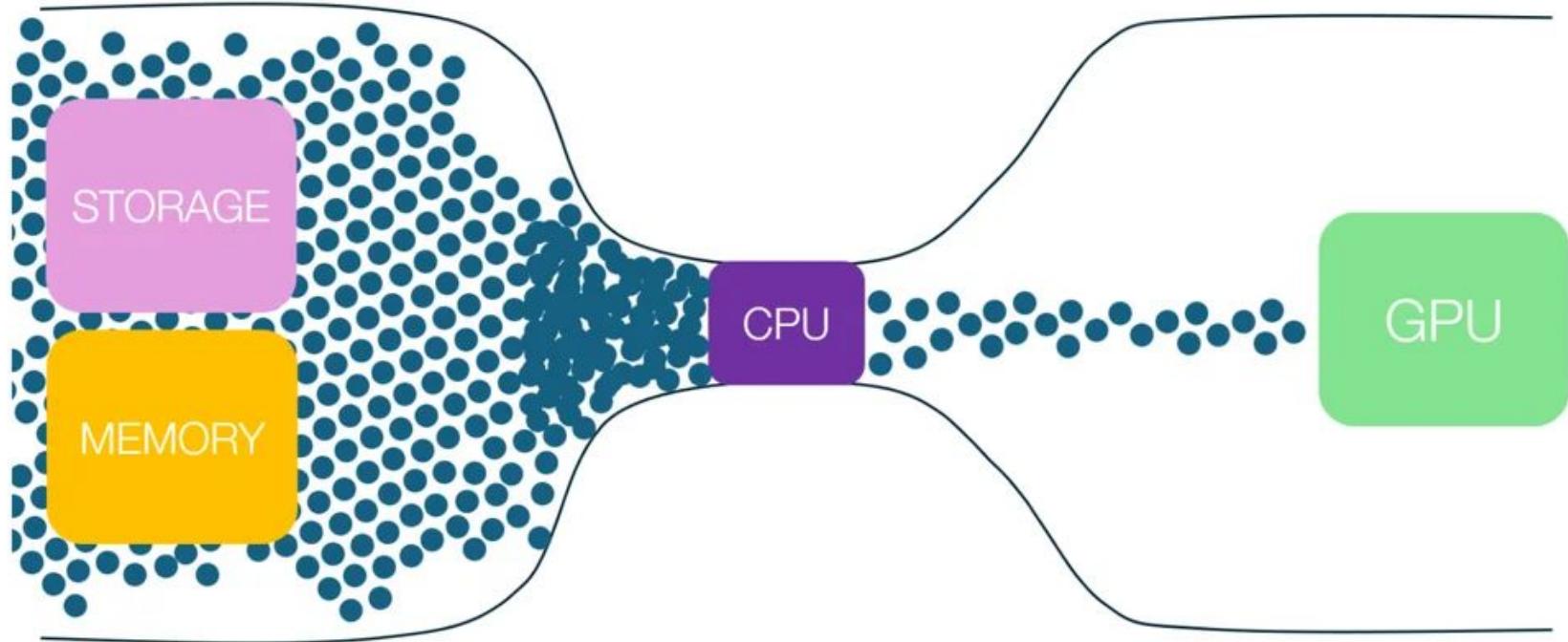




# HARDWARE

## Les bottlenecks



# Où apparaissent les **bottlenecks** dans un pipeline graphique ?



- CPU, GPU, mémoire, bus de données
- Étapes du rendu potentiellement saturées
- Interaction entre composants



# Bottleneck CPU

- Calculs trop lourds : logique du jeu, IA, préparation des commandes
- Threads saturés
- Nombre d'objets/draw calls trop élevé



# Bottleneck GPU

- Shader complexes
- Résolutions d'image élevées
- Effets lourds : anti-aliasing, ombres dynamiques, post-processing



# Bottleneck mémoire et bande passante

- Transferts trop fréquents entre RAM et VRAM
- VRAM saturée
- Limites de la bande passante du bus PCIe



# Symptômes d'un bottleneck graphique

- Chute de FPS
- Latence d'affichage
- Saccades malgré une carte graphique puissante
- Valeurs d'utilisation CPU/GPU déséquilibrées



# Méthodes de diagnostic

- Profiler intégré (GPU/CPU profiler)
- Analyse des draw calls
- Monitoring utilisation CPU/GPU
- Tests comparatifs (résolution, qualité)



# Stratégies d'optimisation

- Optimiser shaders
- Réduire les draw calls
- Alléger les textures
- Ajuster les réglages graphiques



# Cas pratiques illustrés

- Jeu fluide en basse résolution mais lent en haute  
→ bottleneck GPU
- Jeu bloqué à 60 FPS alors que le GPU est peu utilisé  
→ bottleneck CPU
- Crashes ou swap massif  
→ bottleneck mémoire



# Conclusion

- Identifier le composant limitant est essentiel
- Outils de profilage indispensables
- Optimiser en ciblant le vrai point faible

Oui, un équilibre CPU/GPU est intéressant.

Mais un "équilibre parfait" n'existe pas : la limite change tout le temps.

Ce qui compte vraiment, c'est d'éviter les déséquilibres flagrants :

- carte graphique haut de gamme avec vieux CPU → mauvais choix
- CPU haut de gamme avec GPU bas de gamme → gaspillage