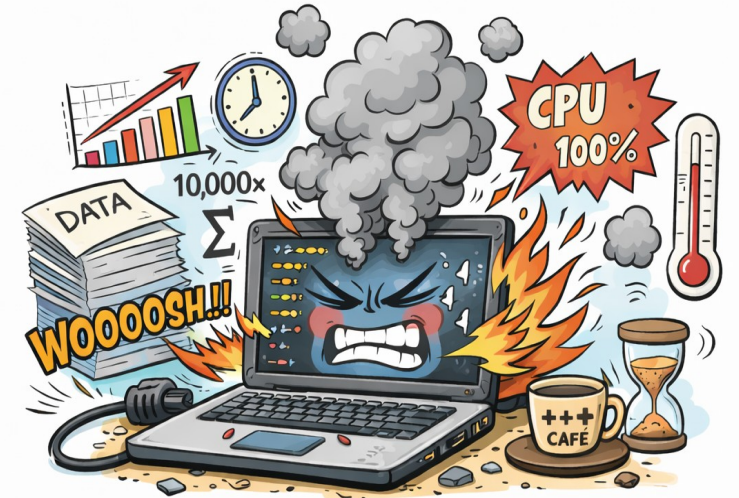


# Introduction au Calcul à Haute Performance (HPC)

Jean-Luc Blanc, équipe DI<sup>2</sup>S<sup>2</sup>C

# Quand votre laptop devient un goulot d'étranglement

- Calcul > plusieurs heures
- RAM saturée
- Ordinateur inutilisable pendant les analyses
- Difficulté à explorer plusieurs hypothèses
- Problèmes de reproductibilité

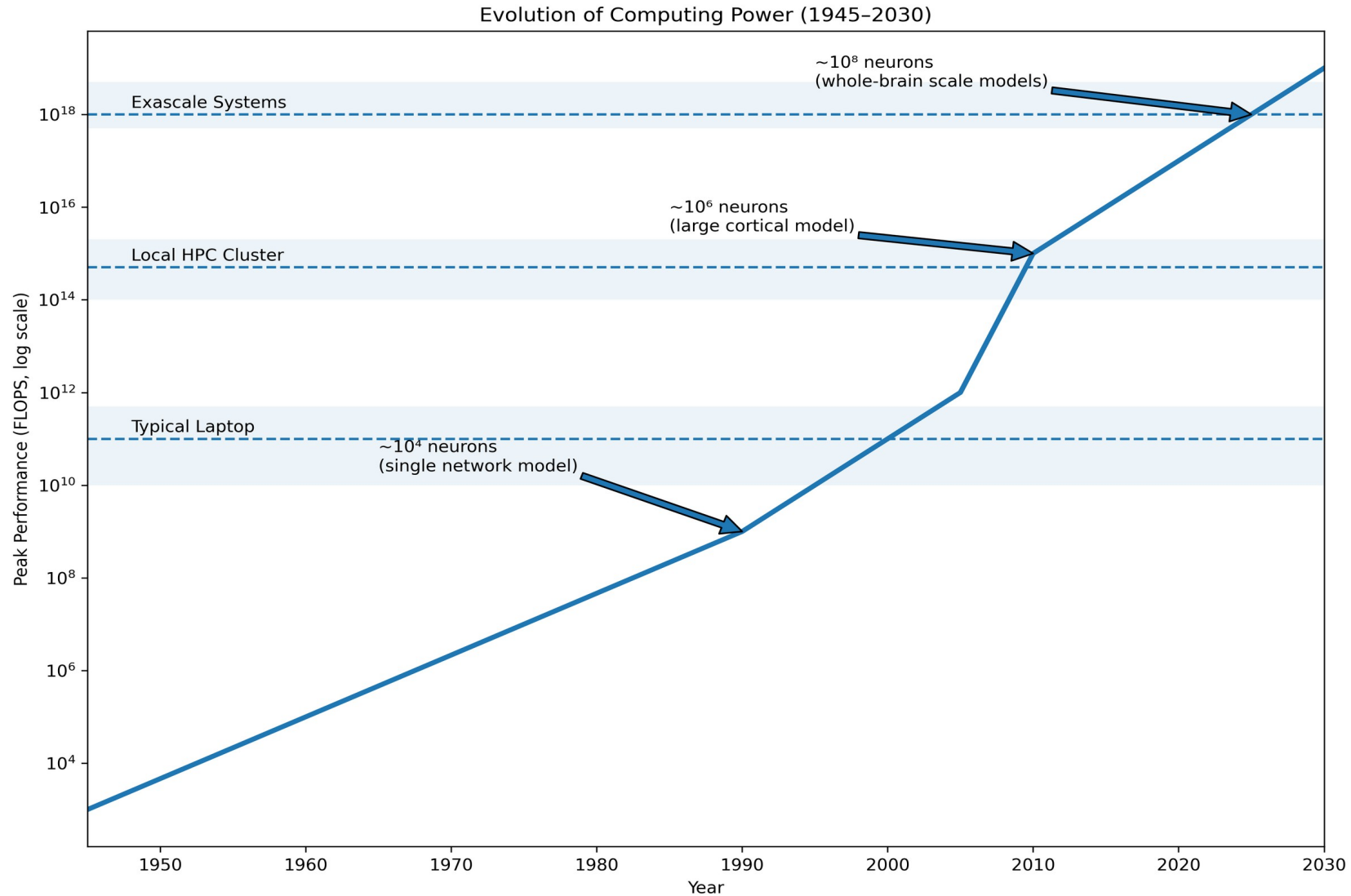


*10 000 itérations de bootstrap plus tard...*

# Le HPC dans le monde – Top500

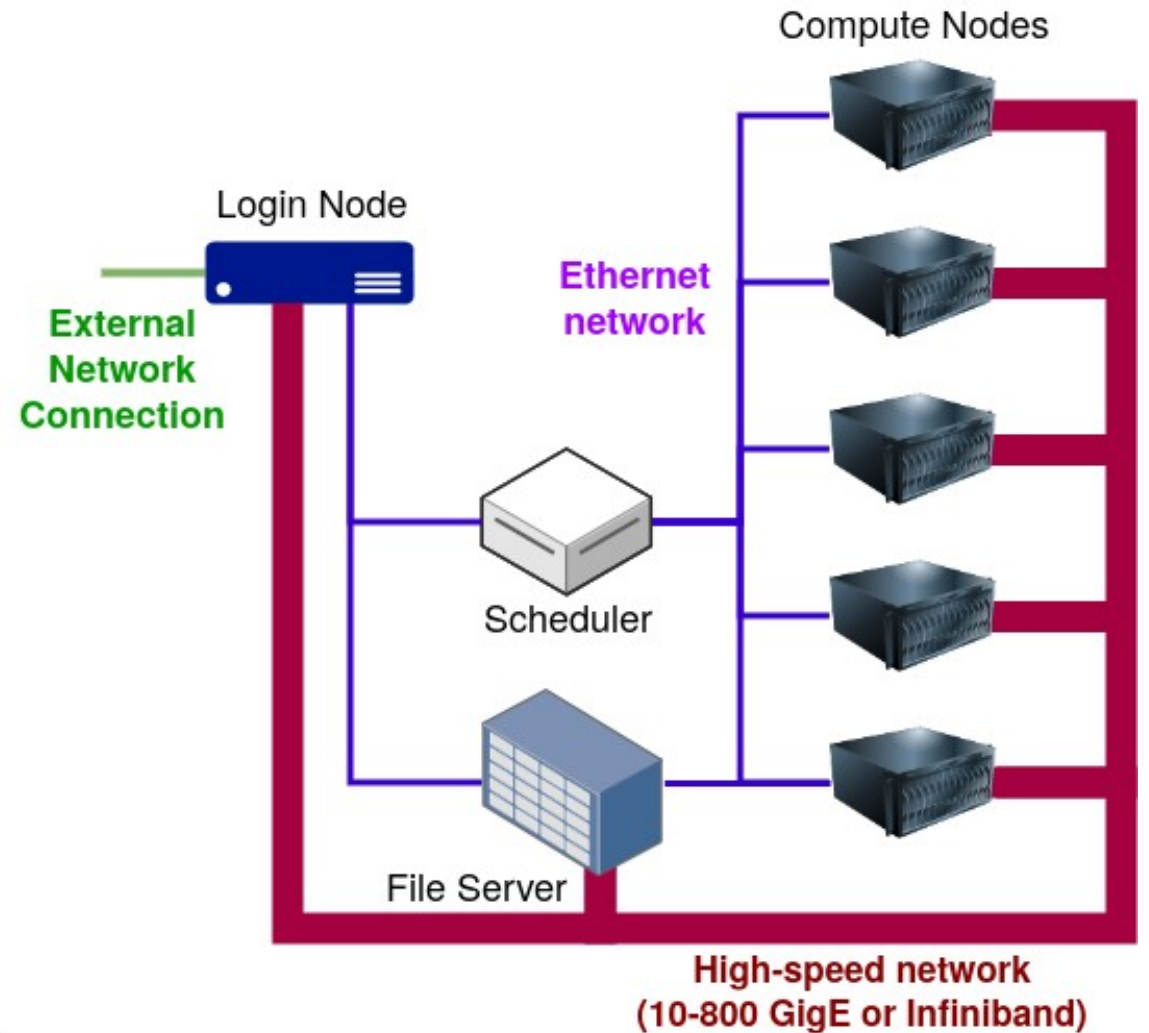
- Classement mondial des 500 supercalculateurs: <https://www.top500.org>
- Le Green 500 classe selon l'efficacité énergétique
- Croissance exponentielle de la puissance de calcul
- Grands enjeux scientifique :
  - Climat
  - Génomique
  - IA, DL/ML
  - Physique, fusion contrôlée

# Croissance exponentielle de la puissance

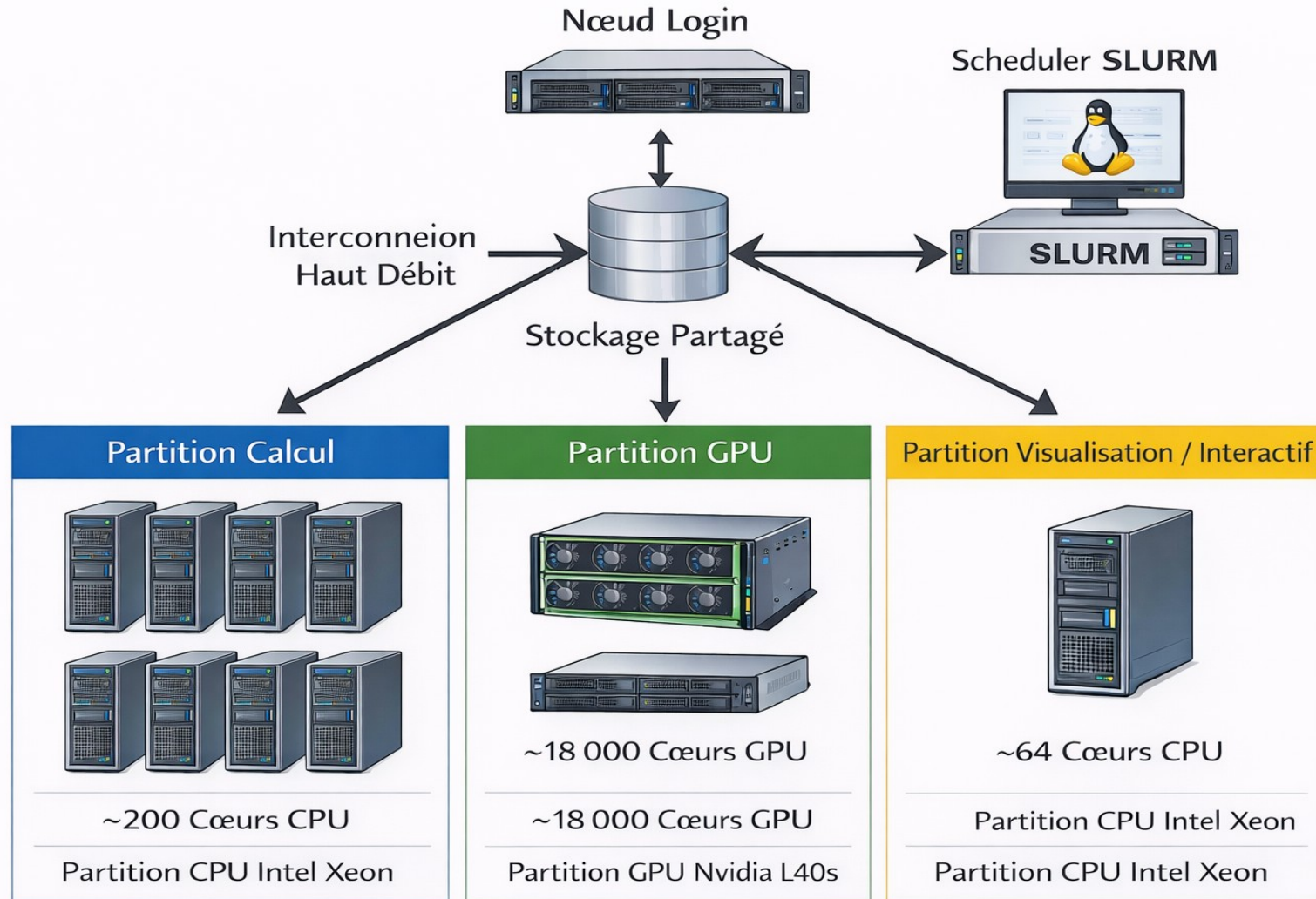


# Architecture d'un HPC

- Assemblage massif de nœuds
- Interconnexion réseau rapide
- Hiérarchie mémoire
- Scheduler

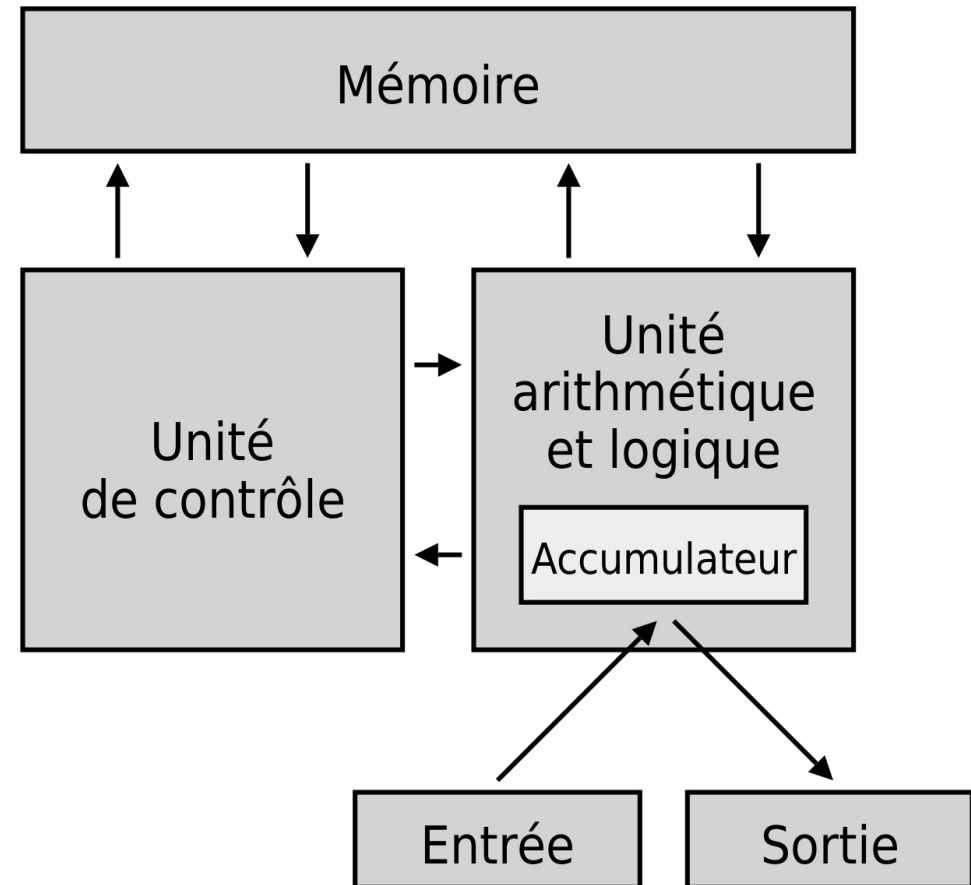


# Architecture du cluster CRPN



# Architecture von Neumann (1945)

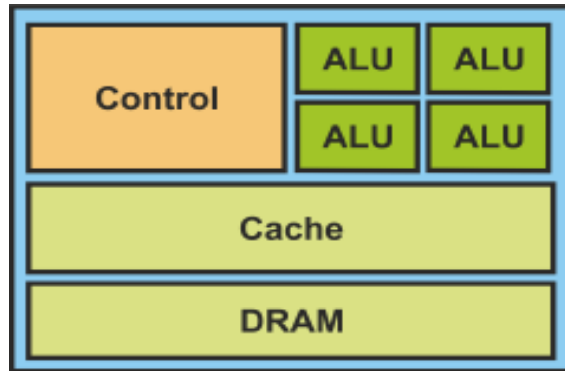
- Processeur
- Mémoire séparée
- Bus
- Exécution séquentielle



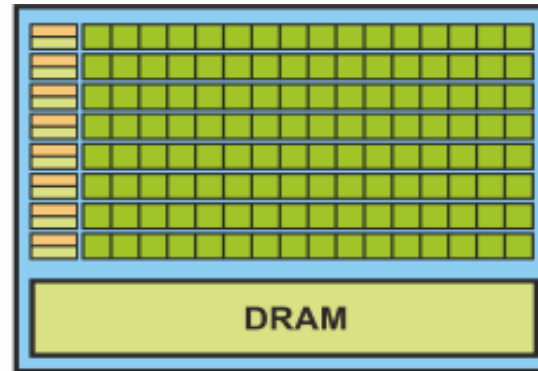
# Comparaison Ordinateur vs Cerveau

Caractéristique	Ordinateur (CPU classique)	Cerveau
Organisation	Centralisée	Distribuée
Parallélisme	Limité (quelques dizaines de cœurs)	Massif ( $\sim 10^{11}$ neurones)
Fréquence	GHz	$\sim 1-200$ Hz
Mémoire	Séparée	Intégrée
Tolérance aux pannes	Faible	Élevée
Consommation	100-300 W	$\sim 20$ W

# CPU vs GPU



CPU



GPU

Intel Xeon Gold 6226R 16 cores, 2,9Ghz	Nvidia L40s 18000 cores
800 GFlops	90 TFlops
150 W	300 W

## CPU

- Peu de cœurs puissants
- Polyvalent

## GPU

- Milliers de cœurs
- Calcul matriciel massif

# Calcul interactif vs batch

## Laptop / interactif

- Exécution directe
- Usage individuel



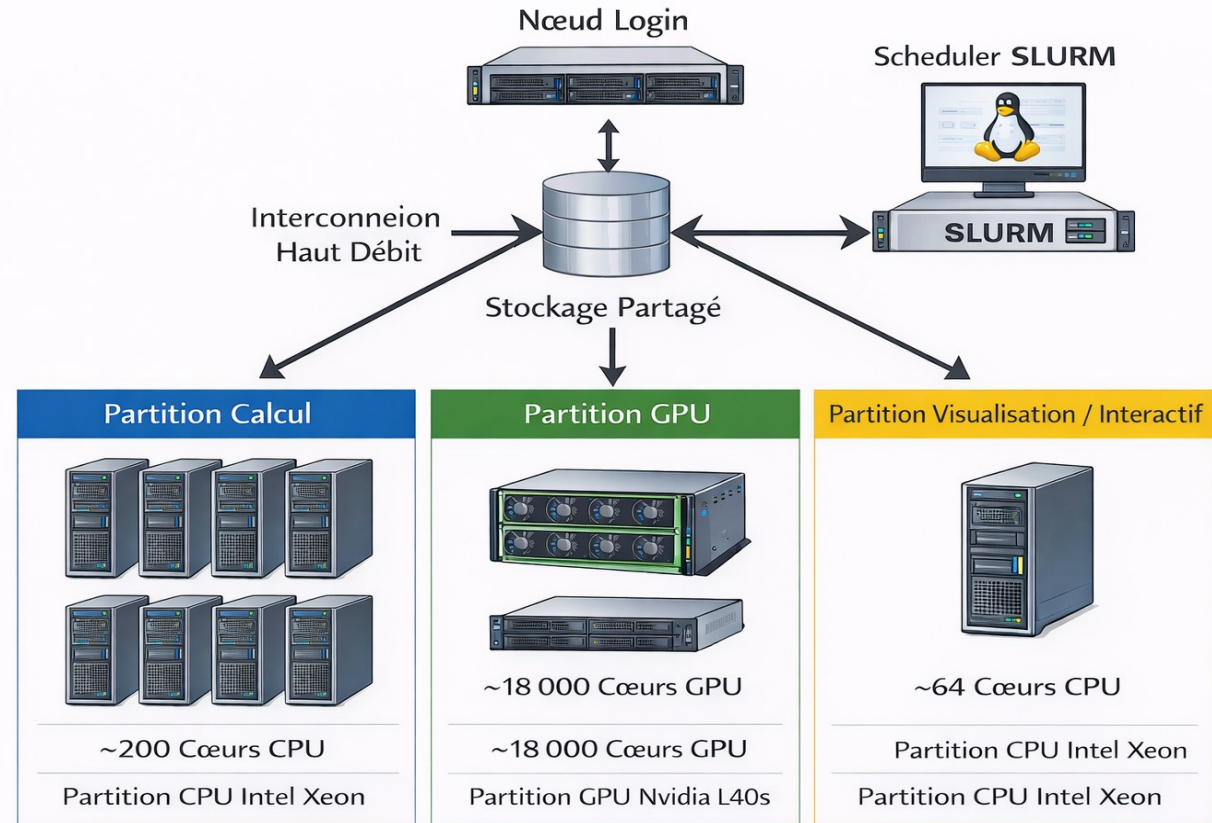
## Cluster / batch

- Script
- Soumission
- File d'attente



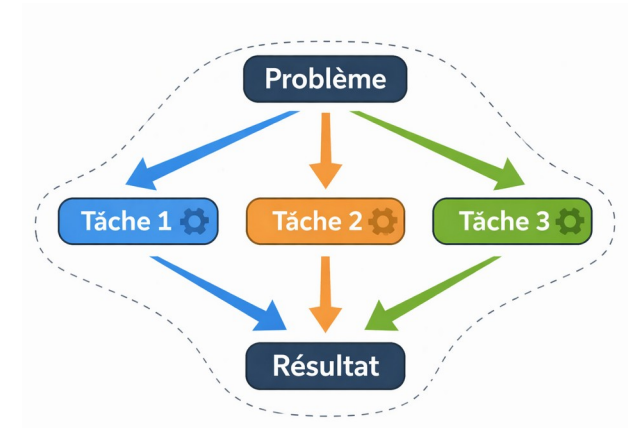
# Rôle de SLURM

- Allocation CPU/GPU
- Allocation mémoire
- Gestion des priorités
- Isolation des utilisateurs

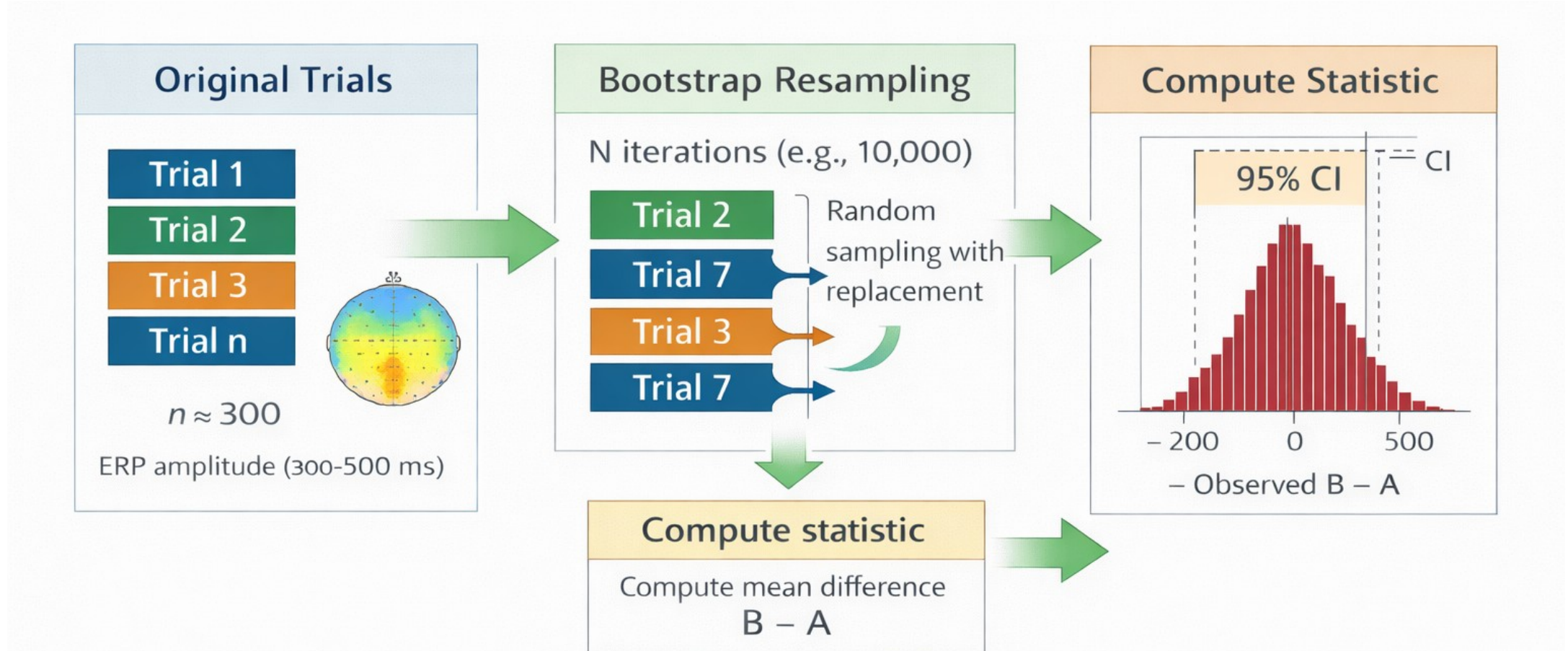


# Exemple de calcul parallèle

- Analyse d'une population de sujets
- Itérations d'un Bootstrap
- Cross-validation
- Simulation : exploration d'espace de paramètres



# Bootstrap sur données EEG : estimation d'une différence ERP



# Mutualisation & Développement durable

- Infrastructure partagée
- Moins de stations sous-utilisées
- Optimisation énergétique
- Maintenance centralisée
- Vision collective des ressources de calcul



# Ce que le HPC change réellement

- Changement d'échelle scientifique
- Reproductibilité accrue
- Exploration paramétrique élargie
- Structuration des workflows
- Mutualisation des ressources de calcul

# Conclusion

Cluster de calcul = outil scientifique collectif

- Infrastructure mutualisée
- Levier méthodologique
- Démarche durable
- Évolution inévitable des pratiques