

Data Loading

Pourquoi ?

- ◆ Le data loading c'est la première étape de l'entraînement
- ◆ Data loading inefficace → bottleneck les GPUs
- ◆ Un Mauvais data loading sera amplifié par le nombre de GPU
- ◆ Dataset passe pas en RAM → adapter sa stratégie de chargement des données pour utiliser efficacement les ressources (pas forcément trivial)


torch.utils.data.Dataset - Map Style dataset



```
class CustomDataset(torch.utils.data.Dataset):  
    def __init__(self, data):  
        self.data = data  
  
    def __len__(self):  
        return len(self.data)  
  
    def __getitem__(self, idx):  
        return self.data[idx]
```

- ◆ Dataset classique de Torch
- ◆ On accède aux données par un index.
- ◆ A favoriser si notre dataset est en RAM

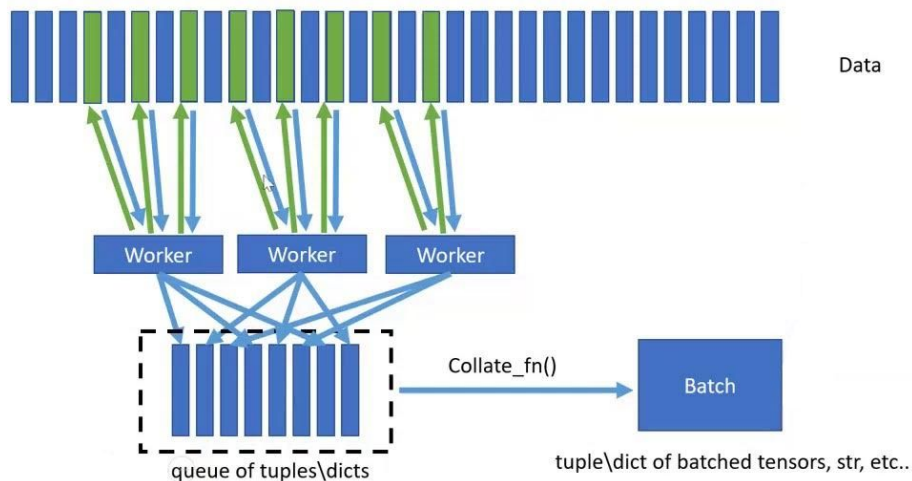
torch.utils.data.Dataloader



```
torch.utils.data.DataLoader(  
    dataset,  
    batch_size=1,  
    shuffle=False,  
    sampler=None,  
    batch_sampler=None,  
    num_workers=0,  
    collate_fn=None,  
    pin_memory=False,  
    drop_last=False,  
    timeout=0,  
    worker_init_fn=None,  
    *,  
    prefetch_factor=2,  
    persistent_workers=False  
)
```

- ◆ Récupère les samples depuis le dataset et crée les batchs.
- ◆ Possède de nombreux arguments, pas toujours facile à comprendre.

torch.utils.data.Dataloader - Workers



Worker = processus qui charge les données

0 Workers → processus principal charge les données

N Workers → N processus chargent les données en parallèle (processus principal \nsubseteq N processus)

torch.utils.data.Dataloader - Workers

⚠ Mémoire partagé entre subprocess → accès concurrentiels = possible
baisse de performance en lecture

⚠ +workers = +RAM & +communications (Inter Process Communication)

⚠ Trop de worker = Noisy Neighbor, 100% cpu = mauvais → baisse de perf de
l'entraînement, +workers ≠ +performances

Entre 2 et 8 workers / GPU, faire un benchmark avant un entraînement.

torch.utils.data.Dataloader - Memory Pinning

Le système d'exploitation peut bouger les blocs de mémoire entre RAM/disque → la mémoire est donc paginable

Pour un transfert CPU → GPU, obligatoire que la donnée soit en RAM (évite au GPU de demander où se trouve le bloc mémoire)

Pinned Memory (ou Paged Lock Memory) permet d'épingler le bloc mémoire (via un appel système) à la RAM uniquement, plus de transfert vers le disque possible

torch.utils.data.Dataloader - Memory Pinning

`pin_memory` utilise un thread pour faire le transfert paginable → non-paginable (donc non-bloquant)

A combiner avec `batch.to(device, non_blocking=True)`, utilise un CUDA stream dédié pour le transfert CPU → GPU

 Toujours utiliser `non_blocking=True` lors de vos transferts

torch.utils.data.Dataloader - Prefetch

```
torch.utils.data.DataLoader(  
    dataset,  
    batch_size=1,  
    shuffle=False,  
    sampler=None,  
    batch_sampler=None,  
    num_workers=0,  
    collate_fn=None,  
    pin_memory=False,  
    drop_last=False,  
    timeout=0,  
    worker_init_fn=None,  
    *,  
    prefetch_factor=2,  
    persistent_workers=False  
)
```

Prefetch factor = batch par worker sauvegardé dans un buffer

Première itération, $\text{workers} * \text{prefetch_factor}$ batchs sauvegardés dans le buffer

Itération finie → 1 worker sera assigné pour ajouter un nouveau batch au buffer

Permet d'avoir des batchs prêt plutôt que de faire le traitement à la volée

torch.utils.data.Dataloader - A retenir

- ✓ Batch size multiple de 32 (multiple de 16 également possible)
- ✓ Workers entre 2 et 8 par GPUs, à benchmark
- ✓ Memory Pinning avec `non_blocking=True`
- ✓ Prefetch factor par défaut suffisant

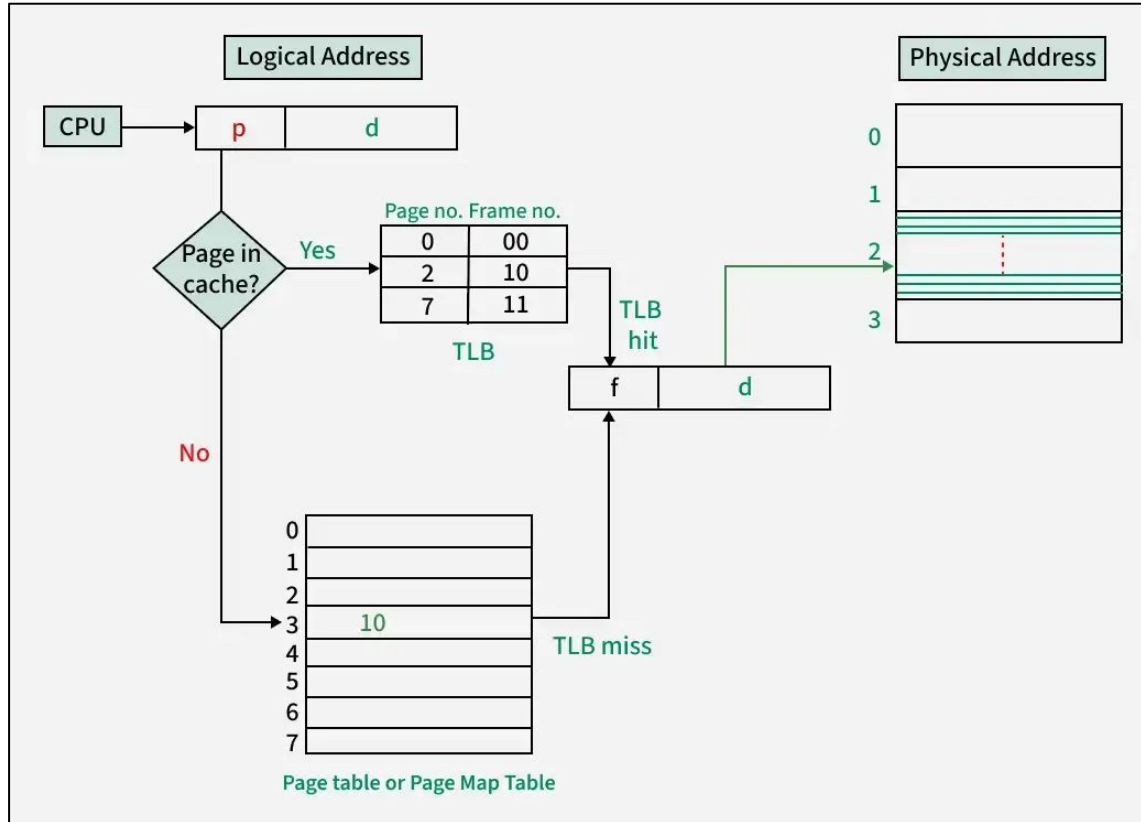
Memory mapping

Utile pour les gros datasets qui ne passent pas en RAM. Permet de lier un fichier ou une partie de celui-ci à un espace de la mémoire virtuelle. Quelques termes utiles:

- **Paging (pagination)** : sépare la mémoire en sections → **pages** (pour la mémoire virtuelle) et **frames** (pour la mémoire physique). Les pages ont généralement une taille de 4KB à 8KB.
- **Page Table** : Lien entre les adresses virtuelles et les adresses physiques. Permet à un programme d'accéder à un espace d'adresses virtuelles continu, même si la mémoire physique n'est pas continue.
- **Translation Lookaside Buffer (TLB)** : accélère les traductions d'adresses de la mémoire virtuelle vers la mémoire physique.
- **Page fault** : erreur qui se produit lorsqu'un processus essaie d'accéder à une page qui n'est pas actuellement chargée dans la mémoire physique (RAM).

Avantages de la mémoire virtuelle → espace mémoire bien plus grand que la RAM physique. Le système d'exploitation ne charge en RAM que les pages dont un processus a besoin.

Memory mapping



- ◆ Si la page existe en RAM, les autres accès à cette page seront très rapide
- ◆ Les processus se partagent les pages en RAM → super pour de la lecture parallèle 😊

Memory mapping

- ◆ Important de lire ces fichiers de façon séquentielle pour avoir les meilleures performances → overhead dû au chargement d'une page
- ◆ Si plusieurs workers → charger la memmap dans chaque processus plutôt que l'instancier dans le processus principal

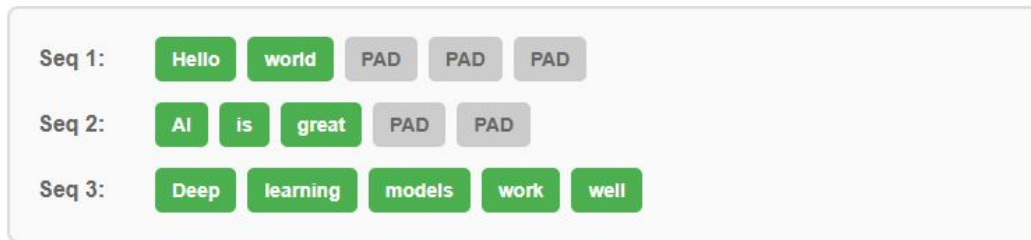
torch.utils.data.IterDataset

- ◆ Iterable Dataset retourne un itérateur pour lire les données
- ◆ Faible utilisation mémoire → traite les données par petits morceaux, ne charge pas l'intégralité du jeu de données en RAM
- ◆ Cependant plus complexe d'utiliser du shuffling/sampling
- ◆ Adapté pour des applications avec de gros volumes de données séquentielles → texte/capteurs par exemple

Sequence Packing

- ◆ Efficace en mémoire
- ◆ Efficace en calcul
- ◆ Entraînement plus rapide
- ◆ Meilleure utilisation des GPUs
- ◆ Particulièrement bénéfique pour les LLMs

Before: Traditional Batching (with padding)



After: Sequence Packing (no padding)



Content Token



Padding Token



EOS Token

Pré-processing

- ◆ Pré-traiter les données en amont (Ex: pré-tokenization)
- ◆ Sauvegarder le résultat dans un format efficace (binaire, mmap, parquet/pyarrow)
- ◆ Pré-traitement trop volumineux/coûteux → déporter le pré-traitement sur un autre serveur

A retenir



Dataset **pas**se en RAM → Map style dataset



Dataset ne **pas**se **pas** en RAM → Iterable dataset + memory mapping

Pré-traitement → faire à l'avance (si possible)

Eviter le padding pour accélérer l'entraînement (sequence packing)