, pour économiser quelques dizaines d'euros sur la RAM.

ALTERNATIVE

Pour les quelques CPU AM4 encore disponibles sur le marché, comme le 5700X3D, on trouve aussi sans trop de peine des cartes mères compatibles. Ne vous contentez pas de moins que le chipset B550, le seul à garantir du PCIe 4 sur le port 16x principal – nécessaire pour être sûr de ne pas brider le GPU. Comptez 120 € environ.

HAUT DE GAMME

MSI B650 GAMING PLUS WIFI

180 €

environ



Pour un Ryzen 7000 ou 9000 à hautes performances, un chipset B650 sur une carte mère au format ATX est le minimum à viser (à moins bien sûr que l'on veuille monter sa config dans un boîtier compact). Ce modèle MSI n'y fait pas exception, mais il parvient à le justifier par son équipement, qui inclut du Wi-Fi 6E et du Bluetooth 5.3 intégré, ainsi qu'une généreuse connectique USB. On pourrait juste lui reprocher de n'offrir que deux emplacements pour SSD M.2. L'absence de PCIe 5 en revanche importe peu : le standard n'est d'aucune utilité concrète pour l'instant.

ALTERNATIVE

Si l'on tient à faire le pari que le PCIe 5 finira par trouver sa raison d'être – parce que les SSD à la norme trouveront un cas d'usage, ou parce que de futures cartes graphiques auront besoin de ces débits pour s'exprimer à fond –, alors le chipset X670E peut paraître mieux paré pour l'avenir. Cela a toutefois un coût, de 280 € au minimum.

Boîtier

Le choix d'un boîtier peut dépendre de critères objectifs (taille, capacités de refroidissement, connectique en façade...) mais il ne faut pas oublier une donnée fondamentale : dans un objet visible comme celui-là, l'esthétique a énormément d'impact. Sinon, personne n'achèterait de tours avec une vitre.

ENTRÉE DE GAMME

PHANTEKS XT PRO ULTRA

90 €
environ

Dimensions (L x H x P) :
23 x 50 x 45 cm



Le XT Pro Ultra est une bestiole comme on n'en croise pas souvent : malgré son prix très abordable, c'est un monstre d'airflow, notamment grâce à ses quatre ventilateurs 140 mm fournis de série – des ventilateurs RGB, de surcroît ! Il n'est évidemment pas ce qui se fait de plus sophistiqué côté qualité de fabrication, mais il tient parfaitement la route. Son intérieur est spacieux, et sa plaque « creusée » est même

prête à accueillir une carte mère à connectique arrière (celle des familles Gigabyte Stealth, MSI Project Zero, Asus BTF et compagnie). Pour 20 € de moins, si l'on est vraiment allergique au RGB, le XT Pro tout court est fourni avec un unique ventilateur 140 mm noir à l'arrière. Il faudra donc prévoir l'achat séparé de deux ou trois ventilos à monter à l'avant, ce qui reviendra plus cher *in fine*.

MILIEU DE GAMME

LIAN LI LANCOOL MESH II C PERFORMANCE

120 €
environ

Dimensions (L x H x P) :
22,9 x 49,4 x 47,8 cm



Quand Lian Li a conçu le Lancool Mesh II C Performance, la priorité a clairement moins été mise sur l'élégance du nom du produit que sur son ingénierie. Tout y est fait pour que le boîtier offre à la fois une grande modularité pour le montage et des performances thermiques de premier ordre. Le premier point se matérialise par

de multiples panneaux amovibles sur le dessus et des deux côtés du boîtier ; le second par des surfaces mesh particulièrement bien conçues, opposant très peu de résistance à l'air. Deux ventilateurs PWM 140 mm sont prémontés à l'avant, et l'on peut envisager d'en ajouter un troisième en extraction à l'arrière pour un airflow encore mieux contrôlé.

HAUT DE GAMME

FRACTAL DESIGN NORTH XL

175 €
environ

Dimensions (L x H x P) :
24 x 50,9 x 50,3 cm



Le Fractal Design North n'est pas juste un boîtier d'une élégance rare, avec ses accents de bois : il brille aussi côté performances, avec une évacuation thermique très efficace et des possibilités de ventilation foisonnantes – surtout si l'on choisit la version avec panneau latéral en mesh plutôt qu'en verre trempé. Trois ventilateurs 140 mm sont prémontés à l'avant, et l'on recommande là encore d'en

ajouter un à l'arrière. Nous recommandons la version XL car elle peut accueillir un AIO 360 mm sur le dessus. Vous pouvez aussi choisir la version « normale » si vous ne voyez pas de problème à vous contenter d'un 240 mm, d'un ventirad, ou d'une carte graphique pas trop longue (32 cm max) permettant de mettre un 360 mm à l'avant ; elle est non seulement moins encombrante, mais aussi moins chère de 30 €.

MINI PC

FRACTAL DESIGN ERA 2

230 €
environ

Dimensions (L x H x P) :
16,6 x 31,4 x 36,6 cm



L'Era 2 montre un design pas moins soigné que celui du North, entre aluminium anodisé et panneau supérieur en noyer. Sa construction interne n'a strictement rien à envier à son apparence externe, et est pleine d'excellentes idées pour faciliter le montage. Conçu pour accueillir exclusivement les cartes mères au format Mini-ITX et les alimentations au format SFX-L ou inférieur,

ce boîtier n'est pourtant pas le plus compact des boîtiers mini-PC. Mais c'est ce qui lui permet d'avoir de la place pour une carte graphique de beau gabarit (jusqu'à 32 cm de longueur), et de ne pas se transformer en fournaise au moindre effort. Il est fourni avec deux ventilateurs de 120 mm qu'il est conseillé de placer en aspiration sur la face inférieure, et d'associer à un AIO 240 mm en extraction sur le dessus.

Mémoire vive (RAM)

Le standard DDR5 est désormais bien installé sur le marché : les barrettes se font plus abordables (ou moins inabordables, selon le point de vue), leur prise en charge par les cartes mères est désormais mature, les problèmes de stabilité se font rares. La DDR4 n'a cependant pas encore tout à fait dit son dernier mot.

La mémoire vive, c'est un peu la banque de votre CPU : ce dernier y stocke toutes les données dont il pourra avoir besoin pour l'exécution d'une application afin d'y accéder rapidement le moment venu. Logiquement, plus vous avez de RAM et plus votre PC sera à l'aise pour l'exécution des tâches. Il n'y a cependant pas que la taille qui compte : depuis plusieurs générations

maintenant, les processeurs apprécient aussi énormément d'être épaulés par de la mémoire rapide et à basse latence – des caractéristiques indiquées respectivement par la fréquence de fonctionnement de la mémoire (en MHz ou MT/s) et sa valeur CL (*CAS Latency*). En DDR4, la plupart des processeurs donnent leur meilleur avec une mémoire à 3 200 MHz ou plus,

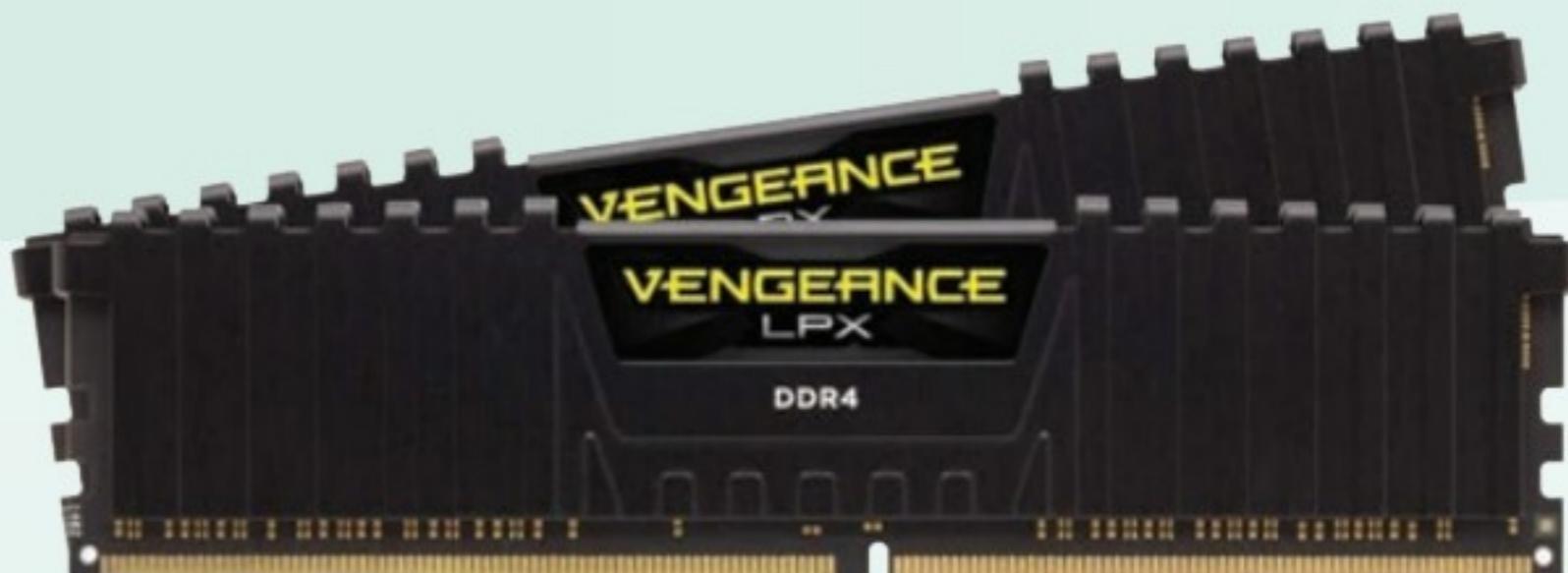
en CL16 ou inférieur. Le principe est le même en DDR5, avec cette fois un bon équilibre qui se trouve aux alentours de 6 000 MHz en CL32, voire CL30. La transition entre les deux standards est désormais bien engagée et les produits sont plus matures. En particulier, il n'est plus vraiment nécessaire maintenant de faire attention à bien choisir des barrettes « optimisées Intel » (XMP) ou « optimisées AMD » (EXPO) : non seulement de nombreux modèles récents de barrettes incluent les deux profils, mais la plupart des cartes mères acceptent désormais sans problème l'un ou l'autre type sans broncher.

ENTRÉE DE GAMME

16 Go : 2 × 8 Go DDR4-3200

Depuis que le vent de l'obsolescence a commencé à souffler sur sa nuque, la DDR4 a vu ses prix dégringoler. Il peut être tentant, par conséquent, de vouloir en surcharger sa machine ; mais pour une

40 €
environ



MILIEU DE GAMME (DDR4)

32 Go : 2 × 16 Go DDR4-3600

Pour une nouvelle config bâtie autour d'un Intel Core i5-14600K par exemple, on peut toujours trouver pertinent de rester sur de la DDR4 : le CPU n'en sera pas fondamentalement bridé. Notez cependant que les

75 €
environ



HAUT DE GAMME (DDR5)

32 Go : 2 × 16 Go DDR5-6000

Les nouvelles générations de CPU imposent désormais toutes la DDR5. Mais même votre processeur vous laisse encore le choix (Intel 12/13/14), opter pour le dernier standard ne relève plus de la flamberie,

115 €
environ



Alimentation

Rien ne ressemble plus à un bloc d'alimentation qu'un autre bloc d'alimentation. Pourtant, tous ne se valent pas, et bien choisir votre modèle pourrait s'avérer crucial pour la santé de votre PC.

Une erreur courante lorsque l'on conçoit la configuration de son futur PC est de ne pas assez réfléchir au choix de l'alimentation. C'est qu'il est facile de tomber dans l'excès, dans un sens comme dans l'autre : optez pour un bloc trop faible, et il vous fera connaître votre erreur de façon très brutale lorsque vous cherchez à exploiter pleinement les prouesses de votre PC et que ses mécanismes de sécurité forceront une extinction instantanée (il vaut toujours mieux ça qu'un PC qui flambe,

vous nous direz). À l'inverse, une alim' surdimensionnée n'aura aucun autre effet que de vous faire regretter votre argent. Principal mot d'ordre à suivre : il vaut généralement mieux prévoir quelques euros supplémentaires pour s'assurer l'achat d'un bloc de bonne qualité (marque reconnue, certification 80+ Gold au minimum), plutôt que de bêtement aller chercher le modèle promettant le plus de watts. On s'assure ainsi une meilleure fiabilité, qui peut s'avérer d'autant plus

intéressante que parmi tous les composants d'un PC, l'alimentation est celui qui peut atteindre la plus grande longévité. Un bloc de qualité peut facilement se conserver plus de dix ans ; ce sera ça d'investissement en moins à prévoir pour vos futures configs. Un petit mot enfin sur les alimentations ATX 3.0, dont on a pu dire à leur lancement qu'elles n'avaient pas beaucoup d'intérêt : aujourd'hui, tous les constructeurs ont adopté la norme et la concurrence a fait baisser les prix de ces blocs vers des valeurs parfaitement en phase avec leurs prestations. On peut donc désormais les recommander.

ENTRÉE DE GAMME

BE QUIET! PURE POWER 12 550 W

85 €
environ



Pour une machine modeste qui ne serait pas équipée d'une grosse carte graphique (jusqu'à une RTX 4060 ou une RX 7600), une alimentation de 500 W est suffisante. Ce modèle a l'avantage de savoir travailler en silence, et l'inconvénient de ne pas être modulaire, c'est-à-dire que ses câbles ne

sont pas détachables : il faut se débrouiller pour planquer comme on peut ceux que l'on n'utilise pas derrière la carte mère. Vous pouvez vous épargner cette tâche en choisissant la Pure Power 12 M (pour, l'auriez-vous deviné, « modulaire » !) 550 W, contre 20 € de plus.

MILIEU DE GAMME

CORSAIR RM650

100 €
environ



Pour une bécane de jeu un peu plus musclée (avec un Core i5 ou Ryzen 7, et un GPU jusqu'à une RTX 4070 Super ou une RX 7900 GRE), 650 W ne seront pas de trop – et la certification 80+ Gold au minimum devient un

prérequis absolu. La Corsair RM650 remplit ces conditions, et ajoute à ses atouts une ventilation discrète, un mode « 0 RPM » garantissant un silence absolu à faible charge, et une conception entièrement modulaire.

HAUT DE GAMME

BE QUIET! PURE POWER 12 M 850 W

145 €
environ



Si l'on veut être paré à presque toutes les éventualités, une alimentation 850 W suffit pour rassasier n'importe quelle machine « raisonnable » – comprenez, tant que l'on n'y claque pas une RTX 4090 associée à un Ryzen 9 ou un Core i9. Ce modèle est remarquablement silencieux, certifié ATX 3.0

et doté d'un connecteur PCIe 5.0/12VHPWR pour relier n'importe quelle RTX 40 avec un seul câble (ne craignez pas qu'il surchauffe : les cas sont infiniment plus rares que ce qu'Internet voudrait bien nous faire croire, et le risque est totalement nul si l'on prend la peine d'emmancher le connecteur correctement).

Stockage

Les SSD au standard M.2 NVMe sont désormais totalement normalisés, même pour les configs d'entrée de gamme. Aujourd'hui, les modèles à la norme PCIe 5, la plus récente et (évidemment) la plus rapide existante, sont assez nombreux sur le marché. Ils restent toutefois très chers, trop pour mériter de trouver place dans ce guide.

Cela fait bien longtemps que le SSD s'est imposé dans les moeurs du grand public, et on ne s'attend pas à ce que le marché soit chamboulé d'une manière ou d'une autre avant un petit moment. Depuis quelques années maintenant, leur capacité peut atteindre jusqu'à 8 To, mais les modèles les plus courants évoluent entre 500 Go et 2 To.

Le type de disque le plus communément utilisé aujourd'hui est le NVMe (PCI-Express), au format M.2, qui a presque totalement supplanté le SATA. Ces modèles NVMe se divisent à leur tour en fonction de la norme PCIe qu'ils prennent en charge : 3.0 (jusqu'à 4 Go/s de débit théorique), 4.0 (jusqu'à 8 Go/s), et depuis peu 5.0.

Ces derniers mois, on a même vu fleurir de plus en plus de SSD capables de saturer la bande passante de l'interface PCIe 5 $\times 4$, c'est-à-dire qu'ils atteignent 14 Go/s en lecture – et généralement 12,5 Go/s en écriture. Des chiffres impressionnantes... qui n'ont aujourd'hui aucune application concrète, à part peut-être pour du montage vidéo où l'on manipulerait une multitude de flux à ultra haute définition en simultané – ce que les professionnels font plutôt en utilisant plusieurs SSD montés en RAID 0. Cela ne suffit donc pas à justifier le surcoût toujours significatif de ces modèles par rapport aux SSD PCIe 4.

ENTRÉE DE GAMME

CRUCIAL P3 PLUS 1 To

70 €
environ



Petit à petit, les SSD NVMe sur PCIe 4.0 ont fini par supplanter les modèles PCIe 3. Le Crucial P3 Plus est un modèle modeste, à mémoire flash QLC et sans cache DRAM, mais il offre tout de même des débits extrêmement confortables : près de 5 Go/s en lecture séquentielle, et 3,5 Go/s en écriture (tant que son cache pseudo-SLC n'est pas saturé).

MILIEU DE GAMME

CRUCIAL T500 1 To

90 €
environ



Plus ambitieux, le T500 passe en mémoire TLC et embarque 1 Go de cache LPDDR4 par To de stockage – ce qui en fait automatiquement un bien meilleur candidat si l'on souhaite y installer l'OS de sa machine. Côté débit, sans surprise, on n'est pas loin de saturer l'interface PCIe 4 $\times 4$: 7,3 Go/s en lecture, presque autant en écriture.

HAUT DE GAMME

CRUCIAL T500 2 To

150 €
environ



Quitte à dépenser encore plus, autant simplement prendre plus d'espace de stockage, plutôt que de passer à un modèle PCIe 5 hors de prix pour peu de conséquences en usage réel. Évidemment, rien ne vous oblige à opter pour un modèle premium tel que le T500 : un P3 Plus en 2 To coûte une petite cinquantaine d'euros de moins.

Claviers

C'est idiot à dire, mais en 2024, personne n'a encore trouvé mieux qu'un clavier pour rentrer du texte sur un ordinateur. Et les tentatives de le remplacer par un écran tactile ou de la reconnaissance vocale montrent bien que ce n'est pas encore demain qu'il tombera en désuétude.

Le clavier est à la fois l'outil informatique qui semble le plus familier pour tout le monde, et l'un de ceux à propos desquels

il y a le plus de subtilités à connaître pour faire le meilleur choix. La première décision à prendre concerne sa taille : avez-vous réellement besoin d'un pavé numérique, par exemple ? À supposer que l'idée de vous en séparer une bonne fois pour toutes ne vous paraisse pas complètement folle, peut-être devriez-vous réfléchir à opter pour un modèle TKL (*tenkeyless*), ou même, pour les plus audacieux, un modèle 65 % (sans touches de fonction) ou 60 % (sans touches directionnelles). Vient ensuite la question

des touches et de leurs interrupteurs. Le classique dôme de caoutchouc est pratique et bon marché, mais loin de l'idéal côté sensations et précision de frappe. Les claviers mécaniques font beaucoup mieux... encore faut-il savoir quelle variété choisir, entre les linéaires, « tactiles », « clicky » et leurs multiples variantes. Arrive ensuite et enfin la catégorie la plus luxueuse, celle des claviers à switchs analogiques, pour une réactivité en jeu et des possibilités de personnalisation sans égales.

ENTRÉE DE GAMME

**LOGITECH
K120**

15 €
environ



Le Logitech K120 est un clavier basique mais très correct, vendu aux alentours de 15 €. Il n'est pas mécanique, pas rétroéclairé, pas sans fil... mais on peut aussi y voir des avantages. Il est discret, solide, inusable, pas très cher

et bien adapté pour travailler. On le trouve souvent dans les bureaux et c'est normal. Forcément, les joueurs ou les amoureux de la belle frappe n'y trouveront pas leur compte. Mais c'est un excellent choix pour un budget serré.

BUREAUTIQUE

**KEYCHRON
V5 MAX**

120 €
environ



Keychron propose d'excellents claviers mécaniques tirant leur inspiration du monde des claviers *custom*. Le V Max, avec sa double couche d'absorbant (mousse et silicone), assure une frappe très agréable, sans bruit excessif. Il propose une double connectivité sans fil, Bluetooth

et via dongle USB. Disponible en de multiples tailles (la photo ci-contre montre le V5 Max en 96 %), il donne aussi le choix entre des interrupteurs Banana (toucher tactile net), Brown (tactile souple) ou Red (linéaire) – qui peuvent bien sûr être changés à volonté.

**JOUEUR
CORSAIR
K70 CORE**

100 €
environ



Avec le K70 Core, Corsair propose un excellent clavier pour les joueurs souhaitant s'équiper en mécanique sans y mettre des fortunes. La recette est simple : une construction sans fioriture mais solide (on y retrouve la double mousse absorbante intronisée par Corsair dans le

bien plus onéreux K70 Max), des switchs MLX Red de bonne facture et pré-lubrifiés (rare pour un clavier de grande marque !), et le tour est joué. Pour 20 € de plus, le constructeur propose aussi un ensemble incluant un repose-poignets en mousse à mémoire de forme.

**JOUEUR RICHE
KEYCHRON
Q1 HE**

213 €
environ



Le Keychron Q HE est l'un des plus éminents représentants de la nouvelle tendance des claviers analogiques à effet Hall (dont on vous parle en pages 30-31) : ultra réactif, remarquablement bien construit, et aussi performant en jeu qu'il est agréable en bureautique.

En sus de la version Qwerty (ISO ou ANSI), le clavier est désormais disponible en Azerty, mais seulement avec des keycaps pré-montées en ABS plutôt qu'en PBT. Il est par ailleurs proposé en trois tailles : le 75 % montré ici (Q1 HE), un TKL 80 % (Q3 HE) et un 96 % (Q5 HE).

Souris

De la petite boîte à roulette dotée d'un seul gros bouton à la vision d'un (horrible) futur étrange et difforme, on peut dire que le tour a été fait sur ce périphérique essentiel à la navigation de votre ordinateur.

Pour bien choisir une souris, il s'agit de définir son utilisation : bureautique, jeu ou les deux. Ensuite, bien avant toute question de performance, le premier critère à observer est l'ergonomie. Elle va passer des milliers d'heures au creux de votre main, vous accompagner pendant vos nuits de jeu autant que vos journées passées à faire défiler des tableaux Excel ; votre souris doit donc être confortable. Une souris trop courte ou trop longue ?

Votre bras en ressentira les effets. De même, la courbure peut être une gêne si vous avez l'habitude d'allonger votre main dessus, spécialement sur celles pensées pour les amateurs de la prise « griffe ». Pour les gauchers, des souris dédiées ou ambidextres existent, mais le choix est malheureusement bien moindre que pour les droitiers (contrariés ou non). Ce n'est qu'ensuite que l'on peut enfin s'intéresser à la sensibilité. Exprimée en DPI (points par pouce), elle peut

varier de 100 à 32 000, et définit la vitesse et la précision de déplacement de votre curseur ou de votre visée. Une autre caractéristique importante est le taux d'échantillonnage. Exprimé en Hz, il définit le nombre de fois par seconde où la souris communique ses mouvements à l'ordinateur. Plus il est élevé, meilleure est la réactivité de la souris. En bureautique, on peut se contenter de 125 Hz ; pour le jeu, il vaut mieux tabler sur 1 000 Hz.

BUREAUTIQUE

LOGITECH
LIFT

60 €
environ

Pour un usage bureautique (en gros, qui exclut les jeux), la Logitech Lift est un excellent choix. Cette souris verticale, ergonomique, confortable et disponible en version pour gauchers (ce qui est rare) est idéale pour le quotidien. Sans fil et utilisable soit en Bluetooth, soit via un dongle Bolt, elle s'alimente avec une pile AA ; certains y verront un avantage, d'autres un défaut.



JOUEUR FAUCHÉ

TURTLE BEACH
PURE SEL

35 €
environ

Même pour jouer, il existe des souris qui ne valent pas trop cher, comme cette Pure SEL. Elle va à l'essentiel : un capteur 8 000 ppp (c'est suffisant) d'une précision et d'une réactivité très correctes, un format compact et léger, et évidemment une liaison filaire, en USB. Elle n'a pas de gros défauts, et son ergonomie asymétrique devrait convenir au plus grand nombre – parmi les droitiers.



JOUEUR SANS FIL

LOGITECH
G PRO 2 LIGHTSPEED

100 €
environ

Logitech a enfin mis à jour son excellente G Pro Lightspeed (à ne pas confondre avec la G Pro X Superlight), pour notamment la faire passer à un connecteur USB-C. Outre ses excellentes performances et sa forme symétrique extraordinairement confortable, elle a l'avantage d'être totalement ambidextre : ses boutons de pouce, magnétiques, peuvent être placés à gauche ou à droite. Son alimentation par pile AA ne lui permet pas d'atteindre le même poids plume que les souris de pointe ; mais à 80 g, elle reste très agile.



JOUEUR EXIGEANT

RAZER
VIPER V3 PRO

140 €
environ

Razer n'a retenu aucun de ses coups avec la Viper V3 Pro. Au-delà de son poids plume de 49 g et sa glisse d'une fluidité imbattable, ce sont surtout ses performances qui impressionnent : le capteur Focus Pro 35K est d'une précision diabolique, et le récepteur sans fil 8 000 Hz fourni de série permet une réactivité de tout premier ordre. Sa forme symétrique étant plutôt adaptée à une prise « fingertip », vous pouvez aussi vous intéresser à la DeathAdder V3 Pro du même constructeur si vous êtes plutôt adepte de la prise « paume ».



Casques-micros

Le marché du casque pour joueur est aujourd'hui foisonnant. Si certaines marques ne comptent que sur des designs et empilements de fonctionnalités aberrants pour imposer leurs produits, d'autres, heureusement, gardent l'essentiel dans leur viseur : le confort et la qualité sonore.

Le casque-micro est aujourd'hui devenu une des pièces maîtresses de la panoplie non seulement du joueur, mais aussi du télétravailleur. Et c'est un accessoire à ne surtout pas négliger puisqu'il est destiné à trôner sur votre fière cabosse de nombreuses heures par jour. Pour votre choix, ne vous laissez pas berner par les arguments des constructeurs à base de lumières RGB

(a-t-on vraiment besoin d'expliquer pourquoi ?), ni même de 7.1 ou autre forme de spatialisation virtuelle : Windows 10 et 11 proposent leur propre solution logicielle, au format Dolby Atmos ou DTS Headphone:X, qui donne souvent des résultats bien plus convaincants que les solutions tierces. S'agissant du micro, les petites capsules embarquées dans les perches de casques-micros font parfois crânement le job, mais ne pourront évidemment jamais rivaliser avec un bon micro externe. Pour passer au niveau supérieur dans votre carrière de streamer, il s'agira du premier investissement à faire – voyez pour cela nos recommandations dans le guide des accessoires de joueurs, juste en face de cette page. Du côté de la connectique,

alors que la bonne vieille fiche mini-jack 3,5 mm était encore jusqu'à il y a peu le moyen le plus courant, et de très loin, de relier un tel casque à son PC, les modèles filaires se font désormais très rares, largement supplantés par les modèles ayant coupé le cordon. L'ampleur de ce phénomène est telle que nous devons désormais nous résoudre à n'intégrer que des casques sans fil dans notre sélection, faute de modèle filaire intéressant disponible en ce moment sur le marché. Si vous êtes vraiment allergique à la transmission radio 2,4 GHz (ou avez simplement besoin d'une connectique mini-jack), la meilleure solution est de se procurer un casque hi-fi/studio, comme l'excellent Sennheiser HD 560S (140 €), et de lui adjoindre un micro externe.

ENTRÉE DE GAMME

LOGITECH G435 LIGHTSPEED

60 €

environ

Il existe une règle qui dit qu'un casque-micro sans fil, ça peut proposer une qualité sonore satisfaisante, être confortable et agréable à utiliser, ou coûter moins de 100 € – deux options au choix. À cela, le G435 est une très belle exception. Sa construction tout plastique ne respire évidemment pas le grand luxe, mais elle n'a rien de honteux pour autant ; et sur tous les autres points, il fait son job de façon bien plus que passable. Outre sa connexion sans fil via dongle USB-A, le casque propose aussi une connectivité Bluetooth – mais pas de possibilité de connexion filaire analogique, hélas.



HAUT DE GAMME

RAZER BLACKSHARK V2 HYPERSPEED 2023

120 €

environ

Depuis qu'il a fait l'acquisition de THX en 2016, Razer a montré qu'il prenait très au sérieux le marché de l'audio. Le BlackShark V2 HyperSpeed, dans sa version révisée de 2023, est la plus belle réussite du constructeur à ce jour. C'est un casque-micro sans fil simple et remarquablement efficace : léger et confortable, capable d'une reproduction sonore péchue et équilibrée (surtout après égalisation ; cf. le test complet dans *CPC Hardware* n° 59), doté d'un micro de bonne qualité, et d'une autonomie très généreuse. Soyez simplement prévenu qu'il ne propose pas de connexion filaire analogique, lui non plus.



ÉCOUTEURS SANS FIL

SONY INZONE BUDS

150 €

environ

De plus en plus de constructeurs proposent désormais des écouteurs sans fil pour PC accompagnés d'un émetteur/récepteur USB, et dont la latence est par conséquent suffisamment basse pour un usage confortable en jeu vidéo. Dans le genre, les Sony Inzone Buds ont beaucoup d'arguments pour eux : restitution sonore très solide (on peut juste leur reprocher des médiums un peu trop perçants), excellent confort, bonne autonomie, et même une réduction de bruit active plutôt efficace. Attention en revanche à leur captation vocale, assez médiocre.



Accessoires de joueurs

ENTRÉE DE GAMME

LOGITECH

BRIO 100

50 €

environ



Quand bien même on continue de trouver un certain nombre de webcams 720p dans les tout premiers prix des grandes marques ou dans les bacs à chinois des boutiques en ligne, il n'est aujourd'hui plus nécessaire de casser la tirelire pour s'offrir un modèle 1080p correct. La preuve avec cette Brio 100, qui offre une qualité d'image très honnête (à 30 i/s seulement, mais à ce prix-là, on ne va pas faire la fine bouche. Petit bonus appréciable pour notre vie privée, elle est dotée d'un cache mécanique manuel.

HAUT DE GAMME

ELGATO

FACECAM Mk.2

145 €

environ



Tant que l'on se limite au 1080p (qui suffit amplement pour la plupart des usages), la Facecam Mk.2 d'Elgato fait figure de référence. Dépourvue de micro intégré (si vous avez fait les choses dans l'ordre, vous avez déjà soigné votre son avant de vous attaquer à votre image), elle mise tout sur sa qualité d'image, qu'elle a effectivement très seyante – même à 60 i/s, cela va sans dire. Pour passer au niveau supérieur, il faut se tourner vers la Facecam Pro du même constructeur, qui vous ouvrira les portes de la 4K à 60 i/s.. en échange de 350 €, tout de même.

MICROSOFT

MANETTE SANS FIL XBOX

60 €

environ



Depuis plus de quinze ans, maintenant, les manettes Xbox (360, puis One, puis Series X/S) de Microsoft se sont imposées comme un véritable standard sur PC. La dernière itération en date reprend une recette qui marche : une bonne prise en main, une finition excellente et une compatibilité sans faille avec les jeux. Elle fonctionne en filaire (USB-C), en Bluetooth (si votre PC est équipé) ou avec la liaison propriétaire de Microsoft, qui nécessite un adaptateur USB et réduit en théorie la latence.

SCUF

ENVISION PRO

200 €

environ



Parmi la tripotée de manettes « premium » qui inondent désormais le marché, l'Envision Pro de Scuf se distingue grâce à sa profusion de boutons additionnels programmables à l'envi (y compris avec des touches du clavier ou des macros) et sa connectivité sans fil très basse latence. On apprécie aussi ses switchs Omron au retour extrêmement satisfaisant et précis. Attention : l'Envision Pro est exclusivement compatible PC, n'espérez donc pas pouvoir vous en servir avec une console ou un appareil mobile.

RAZER

SEIREN V3 MINI

60 €

environ



C'est vrai : de nos jours, beaucoup de casques-micros assurent déjà une prise de voix très correcte – et même les micros intégrés aux ordinateurs portables et aux webcams font déjà le boulot de façon très acceptable. N'empêche que si l'on veut pouvoir s'improviser podcasteur du dimanche, ou même simplement offrir à ses partenaires de jeu le bonheur de communications vocales au son très naturel, on ne fera jamais mieux qu'un micro dédié. Pour seulement 60 €, le Seiren V3 Mini le démontre déjà de fort belle manière.

SENNHEISER

PROFILE

120 €

environ



Tout premier micro USB de Sennheiser, le Profile est à la hauteur de la réputation de son constructeur. C'est un micro très simple, sans aucune fonctionnalité avancée (si vous voulez vous amuser avec des modificateurs de voix ou autres, cela devra se faire par une solution logicielle), mais qui sait se concentrer sur l'essentiel : une captation sonore riche, transparente et naturelle. Attention, évitez le pack à 199 € avec un bras de micro inclus, ce dernier étant d'assez mauvaise qualité.

La grille de Stevie Onduleur, Otis Reddit et Bruce Printscreen (Bornes in ze iOSS)

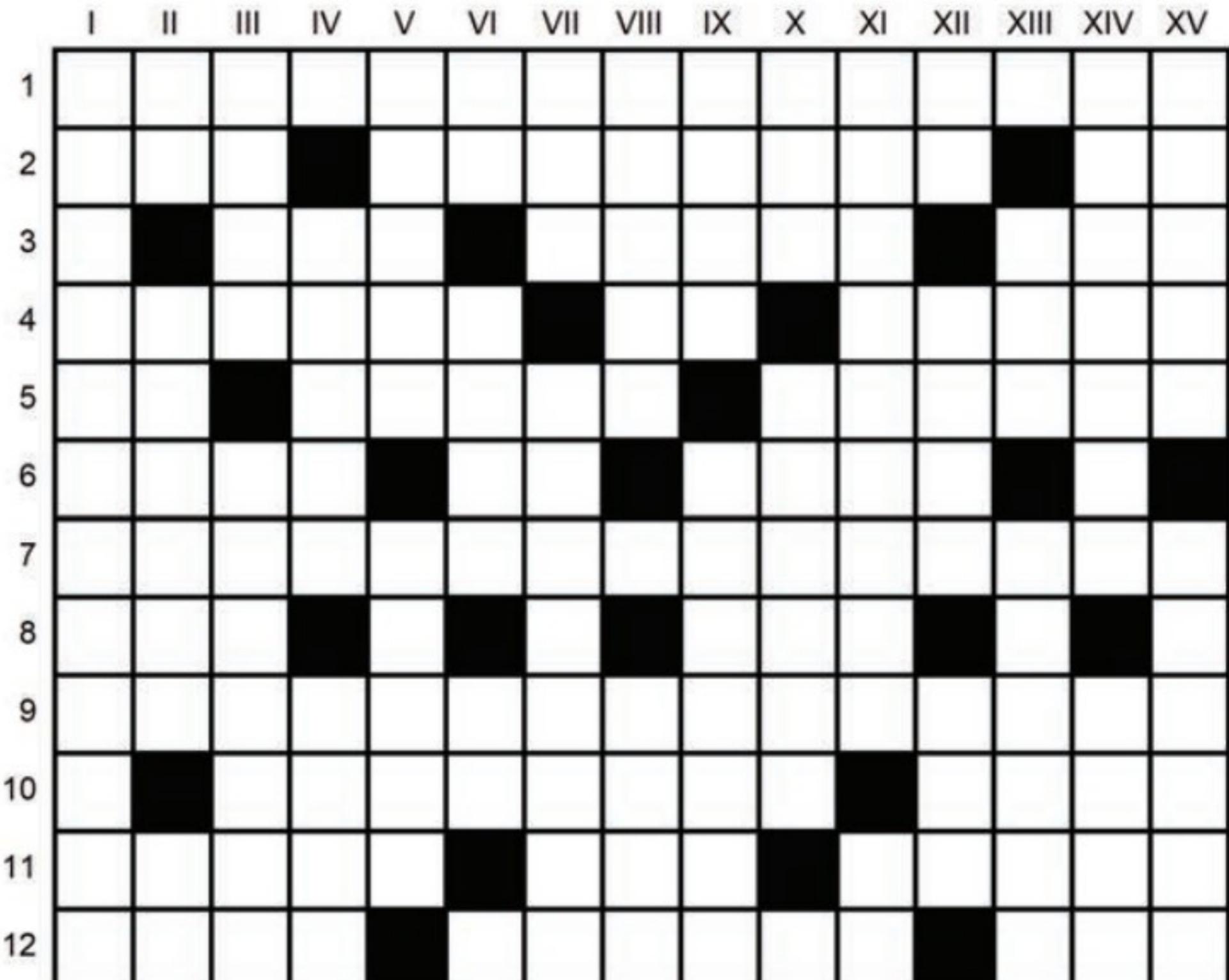


Horizontalement.

1. Technologie du PlayStation Spectral Super Resolution, PSSR pour les intimes. 2. Accélération matérielle de CPU. Parcourir la toile. Oui breton. 3. Formation universitaire. Écrit numérique. Travail rapide. 4. Au cœur du système d'exploitation. Petit nom du cœur de la PlayStation 2. Fit confiance à son flair. 5. Mi mineur des partitions. Plateforme d'enseignement en ligne. Mémoire à puce. 6. Partie d'Output accidentellement palindromisée (vous n'imaginez pas combien les accidents de palindromes sauvent la vie des verbicrucistes...). Le strontium dans le tableau des éléments. Onomatopée des vibrations du disque (ceux qui n'ont connu que le SSD et les films en stream ne peuvent pas connaître). 7. Plateforme de jeu ultime. 8. Touche le filet. Raque une fois sur deux. 9. Particularité technique de processeur. 10. Technologie de coussin de Razer. Prénom féminin. 11. Pris à la lettre. Pas totalement définitif. Ramassé. 12. Passage de page en page. Pot-pourri branché. Ancienne console japonaise.

Verticalement.

I. Espaces de vente en ligne. II. Point d'accès Wi-Fi. Copier le fonctionnement logiciel. Forme de pouvoir. III. Sur le fauteuil gamer deluxe (souvent pure vache synthétique. Le fauteuil pas le gamer, enfin). Réparer logiciellement. IV. Moteur de jeu. Ancien webmaster de Canard PC... inspiré d'un jeu de Valve. V. Constructeur informatique. Activation d'écran tactile. VI. Symbole du sodium. Après le mailing groupé. Petit térapela. VII. Dans un monde persistant de CCP. Famille d'araignées. VIII. Empilés comme des lits. Sigle de fin de démonstration. IX. Partie de Méditerranée. Suggestion de présentation numérique. X. Préposition. A les dents qui rayent le manger.



* Warning ! Cette grille contient une non-lettre.

XI. Changer de face. La fin d'un moteur physique. XII. À la fin des noms de domaine nauruans. Toute dernière forme de mémoire vive. Oreille d'outre-Manche. XIII. Pronom autre-personnel. Jeu vidéo quarantenaire (non, pas "Star Citizen"). XIV. Nom japonais du pokémon Chaglam (c'est un chat. Je sais bien, ça ne vous avance absolument pas. Sauf toi, là, grand passionné de Pokémon devant l'éternel. Merci de venir aider le reste de nos lecteurs). Vieux patriarche. XV. Géants de l'Internet qui ne se sont pas encore mangés, mais qui ont déjà les dents de l'autre côté du plancher. Périphérique VR.

CANARD PC HARDWARE



Canard PC Hardware
trimestriel,
paraît tous les 3 mois.
Est édité par
Presse Non-Stop SAS au
capital de 86 400 euros.
Immatriculée au RCS
de Nanterre sous le
n° 450 482 872.

Siège social :
24-26 avenue Vladimir Ilich
Lénine - 94110 Arcueil

Président :
Ivan Gaudé

Associés :
Jérôme Darnaudet,
Ivan Gaudé,
Pascal Hendrickx, Olivier
Peron et Michael Sarfati

Adresse de la rédaction :
Presse Non-Stop / Canard PC
24-26 avenue Vladimir Ilich
Lénine - 94110 Arcueil

Presse Non-Stop
Tél : 01 84 25 40 80
Assistant : François Provost
francois@canardpc.com

Abonnements :
abonnements@canardpc.com
Courrier des lecteurs :
courrier@canardpc.com

Ancien directeur :
Jérôme Darnaudet
Directeur de la publication :
Ivan Gaudé
Direction artistique :
Jean-Ludovic Vignon

CPC Hardware
Rédacteur en chef :
Florian Agez

Premier rédacteur graphique :
Thomas Rainfroy
Secrétaire de rédaction
verbicruciste calembouriste :
Sonia Jensen

Ont participé à ce numéro :

Rédacteurs : Florian Agez,
Ambroise Garel, Joël Sanchez
et Guillaume Tutundjian

Publicité

Denis : denis@canardpc.com
Tél : 01 84 25 40 79

Impression
Imprimé en France
Fabriqué en France

par : Aubin Imprimeur



Diffusion : Messageries
lyonnaises de presse

Commission paritaire :
0625 K 90441
ISSN : N° 2264-4202
Tous droits réservés
N° 63 - prix unitaire : 7,90 €

Date de parution :
20 décembre 2024

Dépôt légal à parution

Les indications de prix et d'adresses données dans les pages rédactionnelles du magazine le sont à titre informatif, sans but publicitaire. Ce magazine ne transmet pas les vibrations, sauf peut-être quand vous êtes tremblant à la lecture d'une pratique commerciale scandaleuse d'une entreprise, ceci bien sûr afin de faciliter l'immersion dans nos textes.

SOLUTIONS : Horizontalement : 1. Machine learning, 2. API, 3. Navigation, 4. Text, 5. Odora, 6. CUDIMM, 7. PlayStation 5 Pro, 8. Liquid, 9. Architecture CPU, 10. Hapticique, 11. Épingle, 12. Surface, 13. Navicule, 14. Karmel, 15. Virtuel, 16. Returner, 17. Emul, 18. Cogic, 19. Pac-man, 20. GAFAM, 21. Oculis, 22. VR, 23. Tapis, 24. Text, 25. Emul, 26. DFI, 27. Trappu, 28. Lits, 29. Arachide, 30. Egue, 31. CQFD, 32. Médié, 33. NES, 34. Marketplaces, 35. I. 36. DDR5, 37. Cuit, 38. Patcher, 39. Unit, 40. Hallé, 41. Swipe, 42. API, 43. Na, 44. Ist, 45. Etre, 46. Arachide, 47. Trappu, 48. Lits, 49. Cogic, 50. Pac-man, 51. GAFAM, 52. Oculis, 53. VR, 54. Tapis, 55. Text, 56. Emul, 57. DFI, 58. Médié, 59. NES, 60. Marketplaces, 61. I, 62. DDR5, 63. Cuit, 64. Patcher, 65. Unit, 66. Hallé, 67. Swipe, 68. API, 69. Na, 70. Ist, 71. Etre, 72. Arachide, 73. Trappu, 74. Lits, 75. Cogic, 76. Pac-man, 77. GAFAM, 78. Oculis, 79. VR, 80. Tapis, 81. Text, 82. Emul, 83. DFI, 84. Médié, 85. NES, 86. Marketplaces, 87. I, 88. DDR5, 89. Cuit, 90. Patcher, 91. Unit, 92. Hallé, 93. Swipe, 94. API, 95. Na, 96. Ist, 97. Etre, 98. Arachide, 99. Trappu, 100. Lits, 101. Cogic, 102. Pac-man, 103. GAFAM, 104. Oculis, 105. VR, 106. Tapis, 107. Text, 108. Emul, 109. DFI, 110. Médié, 111. NES, 112. Marketplaces, 113. I, 114. DDR5, 115. Cuit, 116. Patcher, 117. Unit, 118. Hallé, 119. Swipe, 120. API, 121. Na, 122. Ist, 123. Etre, 124. Arachide, 125. Trappu, 126. Lits, 127. Cogic, 128. Pac-man, 129. GAFAM, 130. Oculis, 131. VR, 132. Tapis, 133. Text, 134. Emul, 135. DFI, 136. Médié, 137. NES, 138. Marketplaces, 139. I, 140. DDR5, 141. Cuit, 142. Patcher, 143. Unit, 144. Hallé, 145. Swipe, 146. API, 147. Na, 148. Ist, 149. Etre, 150. Arachide, 151. Trappu, 152. Lits, 153. Cogic, 154. Pac-man, 155. GAFAM, 156. Oculis, 157. VR, 158. Tapis, 159. Text, 160. Emul, 161. DFI, 162. Médié, 163. NES, 164. Marketplaces, 165. I, 166. DDR5, 167. Cuit, 168. Patcher, 169. Unit, 170. Hallé, 171. Swipe, 172. API, 173. Na, 174. Ist, 175. Etre, 176. Arachide, 177. Trappu, 178. Lits, 179. Cogic, 180. Pac-man, 181. GAFAM, 182. Oculis, 183. VR, 184. Tapis, 185. Text, 186. Emul, 187. DFI, 188. Médié, 189. NES, 190. Marketplaces, 191. I, 192. DDR5, 193. Cuit, 194. Patcher, 195. Unit, 196. Hallé, 197. Swipe, 198. API, 199. Na, 200. Ist, 201. Etre, 202. Arachide, 203. Trappu, 204. Lits, 205. Cogic, 206. Pac-man, 207. GAFAM, 208. Oculis, 209. VR, 210. Tapis, 211. Text, 212. Emul, 213. DFI, 214. Médié, 215. NES, 216. Marketplaces, 217. I, 218. DDR5, 219. Cuit, 220. Patcher, 221. Unit, 222. Hallé, 223. Swipe, 224. API, 225. Na, 226. Ist, 227. Etre, 228. Arachide, 229. Trappu, 230. Lits, 231. Cogic, 232. Pac-man, 233. GAFAM, 234. Oculis, 235. VR, 236. Tapis, 237. Text, 238. Emul, 239. DFI, 240. Médié, 241. NES, 242. Marketplaces, 243. I, 244. DDR5, 245. Cuit, 246. Patcher, 247. Unit, 248. Hallé, 249. Swipe, 250. API, 251. Na, 252. Ist, 253. Etre, 254. Arachide, 255. Trappu, 256. Lits, 257. Cogic, 258. Pac-man, 259. GAFAM, 260. Oculis, 261. VR, 262. Tapis, 263. Text, 264. Emul, 265. DFI, 266. Médié, 267. NES, 268. Marketplaces, 269. I, 270. DDR5, 271. Cuit, 272. Patcher, 273. Unit, 274. Hallé, 275. Swipe, 276. API, 277. Na, 278. Ist, 279. Etre, 280. Arachide, 281. Trappu, 282. Lits, 283. Cogic, 284. Pac-man, 285. GAFAM, 286. Oculis, 287. VR, 288. Tapis, 289. Text, 290. Emul, 291. DFI, 292. Médié, 293. NES, 294. Marketplaces, 295. I, 296. DDR5, 297. Cuit, 298. Patcher, 299. Unit, 300. Hallé, 301. Swipe, 302. API, 303. Na, 304. Ist, 305. Etre, 306. Arachide, 307. Trappu, 308. Lits, 309. Cogic, 310. Pac-man, 311. GAFAM, 312. Oculis, 313. VR, 314. Tapis, 315. Text, 316. Emul, 317. DFI, 318. Médié, 319. NES, 320. Marketplaces, 321. I, 322. DDR5, 323. Cuit, 324. Patcher, 325. Unit, 326. Hallé, 327. Swipe, 328. API, 329. Na, 330. Ist, 331. Etre, 332. Arachide, 333. Trappu, 334. Lits, 335. Cogic, 336. Pac-man, 337. GAFAM, 338. Oculis, 339. VR, 340. Tapis, 341. Text, 342. Emul, 343. DFI, 344. Médié, 345. NES, 346. Marketplaces, 347. I, 348. DDR5, 349. Cuit, 350. Patcher, 351. Unit, 352. Hallé, 353. Swipe, 354. API, 355. Na, 356. Ist, 357. Etre, 358. Arachide, 359. Trappu, 360. Lits, 361. Cogic, 362. Pac-man, 363. GAFAM, 364. Oculis, 365. VR, 366. Tapis, 367. Text, 368. Emul, 369. DFI, 370. Médié, 371. NES, 372. Marketplaces, 373. I, 374. DDR5, 375. Cuit, 376. Patcher, 377. Unit, 378. Hallé, 379. Swipe, 380. API, 381. Na, 382. Ist, 383. Etre, 384. Arachide, 385. Trappu, 386. Lits, 387. Cogic, 388. Pac-man, 389. GAFAM, 390. Oculis, 391. VR, 392. Tapis, 393. Text, 394. Emul, 395. DFI, 396. Médié, 397. NES, 398. Marketplaces, 399. I, 400. DDR5, 401. Cuit, 402. Patcher, 403. Unit, 404. Hallé, 405. Swipe, 406. API, 407. Na, 408. Ist, 409. Etre, 410. Arachide, 411. Trappu, 412. Lits, 413. Cogic, 414. Pac-man, 415. GAFAM, 416. Oculis, 417. VR, 418. Tapis, 419. Text, 420. Emul, 421. DFI, 422. Médié, 423. NES, 424. Marketplaces, 425. I, 426. DDR5, 427. Cuit, 428. Patcher, 429. Unit, 430. Hallé, 431. Swipe, 432. API, 433. Na, 434. Ist, 435. Etre, 436. Arachide, 437. Trappu, 438. Lits, 439. Cogic, 440. Pac-man, 441. GAFAM, 442. Oculis, 443. VR, 444. Tapis, 445. Text, 446. Emul, 447. DFI, 448. Médié, 449. NES, 450. Marketplaces, 451. I, 452. DDR5, 453. Cuit, 454. Patcher, 455. Unit, 456. Hallé, 457. Swipe, 458. API, 459. Na, 460. Ist, 461. Etre, 462. Arachide, 463. Trappu, 464. Lits, 465. Cogic, 466. Pac-man, 467. GAFAM, 468. Oculis, 469. VR, 470. Tapis, 471. Text, 472. Emul, 473. DFI, 474. Médié, 475. NES, 476. Marketplaces, 477. I, 478. DDR5, 479. Cuit, 480. Patcher, 481. Unit, 482. Hallé, 483. Swipe, 484. API, 485. Na, 486. Ist, 487. Etre, 488. Arachide, 489. Trappu, 490. Lits, 491. Cogic, 492. Pac-man, 493. GAFAM, 494. Oculis, 495. VR, 496. Tapis, 497. Text, 498. Emul, 499. DFI, 500. Médié, 501. NES, 502. Marketplaces, 503. I, 504. DDR5, 505. Cuit, 506. Patcher, 507. Unit, 508. Hallé, 509. Swipe, 510. API, 511. Na, 512. Ist, 513. Etre, 514. Arachide, 515. Trappu, 516. Lits, 517. Cogic, 518. Pac-man, 519. GAFAM, 520. Oculis, 521. VR, 522. Tapis, 523. Text, 524. Emul, 525. DFI, 526. Médié, 527. NES, 528. Marketplaces, 529. I, 530. DDR5, 531. Cuit, 532. Patcher, 533. Unit, 534. Hallé, 535. Swipe, 536. API, 537. Na, 538. Ist, 539. Etre, 540. Arachide, 541. Trappu, 542. Lits, 543. Cogic, 544. Pac-man, 545. GAFAM, 546. Oculis, 547. VR, 548. Tapis, 549. Text, 550. Emul, 551. DFI, 552. Médié, 553. NES, 554. Marketplaces, 555. I, 556. DDR5, 557. Cuit, 558. Patcher, 559. Unit, 560. Hallé, 561. Swipe, 562. API, 563. Na, 564. Ist, 565. Etre, 566. Arachide, 567. Trappu, 568. Lits, 569. Cogic, 570. Pac-man, 571. GAFAM, 572. Oculis, 573. VR, 574. Tapis, 575. Text, 576. Emul, 577. DFI, 578. Médié, 579. NES, 580. Marketplaces, 581. I, 582. DDR5, 583. Cuit, 584. Patcher, 585. Unit, 586. Hallé, 587. Swipe, 588. API, 589. Na, 590. Ist, 591. Etre, 592. Arachide, 593. Trappu, 594. Lits, 595. Cogic, 596. Pac-man, 597. GAFAM, 598. Oculis, 599. VR, 600. Tapis, 601. Text, 602. Emul, 603. DFI, 604. Médié, 605. NES, 606. Marketplaces, 607. I, 608. DDR5, 609. Cuit, 610. Patcher, 611. Unit, 612. Hallé, 613. Swipe, 614. API, 615. Na, 616. Ist, 617. Etre, 618. Arachide, 619. Trappu, 620. Lits, 621. Cogic, 622. Pac-man, 623. GAFAM, 624. Oculis, 625. VR, 626. Tapis, 627. Text, 628. Emul, 629. DFI, 630. Médié, 631. NES, 632. Marketplaces, 633. I, 634. DDR5, 635. Cuit, 636. Patcher, 637. Unit, 638. Hallé, 639. Swipe, 640. API, 641. Na, 642. Ist, 643. Etre, 644. Arachide, 645. Trappu, 646. Lits, 647. Cogic, 648. Pac-man, 649. GAFAM, 650. Oculis, 651. VR, 652. Tapis, 653. Text, 654. Emul, 655. DFI, 656. Médié, 657. NES, 658. Marketplaces, 659. I, 660. DDR5, 661. Cuit, 662. Patcher, 663. Unit, 664. Hallé, 665. Swipe, 666. API,



Tous ensemble nous avons
le pouvoir de changer des vies !

Le Petit Prince® © Succession Antoine de Saint-Exupéry - 2024



Le Sac à Sapin finance à hauteur de 2€
les missions humanitaires de Handicap International.

Le Petit
Prince®

- > APPAREILLAGE
- > DÉMINAGE
- > PROTHÈSE
- > RÉÉDUCATION
- > INCLUSION
- > INTERVENTION D'URGENCE



Retrouvez nos produits
et de nombreuses idées cadeaux sur :
boutique.handicap-international.fr

msi

STALKER 2
HEART OF CHORNOBYL

