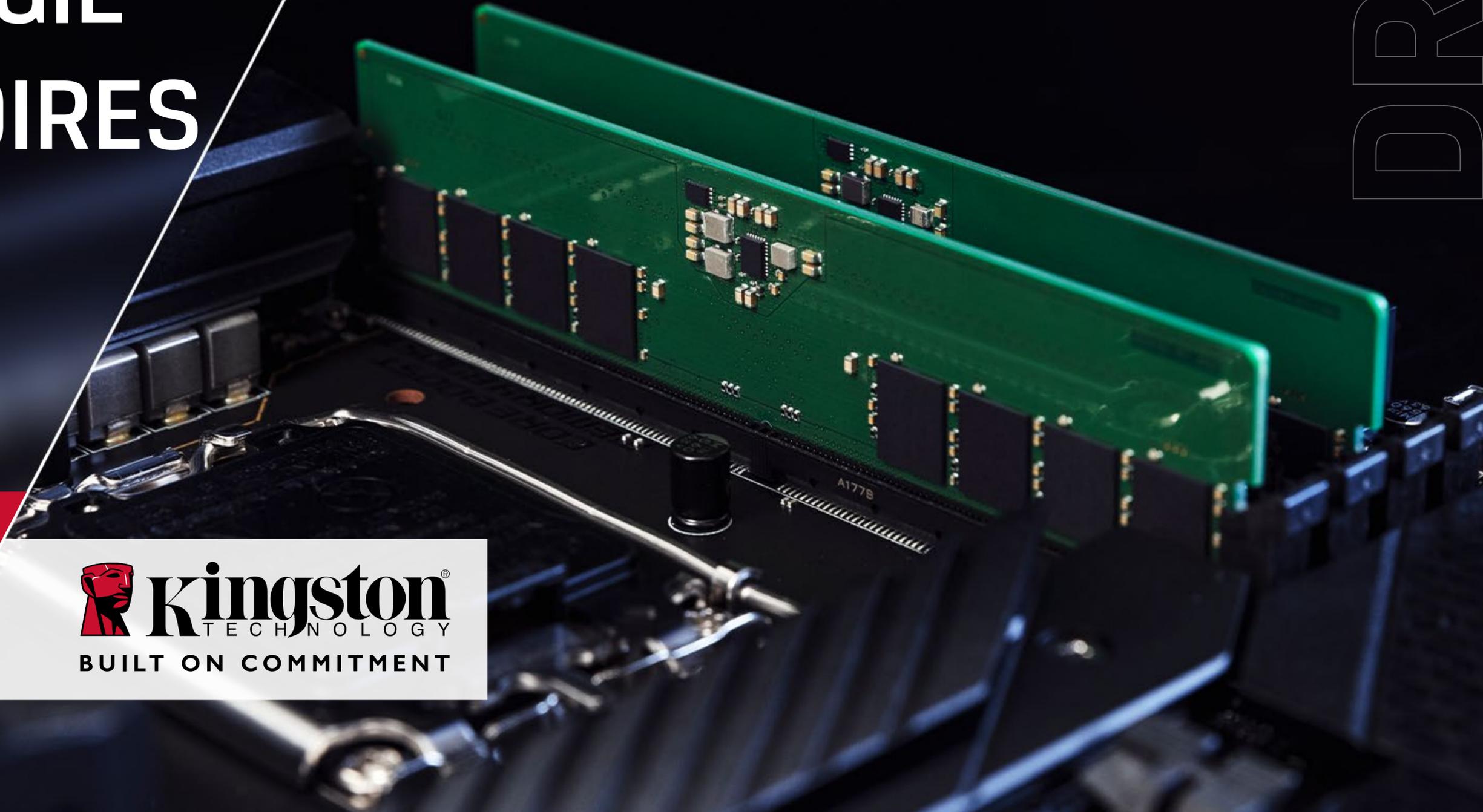


# ÉVOLUTION DE LA TECHNOLOGIE DES MÉMOIRES

DRAW



**Kingston**<sup>®</sup>  
TECHNOLOGY  
BUILT ON COMMITMENT

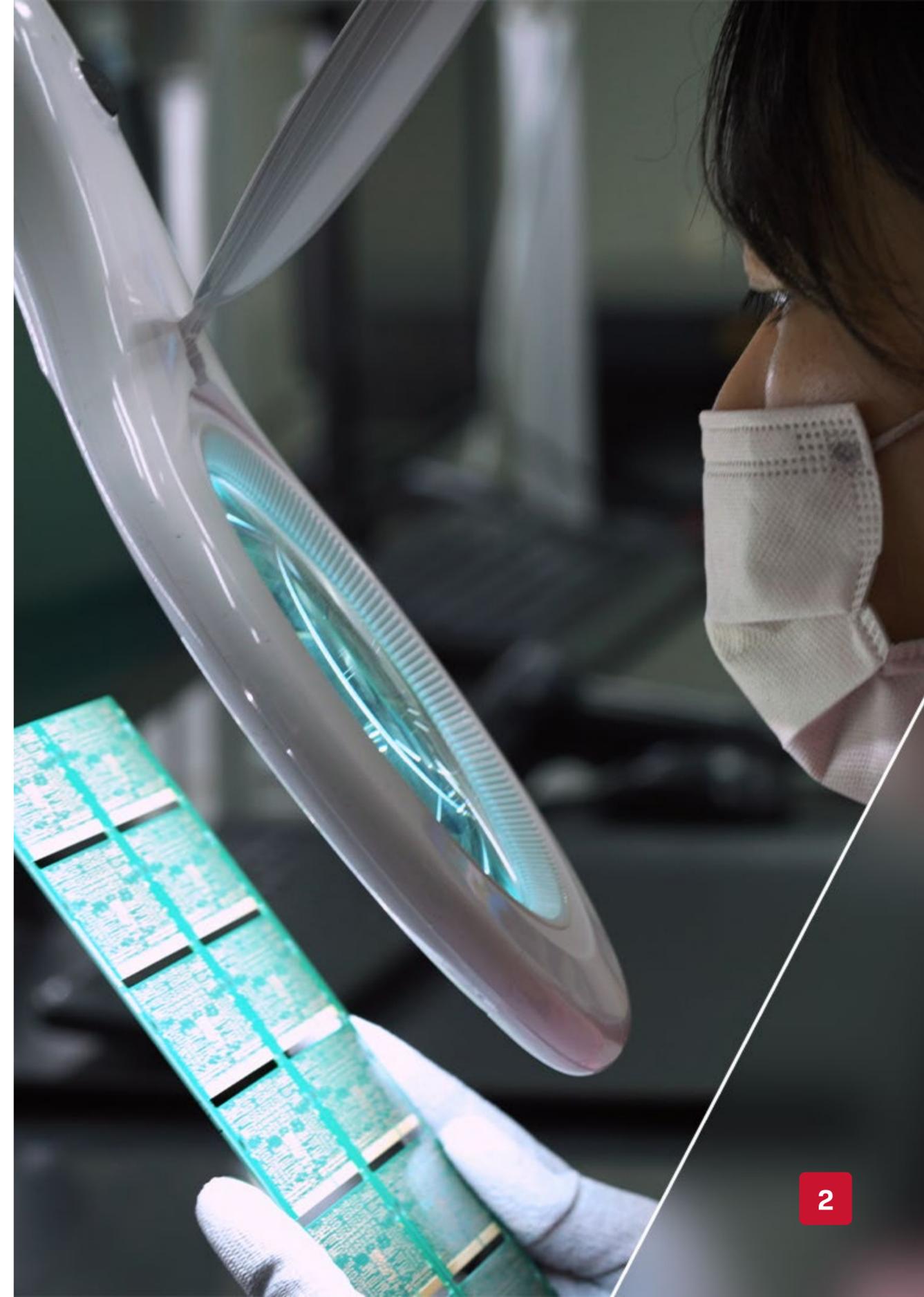


# Avant-propos et contenu

L'évolution de la mémoire vive dynamique (DRAM), du mode Fast-Page (FPM) au mode synchrone (SDRAM) en passant par le double débit (SDRAM DDR), aujourd'hui dans sa cinquième génération (DDR5), représente une progression significative de la technologie informatique, motivée par le besoin de performances plus élevées, d'une plus grande largeur de bande et d'une meilleure efficacité énergétique. Avec la vague d'applications d'intelligence artificielle, cette demande continue de croître, la DDR5 et la HBM (mémoire à large bande passante) gagnant en importance dans les datacenters et les systèmes clients. Considérée comme le cheval de bataille de la mémoire semi-conductrice, la DDR SDRAM occupe une place unique dans l'industrie grâce à sa faible consommation d'énergie et à ses performances élevées, capables de transférer rapidement les données au processeur.

Selon les experts du secteur, la DRAM n'est pas près de disparaître en tant que technologie de mémoire principale. Mais qu'est-ce qui rend ce type de mémoire si apte à répondre aux besoins des entreprises d'aujourd'hui, en termes de performances et d'architecture ? Certains types de mémoire sont-ils mieux adaptés aux serveurs qu'aux ordinateurs de bureau ? Comment la technologie évolue-t-elle et quels sont les défis et les cas d'utilisation typiques ? Cet eBook répondra à ces questions et se penchera sur l'avenir de la DRAM, avec l'aide d'experts techniques de Kingston.

Sommaire	Pages
Contributeurs	3
Évolution de la DRAM : du FPM à la DDR5 SDRAM	4
Types de DRAM et principales différences	5
Importance de la latence et de la vitesse	6
Cas d'utilisation typiques et impact sur la charge de travail	7
Problèmes de compatibilité de la DRAM et considérations relatives à la mise à niveau	8 - 9
Surmonter les défis de la fabrication de la DRAM	10
Développement de la DRAM : influence des tendances du marché	11
Avenir de la technologie DRAM	12
Synthèse	13



# Contributeurs

Cet eBook a été créé par deux experts de Kingston.



## Mike Mohney | Kingston Technology

Mike Mohney est directeur technologique senior chez Kingston Technology, à Fountain Valley, en Californie. Il travaille pour Kingston depuis 1996, mettant au service de l'entreprise plus de 28 ans d'expérience.

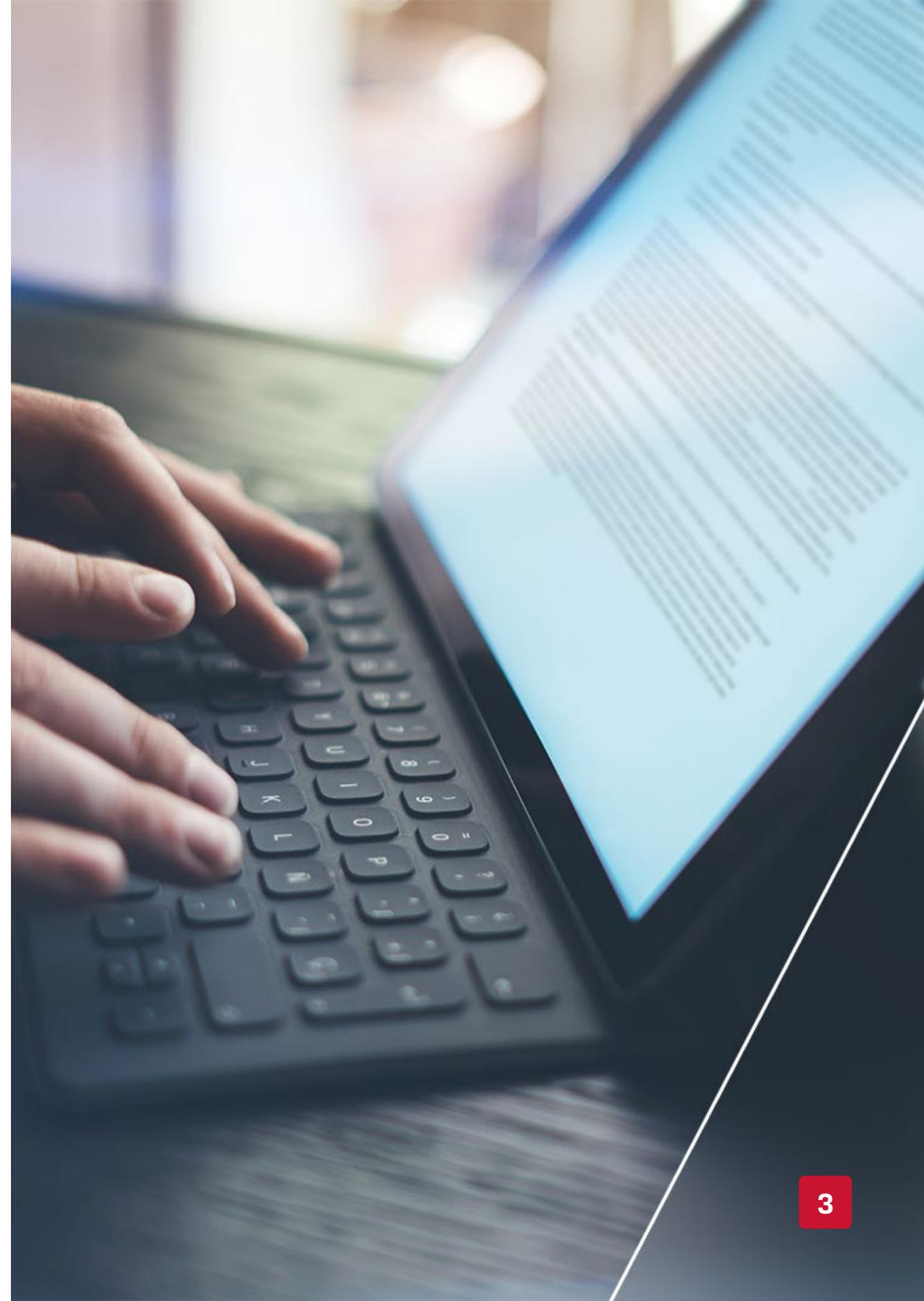
Dans le cadre de ses fonctions, Mike a joué un rôle déterminant dans la gestion et l'avancement des initiatives technologiques de Kingston, en particulier dans le secteur des DRAM et des solutions de mémoire. Son expertise et son leadership ont contribué de manière significative à la position de Kingston en tant que leader des fabricants tiers de solutions DRAM.

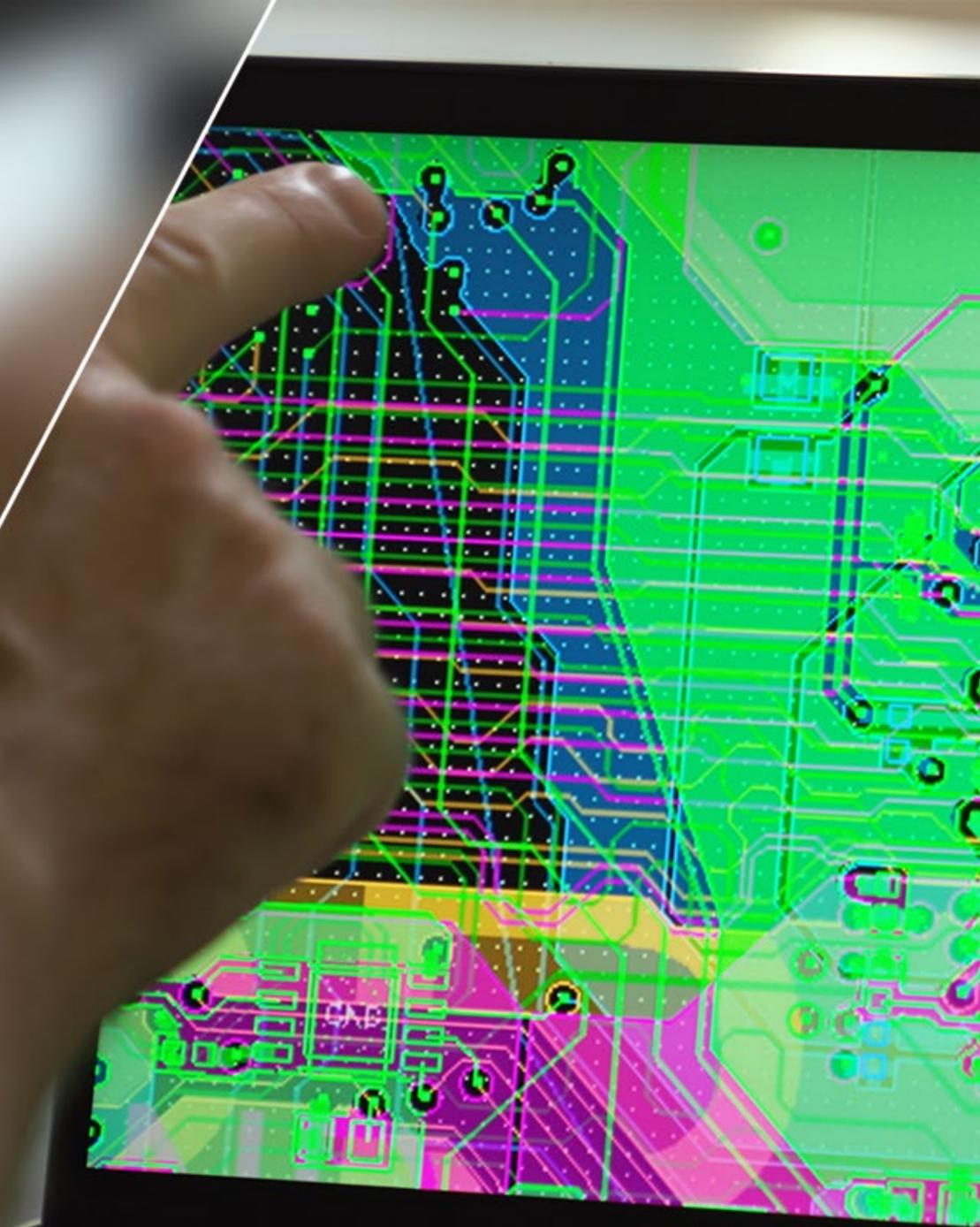


## Geoffrey Petit | Kingston Technology Europe

Geoffrey Petit est le chef d'équipe du groupe des ressources techniques chez Kingston Technology Europe. Il a rejoint Kingston en 2016 en tant qu'ingénieur du support technique, pour assurer l'assistance technique après-vente aux clients basés dans la région EMEA, dispenser des formations techniques à ses collègues et aux nouveaux employés, et tester de nouveaux produits.

Geoffrey et son équipe sont chargés de fournir une assistance technique aux clients et de répondre aux questions avant-vente des directeurs commerciaux, du marketing, de l'équipe de vente interne, des clients et du personnel clé.





## Évolution de la DRAM : du FPM à la DDR5

Au milieu des années 1980, la révolution du PC battait son plein avec l'introduction du processeur 80486. Les mémoires DRAM Fast Page Mode (FPM) sur SIMM (Single In-Line Memory Modules) constituaient la principale technologie de mémoire. La nécessité d'accroître les performances a conduit au développement de la DRAM EDO (Extended Data Out) au début des années 1990, suivie rapidement par la SDRAM et la DIMM (Dual In-line Memory Module), qui fonctionnent plus efficacement en s'alignant sur l'horloge du processeur et à un débit de données unique. En 2000, la première DDR (Double Data Rate) SDRAM a été lancée et a doublé le débit de données en transférant les données à la fois sur les fronts ascendants et descendants du signal d'horloge. Elle était également plus économe en énergie que son prédécesseur, puisqu'elle ne consommait que 2,5 V par module, contre 3,3 V. La DDR SDRAM a continué d'évoluer sous l'égide du JEDEC (organisme de normalisation de l'industrie), avec le lancement de la deuxième génération de DDR (DDR2) en 2003. Elle a été suivie en 2007 par la DDR3, puis en 2014 par la DDR4. Chaque génération a augmenté la vitesse et la capacité de la mémoire et abaissé la tension de fonctionnement, en tirant parti des améliorations apportées à la lithographie des tranches de semi-conducteurs et de la réduction de la taille des cellules de mémoire.

En 2021 fut lancée la DDR5 SDRAM, représentant une avancée majeure dans cette technologie. La DDR5 a commencé à 4 800 MT/s, ce qui représente une augmentation de 50 % de la bande passante par rapport à la vitesse finale de la DDR4 (3 200 MT/s). Outre la vitesse, les modules DDR5 intègrent un circuit intégré de gestion de la puissance (PMIC) qui permet de réguler la puissance requise par les différents composants du module de mémoire, ce qui assure une meilleure distribution de la puissance que les générations précédentes, améliore l'intégrité du signal et réduit le bruit. La tendance à la réduction de la consommation d'énergie s'est poursuivie, la DDR5 ne nécessitant que 1,1 V pour fonctionner. Des améliorations significatives ont également été apportées à l'intégrité

des données, telles que l'ECC (code de correction d'erreur) sur puce, qui permet de détecter et de corriger les erreurs de bits au sein du composant DRAM, réduisant ainsi la probabilité de données corrompues.



*Outre les principales améliorations en matière de performances, de consommation d'énergie et de densité, de nombreuses autres caractéristiques ont été intégrées à chaque nouvelle génération. Il s'agit notamment d'une technologie améliorée de correction des erreurs, d'améliorations de l'intégrité du signal, d'atténuations ajoutées pour prévenir les vulnérabilités de piratage du matériel, et de nouveaux formats.*

**Mike Mohny | Kingston Technology**



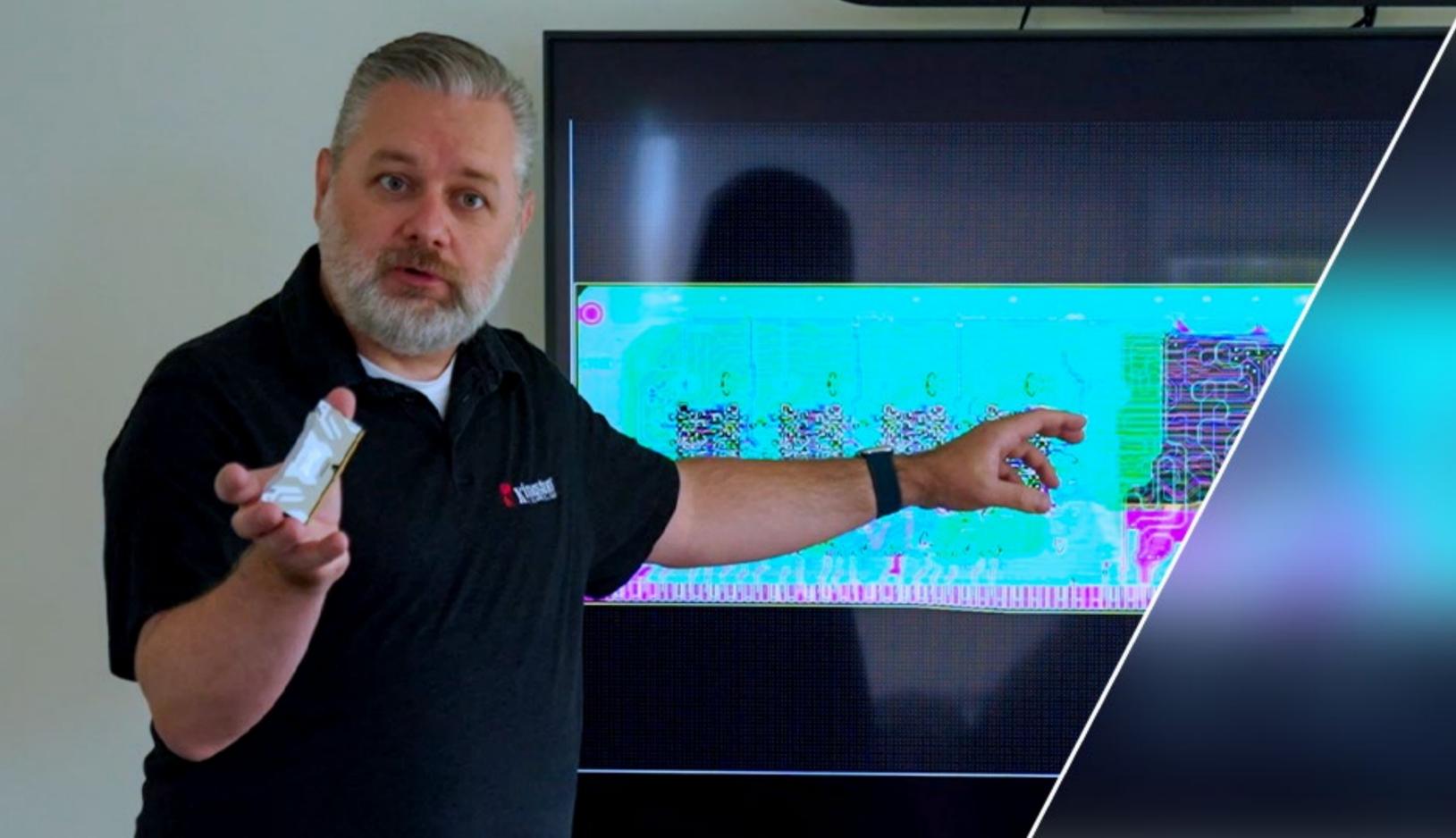
Depuis son lancement, la DDR5 a fait l'objet de quatre augmentations de vitesse planifiées, prises en charge par les plateformes Intel et AMD successives. Historiquement, les augmentations de vitesse des mémoires ont lieu une fois par an, suivant une cadence prédéterminée par les normes de l'industrie de la mémoire et assurées par de nouveaux chipsets. Le fait que la DDR5 ait sauté des paliers de vitesse est en partie dû à la concurrence des fabricants de chipsets et de processeurs, et à la demande de mémoire hautes performances pour gérer les applications gourmandes en bande passante telles que l'intelligence artificielle.



*Des densités plus élevées sont désormais possibles, permettant d'augmenter la capacité de mémoire sur un même module, ce qui est essentiel pour les serveurs et l'informatique hautes performances.*

**Geoffrey Petit | Kingston Technology Europe**





## Types de modules DRAM et principales différences

Le JEDEC (organisme de normalisation de l'industrie) ne se contente pas de définir les spécifications de la mémoire DRAM, il détermine également les formats sur lesquels la DRAM réside pour s'adapter aux différentes plateformes et divers environnements informatiques.

Les modules unbuffered, tels que les **UDIMM** et **SODIMM** sont les types de modules de mémoire les plus courants pour les ordinateurs de bureau et les ordinateurs portables grand public.

L'ajout de composants DRAM prenant en charge le code de correction d'erreur (ECC) permet aux **UDIMM ECC** et aux **SODIMM ECC** de prendre en charge les stations de travail grand public. Ils prennent en charge l'intégrité des données critique pour les applications à forte intensité de mémoire.

Pour les serveurs mono ou multiprocesseurs, les modules **DIMM Registered ECC (RDIMM)** comportent un composant de registre sur le module, qui met en mémoire tampon les données entre la DRAM et

le contrôleur mémoire. Cette caractéristique est essentielle dans les environnements où de grandes quantités de mémoire sont nécessaires et où la fiabilité des données est primordiale.

Les modules **DIMM Load Reduced (LRDIMM)** sont dotés de tampons de données qui réduisent la charge du contrôleur mémoire qui, sinon, réduirait la vitesse de la mémoire pour compenser. La technologie LRDIMM permet d'utiliser des modules de grande capacité sans sacrifier les performances. Elle a été introduite pour la première fois en 2012 pour la DDR3, puis affinée pour la DDR4 en 2014.

La technologie **LPDDR** (DDR à faible consommation) est apparue sur le marché en 2006 comme solution pour les appareils mobiles afin d'économiser l'énergie de la batterie. Bien qu'elle soit généralement montée directement sur une carte système, la LPDDR5 peut également être utilisée sur le format **CAMM2** (Compression Attached Memory Module) depuis 2024, offrant ainsi une solution modulaire que les fabricants peuvent utiliser dans les ordinateurs portables ou les PC de format réduit.

Outre la DDR SDRAM, la catégorie de mémoire qui connaît la plus forte croissance est la **mémoire à large bande passante (HBM)**, développée par AMD en 2008 pour répondre à la demande croissante de mémoire hautes performances et hautes capacités pour prendre en charge les GPU à faible consommation d'énergie. La HBM utilise une interface à grande vitesse pour gérer une pile 3D de couches SDRAM au sein d'une même puce. Cela permet des accès mémoire adressables à grande échelle (128 bits+) et cible directement les cartes graphiques, la mémoire de processeur intégrée et les cartes accélératrices IA.



*La mémoire HBM a évolué par générations successives au cours de la dernière décennie afin d'augmenter la prise en charge de capacités de mémoire plus élevées : davantage de couches, des bus de données plus larges et des débits plus élevés. Cela dit, la mémoire HBM n'est actuellement pas utilisée dans les modules de mémoire, et n'est pas considérée comme une technologie alternative viable à la DRAM DDR pour faire évoluer le prix au gigaoctet.*

**Mike Mohny | Kingston Technology**



# Importance de la latence et de la vitesse

La latence et la vitesse sont deux attributs clés définis par le JEDEC (organisme de normalisation de l'industrie de la mémoire) et utilisés comme mesures de performance.



*En informatique, il existe de nombreux types d'applications qui peuvent utiliser un matériel plutôt qu'un autre pour leur charge de travail. Les applications liées à la mémoire bénéficieront de vitesses de mémoire élevées et de temps de latence réduits, contrairement à celles qui sont axées sur le stockage ou le GPU.*

**Mike Mohny | Kingston Technology**

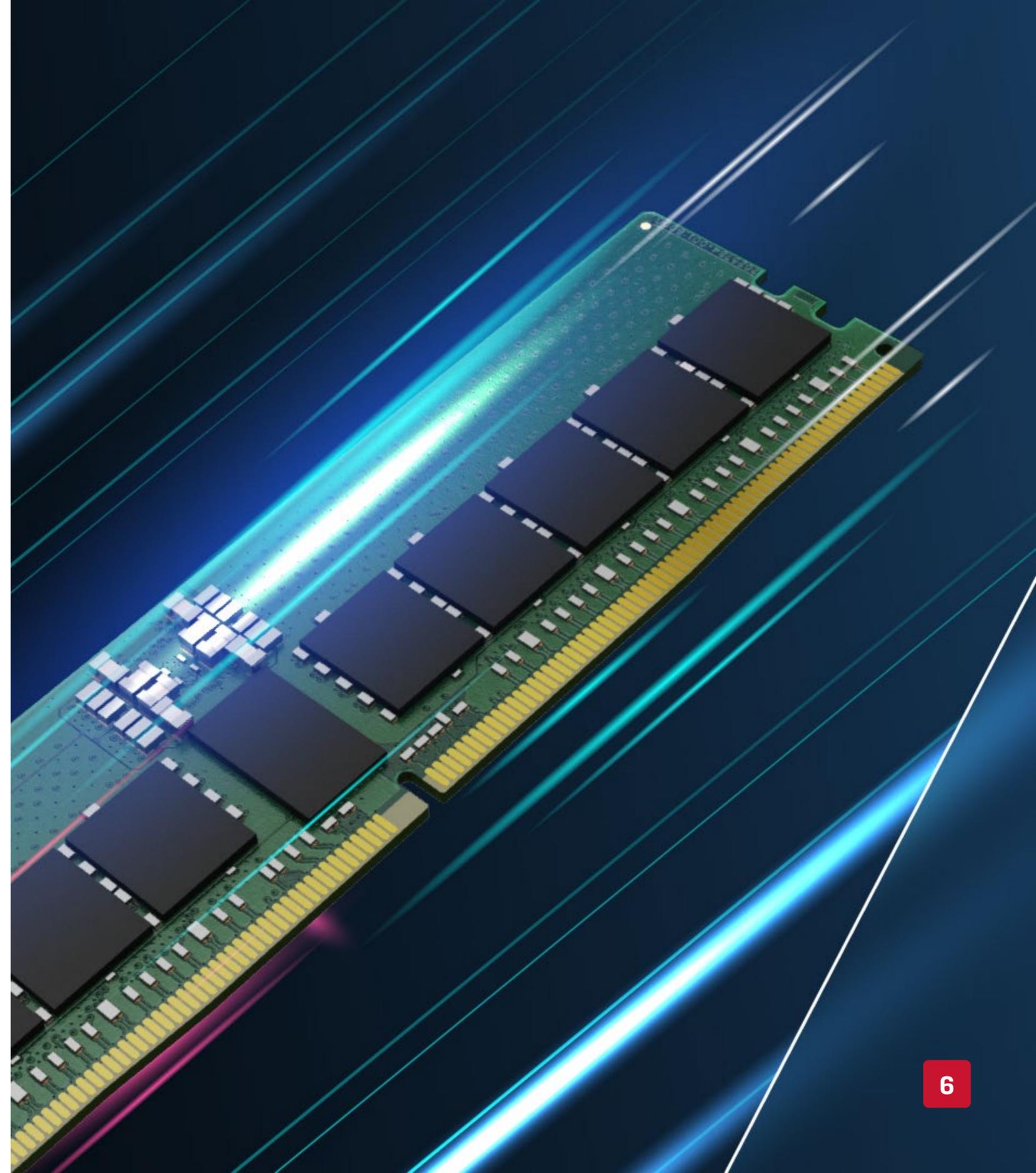


Pour chaque nouvelle technologie de mémoire, le JEDEC spécifie les vitesses et timings standard, qui sont ensuite utilisés par les fabricants de mémoire, les architectes de processeurs et de chipsets, et les fabricants de cartes mères et de systèmes pour rester en phase. L'augmentation de la vitesse des mémoires standard s'accompagne d'une augmentation des temps de latence. Ce point est souvent controversé et mal compris par les utilisateurs qui pensent que les vitesses standard plus élevées sont annulées par l'augmentation des temps de latence CAS. La latence totale est une combinaison vitesse-timing ; c'est un moyen plus précis de mesurer les performances de la mémoire en nanosecondes. Il s'agit du temps nécessaire au processeur pour recevoir les données de la mémoire.



*S'agissant de l'impact sur les tâches informatiques, la mémoire unbuffered est idéale pour les ordinateurs de bureau et les stations de travail qui ont besoin de temps de réponse rapides. La mémoire de classe serveur, comme les modules DIMM Registered et Load Reduced, excelle dans les datacenters où la stabilité, la correction des erreurs et le traitement de grands ensembles de données sont plus importants que la latence.*

**Geoffrey Petit | Kingston Technology Europe**





## Cas d'utilisation typiques et impact sur la charge de travail

Les utilisateurs finaux et les architectes de datacenter choisissent les plateformes en fonction des besoins de leurs applications et de leurs charges de travail. À son tour, la demande des applications en termes de capacité et de performances de mémoire dicte le type de modules choisis et configurés.

Dans l'industrie de la mémoire, nous distinguons les classes de composants et les formats des modules selon qu'il s'agit de clients (PC) ou de serveurs. Les systèmes de classe client englobent les ordinateurs de bureau et les ordinateurs portables qui utilisent de la mémoire non-ECC standard dans les formats DIMM unbuffered (UDIMM/CUDIMM), SODIMM/CSODIMM et CAMM2. Les systèmes de classe serveur, y compris les stations de travail de bureau et les stations de travail mobiles, utilisent des modules de mémoire prenant en charge le code de correction d'erreur (ECC).

Les appareils grand public privilégient la simplicité et la rapidité de la mémoire unbuffered. Les ordinateurs de bureau et les ordinateurs portables ne sont pas conçus pour fonctionner 24 h/24 et sont généralement éteints lorsqu'ils ne sont pas utilisés. Par ailleurs, les applications et charges de travail sur ces systèmes ne sollicitent pas les tolérances des composants de mémoire comme le font les serveurs, de sorte qu'il n'y a pas besoin de prise en charge de l'ECC.

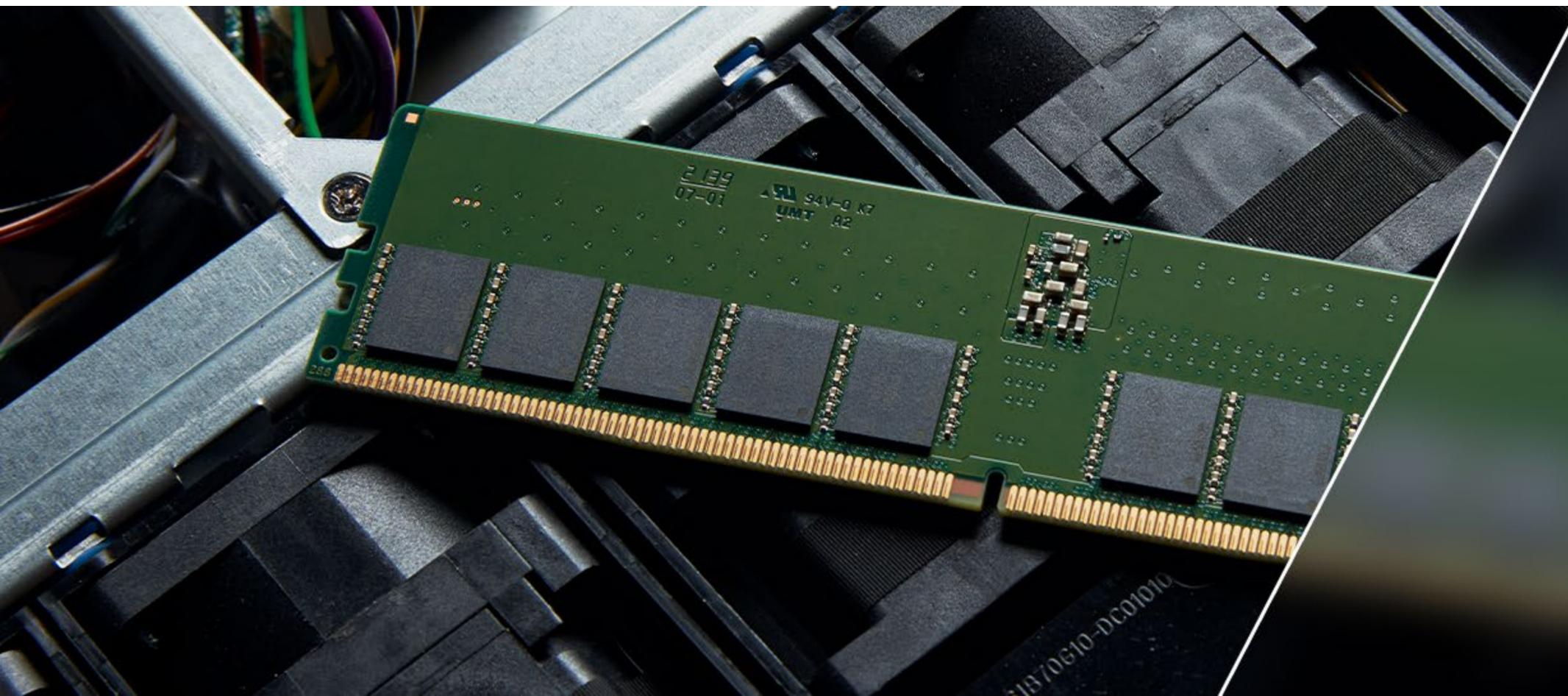
En revanche, les systèmes plus complexes tels que les serveurs et les stations de travail hautes performances, conçus pour être allumés en permanence, bénéficient de la stabilité et de la fiabilité accrues offertes par les modules ECC Registered (RDIMM) et les modules DIMM Load Reduced (LRDIMM). Les modules de classe ECC prennent en charge la correction des erreurs pour les données corrompues, ce qui évite au serveur de tomber en panne ou de perdre des informations critiques. Ces modules comportent également des composants DRAM de meilleure qualité, testés selon des tolérances plus élevées et avec des taux de défaillance plus faibles.

# Problèmes de compatibilité de la DRAM et considérations relatives à la mise à niveau

Outre les considérations relatives aux cas d'utilisation, aux applications et aux charges de travail, on ne saurait trop insister sur l'importance de la réputation de la marque lors de l'évaluation des options de mémoire. En général, les fabricants de mémoires rencontrent moins de problèmes de compatibilité s'ils investissent dans des infrastructures de test pour valider leurs conceptions de mémoires avec les architectes de chipsets (comme Intel et AMD) et pour travailler avec les fabricants de cartes mères et de systèmes afin de procéder à la qualification de leurs mémoires. Il existe un solide écosystème de contrôles et d'équilibres entre Intel, AMD, les fabricants de cartes mères, les grandes marques de systèmes et les fabricants de mémoires. Mais tous les fournisseurs de modules de mémoire n'y participent pas.

L'installation de DRAM incompatibles peut empêcher le démarrage d'un système. Lors de la mise à niveau ou du remplacement de la mémoire, consultez toujours le manuel de la carte mère ou le site web du fabricant avant d'acheter de la nouvelle mémoire et tenez compte des éléments suivants :

1. **Prise en charge de la carte mère** : vérifiez quelle technologie de mémoire spécifique et quel type de module la carte mère prend en charge (par exemple, DDR4, DDR5, RDIMM ou UDIMM).
2. **Vitesse** : sélectionnez une mémoire ayant une vitesse égale ou supérieure à celle de la DRAM actuelle pour éviter les problèmes de performances. Au sein d'une même génération DDR, les vitesses sont généralement rétrocompatibles. Ainsi, un module standard à 3 200 MT/s pourra réduire sa vitesse en toute sécurité pour fonctionner sur des systèmes qui requièrent 2 666 MT/s.
3. **Capacité** : choisissez des modules à installer par paires ou groupes identiques, en fonction de l'architecture de la carte mère, et essayez toujours de surprovisionner la capacité pour tenir compte des besoins futurs en mémoire.
4. **Mélange de modules DRAM** : le mélange de différents types de DRAM (largeur, densité, marque) au sein de paires ou de groupes peut entraîner une instabilité. L'installation de paires ou de groupes de modules identiques conformément à l'architecture mémoire de la carte mère réduit les risques de problèmes.
5. **Correction d'erreurs** : si vous installez des modules ECC unbuffered dans une station de travail client ou grand public, assurez-vous que la carte mère et le modèle de processeur prennent en charge la fonction ECC.



« Par exemple, les modules DDR4 RDIMM et LRDIMM utilisent la même clé de module (encoche) que les modules DIMM Unbuffered. Lorsqu'ils sont branchés sur un système de bureau, les RDIMM et les LRDIMM ne fonctionnent pas. La largeur et la densité des composants DRAM peuvent également affecter la compatibilité, certains chipsets ne fonctionnant pas avec des largeurs DRAM spécifiques ou des densités élevées.

Geoffrey Petit | Kingston Technology Europe

# Problèmes de compatibilité de la DRAM et considérations relatives à la mise à niveau

L'industrie de la mémoire est en perpétuel mouvement, concevant les exigences de la prochaine génération tout en gardant à l'esprit les besoins des ordinateurs d'aujourd'hui et d'hier. Il est donc essentiel que les fabricants de modules de mémoire conservent des archives complètes sur les plateformes informatiques remontant à plusieurs générations.



*Le test de nouveaux composants de mémoire sur des systèmes plus anciens, également appelé test de régression, est une étape très importante que certains fabricants de modules de mémoire omettent pour réduire les coûts. Cette étape révèle souvent des problèmes de compatibilité.*

**Mike Mohny | Kingston Technology**



Pour éviter les problèmes, il est également essentiel de maintenir une base de données complète sur la compatibilité des systèmes. Kingston est l'un des seuls fournisseurs de modules de mémoire au monde à gérer activement une base de données de plus de 40 000 systèmes informatiques. Les ingénieurs de Kingston sont donc en mesure de communiquer avec plus de précision les options de mise à niveau de mémoire compatibles avec les milliers de modèles d'ordinateurs actuels et anciens présents sur le marché mondial. Les nuances entre les chipsets et les générations de processeurs d'Intel et d'AMD sont souvent, et parfois volontairement, dissimulées aux utilisateurs. L'objectif de Kingston est de partager les informations techniques nécessaires pour permettre aux utilisateurs de choisir la meilleure option, la plus compatible, pour leur ordinateur.



*Les problèmes de compatibilité peuvent survenir lorsque les composants n'ont pas été vérifiés ou optimisés avec un chipset ou un BIOS. L'utilisation de configurations DRAM ou de types de modules non pris en charge dans un système peut également être à l'origine de problèmes de compatibilité courants.*

**Geoffrey Petit | Kingston Technology Europe**



# Surmonter les défis de la fabrication de la DRAM

Si la compatibilité peut être un problème si elle n'est pas correctement traitée, elle n'est pas le seul défi. La complexité de la conception, la précision de l'assemblage et le contrôle de la qualité sont autant de facteurs qui constituent les principaux défis de la fabrication des DRAM. En tant que leader des fabricants de modules DRAM tiers, Kingston se distingue par sa gestion de ces défis. Cependant, à chaque défi sa propre solution :

Commençons donc par la manière dont nous concevons nos solutions mémoire.

- » **Complexité de la conception** : chaque type de module DRAM que nous concevons présente des caractéristiques uniques (qu'il s'agisse de DDR4 ou de DDR5, de mémoire unbuffered ou de mémoire registered, et bien d'autres encore), ce qui ajoute de la complexité à la conception. Cela nécessite une ingénierie avancée et une intégration précise pour garantir la fiabilité et les performances.
- » **Solution** : pour résoudre ce problème, nous utilisons des logiciels de conception spécialisés et des protocoles de test rigoureux pour garantir que chaque type de mémoire fonctionne comme prévu, sans erreur.

Nous travaillons ensuite avec les principaux semi-conducteurs DRAM.

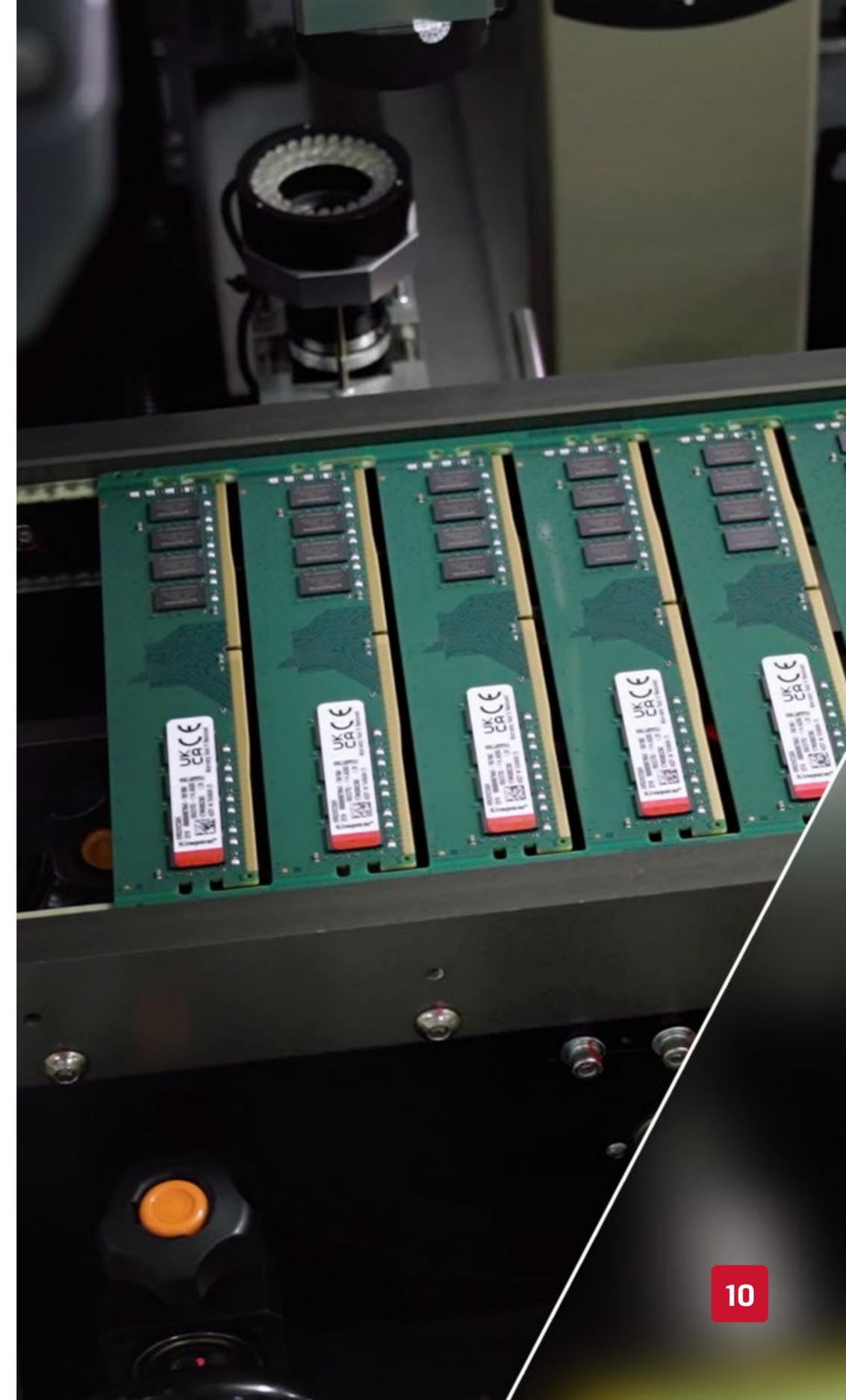
- » **Précision de fabrication** : les puces DRAM sont produites par des semi-conducteurs selon des processus à l'échelle nanométrique, où des variations même infimes peuvent entraîner des défauts, affectant le rendement et les performances.
- » **Solution** : Kingston travaille exclusivement avec des semi-conducteurs qui peuvent garantir des niveaux élevés de performances et de fiabilité. Ces semi-conducteurs utilisent des techniques de lithographie de pointe et des salles blanches pour

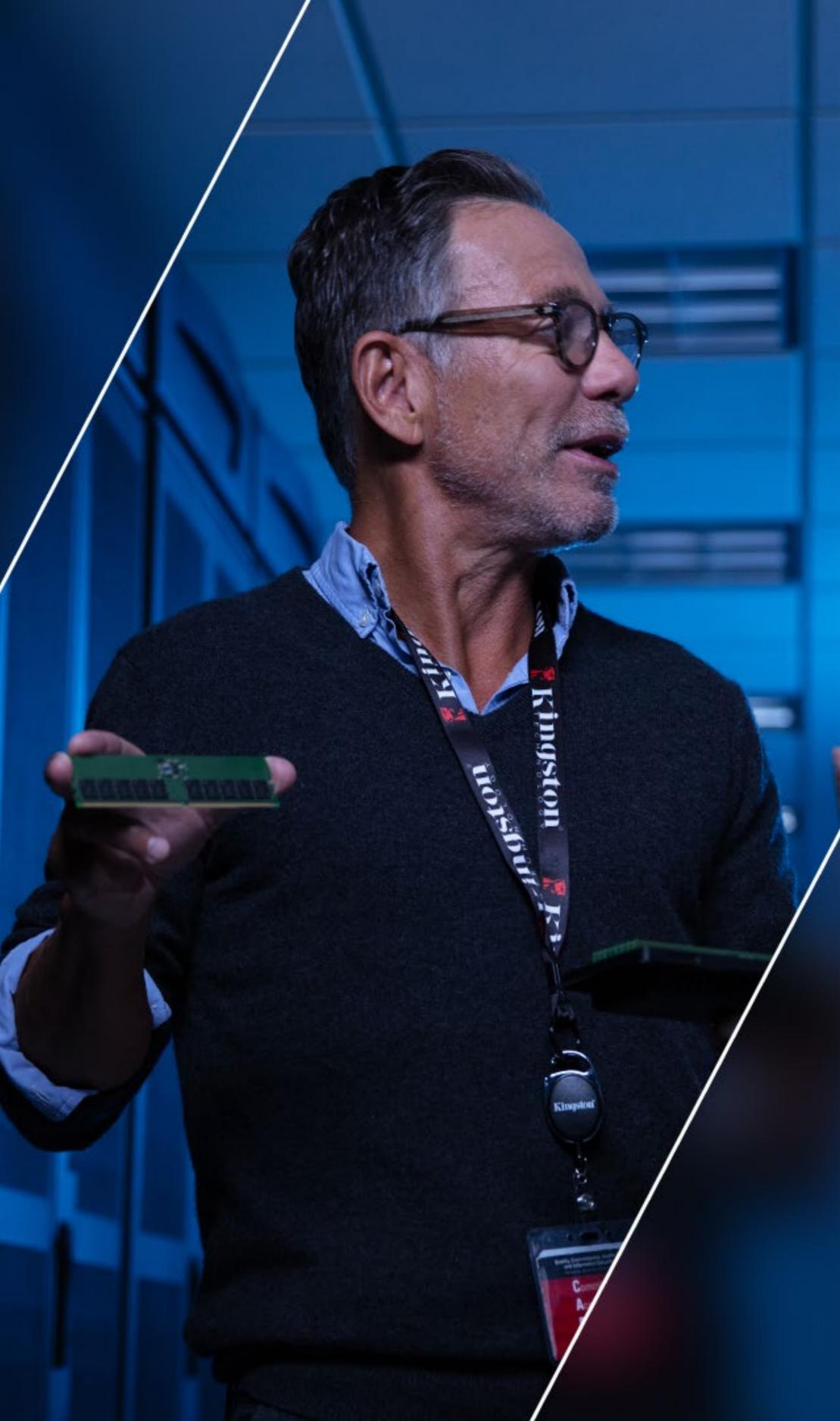
réduire au minimum les défauts et assurer une précision et une uniformité élevées pendant la production. S'ils ne répondent pas à ces exigences, nous ne les utilisons pas.

Voici comment nous construisons et testons nos modules DRAM.

- » **Contrôle qualité** : une fois assemblés, tous nos formats DRAM doivent répondre à des normes strictes de performances et de fiabilité.
- » **Solution** : des tests approfondis dans diverses conditions, y compris des tests de température et de contrainte, permettent d'identifier et d'éliminer les unités défectueuses, garantissant ainsi que seuls les modules de mémoire fiables sont commercialisés.

Grâce à une technologie de pointe et à une assurance qualité rigoureuse, Kingston produit des solutions DRAM fiables et performantes, répondant à tout un éventail de besoins informatiques. Nous allons encore plus loin en travaillant en étroite collaboration avec Intel et AMD pour recevoir des plateformes de référence qui nous aident à développer de nouvelles technologies de mémoire, ainsi qu'à préparer les avancées nécessaires dans nos capacités de test de production. Afin de prendre en charge de nouvelles vitesses de mémoire, de nouvelles capacités et d'améliorer la qualité des modules produits, nous appliquons constamment des mises à jour matérielles et logicielles pour nos environnements de production.





## Développement de la DRAM : influence des tendances du marché

Lorsqu'il s'agit de façonner le développement et l'adoption de différents types de mémoire DRAM, les tendances du marché sont guidées par l'évolution des exigences technologiques. Et le comportement des consommateurs jouent un rôle important. Les performances, l'efficacité et l'évolutivité sont autant de facteurs clés qui influencent à la fois le développement et l'adoption.

Si l'on regarde en arrière, on constate que les demandes informatiques et les charges de travail des dernières décennies ont eu un impact sur les types de mémoire développés. Au milieu des années 2000, l'industrie de la mémoire a commencé à proposer des technologies de mémoire permettant de réduire la consommation d'énergie globale, à la fois dans l'espace mobile et dans les datacenters. Au milieu des années 2010, la virtualisation a stimulé la demande de modules de plus grande capacité. À l'époque, la perte de performances avec les modules de grande capacité due aux limitations des chipsets a finalement conduit au développement de DIMM Load Reduced pour DDR3 et DDR4.

Aujourd'hui, des secteurs tels que l'IA, les jeux et l'analyse du Big Data continuent de se développer et exigent de plus en plus de mémoire à grande vitesse et à grande capacité. Cela conduit au développement de types de modules DRAM avancés tels que les modules DIMM Multiplexed-Rank (MRDIMM), qui répondent à ces besoins de performances. La recherche d'appareils plus fins et plus légers a également influencé l'adoption de solutions de mémoire compactes et efficaces telles que la CAMM2, qui offre aux fabricants des solutions modulaires rentables pour remplacer les modules DRAM discrets ou les multiples modules SODIMM qui ne s'intègrent pas physiquement dans un ordinateur portable ou une tablette de classe Ultrabook.

L'extension de la capacité de la mémoire au-delà du socket DIMM traditionnel est un autre domaine où les développements sont rapides.



*Les exigences de performances de l'IA sont un autre facteur clé qui favorise la création de mémoires évolutives, hautes capacités et hautes performances comme les MRDIMM, qui s'attaquent spécifiquement aux goulots d'étranglement des performances des mémoires hautes capacités.*

**Geoffrey Petit | Kingston Technology Europe**



Ce ne sont là que quelques exemples de la manière dont l'industrie de la mémoire s'adapte aux tendances du marché, démontrant ainsi que notre écosystème et notre organisme de normalisation sont toujours prêts à relever les défis des besoins de demain en matière de mémoire.

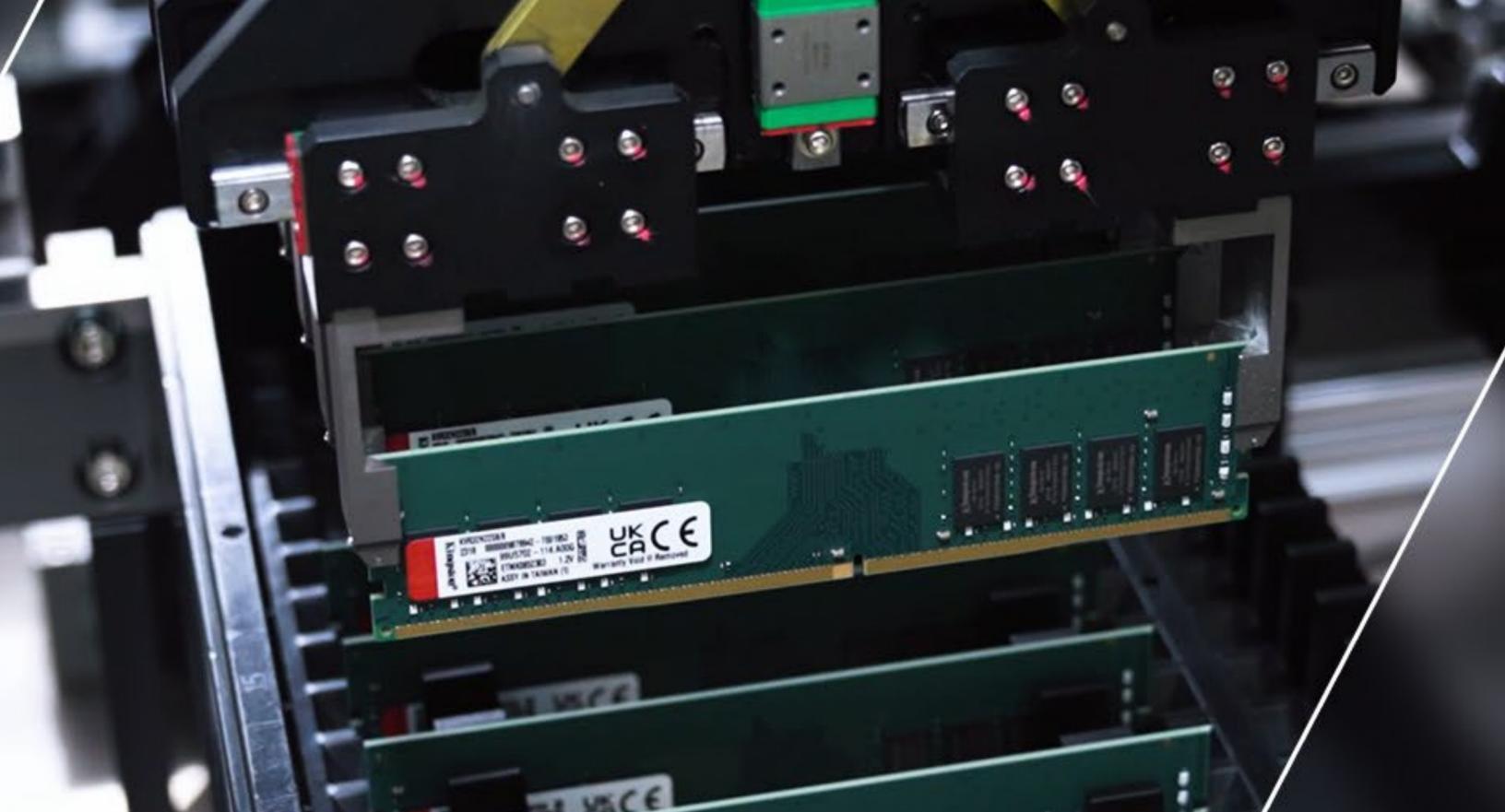


*L'investissement dans l'infrastructure et la mise à l'échelle pour prendre en charge les technologies de mémoire de nouvelle génération est permanent. La vitesse des mémoires augmentant chaque année, il est essentiel de disposer de plateformes de nouvelle génération bien avant leur lancement afin d'accélérer la production et de répondre à la demande mondiale lorsque de nouveaux systèmes arrivent sur le marché.*

**Mike Mohny | Kingston Technology**



UDIMM  
CUDIMM  
SODIMM  
CSODIMM  
CAMM2  
RDIMM  
LRDIMM



«  
Ces avancées, notamment CAMM2, CUDIMM et CXL, annoncent un avenir où les technologies de mémoire permettront d'obtenir des systèmes informatiques plus rapides, plus efficaces et plus flexibles dans diverses applications et industries.  
»  
Geoffrey Petit | Kingston Technology Europe

## Avenir de la technologie DRAM

À l'avenir, l'industrie de la mémoire continuera à s'adapter et à planifier les besoins du marché. Les développements futurs de la technologie DRAM se concentrent sur l'augmentation de la vitesse, la réduction de la consommation d'énergie et l'augmentation de la densité pour répondre aux demandes d'applications avancées telles que l'IA, le Big Data et le Cloud Computing. En outre, les défis posés par les technologies des mémoires et les formats d'aujourd'hui influencent déjà la spécification DDR de prochaine génération, la DDR6, en cours de développement avec le JEDEC. La DDR6, qui devrait être finalisée d'ici 2027, mettra probablement l'accent sur des performances accrues, avec des augmentations linéaires significatives des débits de données par rapport à la DDR5, et un bus de données plus large.

D'ici là, la DDR5 continuera d'augmenter sa vitesse et d'être utilisée dans de nouveaux formats. Cela comprend la CAMM2, qui devrait devenir la solution de module dominante pour les systèmes mobiles et les systèmes à format réduit au cours des deux prochaines années. La CAMM2 à profil fin peut effectivement remplacer deux SODIMM dans les ordinateurs portables traditionnels, ce qui permet aux fabricants de réaliser des économies importantes en utilisant une solution de mémoire modulaire plutôt que des composants

DRAM discrets montés directement sur une carte mère. Certains fabricants de cartes mères ont même démontré que la CAMM2 pouvait être utilisée dans les PC de bureau traditionnels. En tant que fournisseur de mémoire agréé par Dell pour sa conception CAMM originale, Kingston est stratégiquement positionné pour soutenir la révolution CAMM2, avec l'infrastructure et l'investissement nécessaires pour fabriquer et tester ce nouveau format déjà en place. Consultez régulièrement le site web Kingston pour découvrir nos solutions CAMM2, dont le lancement est prévu pour le premier semestre 2025.

CUDIMM est un nouveau type de module DRAM qui intègre un pilote d'horloge sur les modules DIMM unbuffered à partir de la DDR5 à 6 400 MT/s. Ce composant redirige le signal d'horloge du processeur vers le module, ce qui améliore l'intégrité du signal et réduit l'incidence des erreurs dues au bruit et à la gigue, qui deviennent problématiques à des vitesses plus élevées.

Il y a aussi CXL (Compute Express Link), une autre nouvelle catégorie de DRAM qui en est à ses débuts. CXL est un protocole standard ouvert qui fonctionne sur le bus PCI Express, tout comme NVMe pour le stockage. Les produits CXL se concentrent essentiellement sur les extensions de mémoire, qui utilisent la DRAM (DDR4, DDR5, HBM) sur différents formats, pour augmenter la capacité de mémoire et étendre le pool de mémoire utilisable pour les serveurs.

# Synthèse

Avec l'essor de l'intelligence artificielle, les concepteurs de mémoire s'efforcent de suivre le mouvement. La DDR SDRAM, pilier de la mémoire à semi-conducteurs, continue d'évoluer grâce à sa grande capacité et à la rapidité avec laquelle elle transmet les données aux processeurs. En relevant les principaux défis en matière de compatibilité et de fabrication grâce à des investissements et à un contrôle de qualité rigoureux, les fabricants peuvent produire des mémoires fiables et performantes adaptées à divers besoins informatiques. Mais pour répondre aux exigences spécifiques de votre environnement, les experts Kingston sont là pour vous aider à naviguer dans la complexité des chipsets, des générations de processeurs et des configurations de mémoire optimisées.

## Built on commitment (fondé sur l'engagement)

Du Big Data aux appareils IoT, en passant par les ordinateurs portables, les PC et les technologies portables, Kingston Technology s'engage à fournir des solutions produits, des services et une assistance de premier ordre. Les principaux fabricants de PC et les fournisseurs mondiaux de services en ligne nous font confiance, et nous attachons une grande importance à nos partenariats à long terme qui nous aident à évoluer et à innover. Nous veillons à ce que chaque solution réponde aux normes les plus élevées en donnant la priorité à la qualité et au service client. À chaque étape, nous écoutons, apprenons et nous engageons avec nos clients et nos partenaires pour fournir des solutions qui ont un impact durable.

©2024 Kingston Technology Europe Co LLP et Kingston Digital Europe Co LLP, Kingston Court, Brooklands Close, Sunbury-on-Thames, Middlesex, TW16 7EP, Angleterre. Tél: +44 (0) 1932 738888 Fax: +44 (0) 1932 785469. Tous droits réservés. Toutes les marques commerciales et les marques déposées sont la propriété de leurs détenteurs respectifs



**Kingston**<sup>®</sup>  
TECHNOLOGY  
BUILT ON COMMITMENT



BUILT ON COMMITMENT