

Samuel Thibault, Novicien enseignant-chercheur



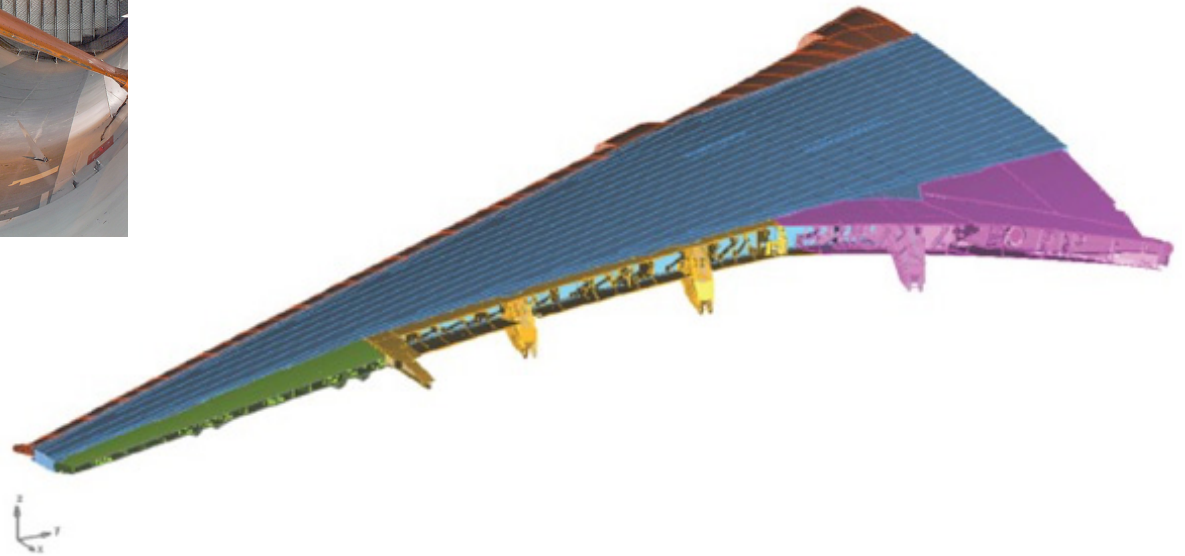
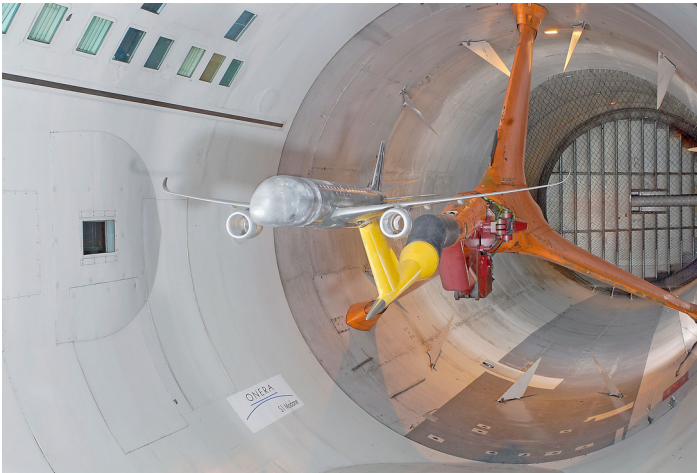
Ordonnancement de tâches sur ordinateur hétérogène pour le calcul hautes performances

1

Calcul hautes performances

Calcul hautes performances

Simulation !



Quel temps va-t-il faire ?



Quel temps va-t-il faire ?



Météorologue



Météorologue

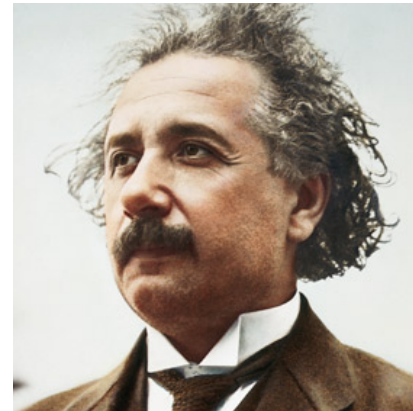


De l'air chaud, de l'air froid, des nuages, du vent...

Comment cela va-t-il évoluer ?

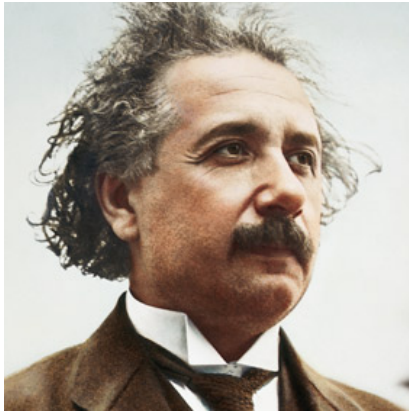


Météorologue



Physicien





Physicien

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho \vec{V}) = 0$$

La matière se conserve

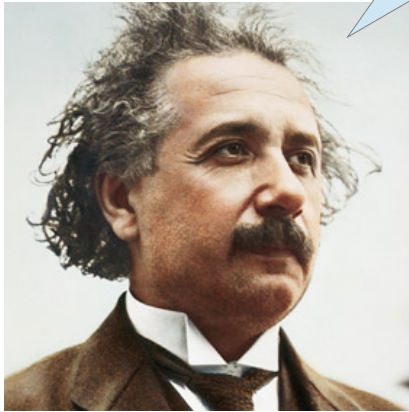
$$\frac{\partial(\rho \vec{V})}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho \vec{V} \vec{V}) = \vec{\nabla} \cdot \mathbf{P} + \rho \vec{g}$$

La matière se déplace

$$\frac{\partial(\rho E)}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho E \vec{V}) = \vec{\nabla} \cdot (\mathbf{P} \cdot \vec{V}) + \rho \vec{g} \cdot \vec{V} - \vec{\nabla} \cdot \vec{q} - \vec{\nabla} \cdot \vec{q}_R$$

L'énergie se conserve (chaleur/vitesse)

Comment résoudre tout cela ?



Physicien



Mathématicienne

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho \vec{V}) = 0$$

$$\frac{\partial(\rho \vec{V})}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho \vec{V} \vec{V}) = \vec{\nabla} \cdot \mathbf{P} + \rho \vec{g}$$

$$\frac{\partial(\rho E)}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho E \vec{V}) = \vec{\nabla} \cdot (\mathbf{P} \cdot \vec{V}) + \rho \vec{g} \cdot \vec{V} - \vec{\nabla} \cdot \vec{q} - \vec{\nabla} \cdot \vec{q}_R$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho \vec{V}) = 0$$

$$\frac{\partial(\rho \vec{V})}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho \vec{V} \vec{V}) = \vec{\nabla} \cdot \mathbf{P} + \rho \vec{g}$$

$$\frac{\partial(\rho E)}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho E \vec{V}) = \vec{\nabla} \cdot (\mathbf{P} \cdot \vec{V}) + \rho \vec{g} \cdot \vec{V} - \vec{\nabla} \cdot \vec{q} - \vec{\nabla} \cdot \vec{q}_R$$

Une petite factorisation de
Cholesky devrait faire l'affaire !



Mathématicienne

12	0	-2	-3	-2	-3	-4	-5	-5	-5	-3	-4	-5	-5	-2	-6	-2	-4	0	-8
0	2	1	1	1	1	1	0	0	-1	-1	0	0	-2	-1	-3	-1	-3	-3	-2
-2	1	3	0	1	0	0	0	0	-1	-1	-1	0	-1	0	-2	0	-3	-3	-5
-3	1	0	6	1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	-1	-2	-2	-3	-1	-5	-5	-6
-2	1	1	1	2	1	0	0	0	0	-1	-2	-1	-1	-1	-2	0	-4	-3	-6
-3	1	0	-1	1	5	0	1	0	-1	-2	-3	-2	-3	-3	-4	-1	-5	-5	-7
-4	1	0	-1	0	0	2	2	1	1	2	0	1	-2	-2	-3	-2	-4	-2	-4
-5	0	0	-1	0	1	2	4	3	2	1	-1	0	-3	-2	-4	-2	-6	-4	-7
-5	0	0	-1	0	0	1	3	4	2	1	-1	0	-2	-2	-3	-2	-5	-4	-7
-5	-1	-1	0	0	-1	1	2	2	4	3	1	1	-1	-2	-2	-2	-5	-4	-5
-3	-1	-1	0	-1	-2	2	1	1	3	6	2	0	-2	-2	-2	-2	-2	0	-3
-4	0	-1	0	-2	-3	0	-1	-1	1	2	6	3	0	-2	-3	-2	-4	-4	2
-5	0	0	-1	-1	-2	1	0	0	1	0	3	5	0	-2	-3	-2	-5	-4	-3
-5	-2	-1	-2	-1	-3	-2	-3	-2	-1	-2	0	0	6	2	4	2	0	-2	-4
-2	-1	0	-2	-1	-3	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	2	5	2	4	1	-1	-5
-6	-3	-2	-3	-2	-4	-3	-4	-3	-2	-2	-3	-3	4	2	6	2	2	-1	-2
-2	-1	0	-1	0	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	2	4	2	4	-1	-2	-6
-4	-3	-3	-5	-4	-5	-4	-6	-5	-5	-2	-4	-5	0	1	2	-1	9	7	0
0	-3	-3	-5	-3	-5	-2	-4	-4	-4	0	-4	-4	-2	-1	-1	-2	7	10	0
-8	-2	-5	-6	-6	-7	-4	-7	-7	-5	-3	2	-3	-4	-5	-2	-6	0	0	17

Des milliards et des milliards de nombres !!

Comment calculer tout cela
rapidement sur un ordinateur ?



Mathématicienne



Numéricien

Cholesky

```

12  0 -2 -3 -2 -3 -4 -5 -5 -5 -3 -4 -5 -5 -2 -6 -2 -4  0 -8
 0  2  1  1  1  1  1  0  0 -1 -1  0  0 -2 -1 -3 -1 -3 -2
-2  1  3  0  1  0  0  0  0 -1 -1 -1  0 -1  0 -2  0 -3 -5
-3  1  0  6  1 -1 -1 -1  0  0  0 -1 -2 -2 -3 -1 -5 -5 -6
-2  1  1  1  2  1  0  0  0  0 -1 -2 -1 -1 -2  0 -4 -3 -6
-3  1  0 -1  1  5  0  1  0 -1 -2 -3 -2 -3 -3 -4 -1 -5 -7
-4  1  0 -1  0  0  2  2  1  1  2  0  1 -2 -2 -3 -2 -4 -2 -4
-5  0  0 -1  0  1  2  4  3  2  1 -1  0 -3 -2 -4 -2 -6 -4 -7
-5  0  0 -1  0  0  1  3  4  2  1 -1  0 -2 -2 -3 -2 -5 -4 -7
-5 -1 -1  0  0 -1  1  2  2  4  3  1  1 -1 -2 -2 -2 -5 -4 -5
-3 -1 -1  0 -1 -2  2  1  1  3  6  2  0 -2 -2 -2 -2  0 -3
-4  0 -1  0 -2 -3  0 -1 -1  1  2  6  3  0 -2 -3 -2 -4 -4  2
-5  0  0 -1 -1 -2  1  0  0  1  0  3  5  0 -2 -3 -2 -5 -4 -3
-5 -2 -1 -2 -1 -3 -2 -3 -2 -1 -2  0  0  6  2  4  2  0 -2 -4
-2 -1  0 -2 -1 -3 -2 -2 -2 -2 -2 -2 -2  2  5  2  4  1 -1 -5
-6 -3 -2 -3 -2 -4 -3 -4 -3 -2 -2 -3 -3  4  2  6  2  2 -1 -2
-2 -1  0 -1  0 -1 -2 -2 -2 -2 -2 -2 -2  2  4  2  4 -1 -2 -6
-4 -3 -3 -5 -4 -5 -4 -6 -5 -5 -2 -4 -5  0  1  2 -1  9  7  0
 0 -3 -3 -5 -3 -5 -2 -4 -4 -4  0 -4 -4 -2 -1 -1 -2  7 10  0
-8 -2 -5 -6 -6 -7 -4 -7 -7 -5 -3  2 -3 -4 -5 -2 -6  0  0 17

```

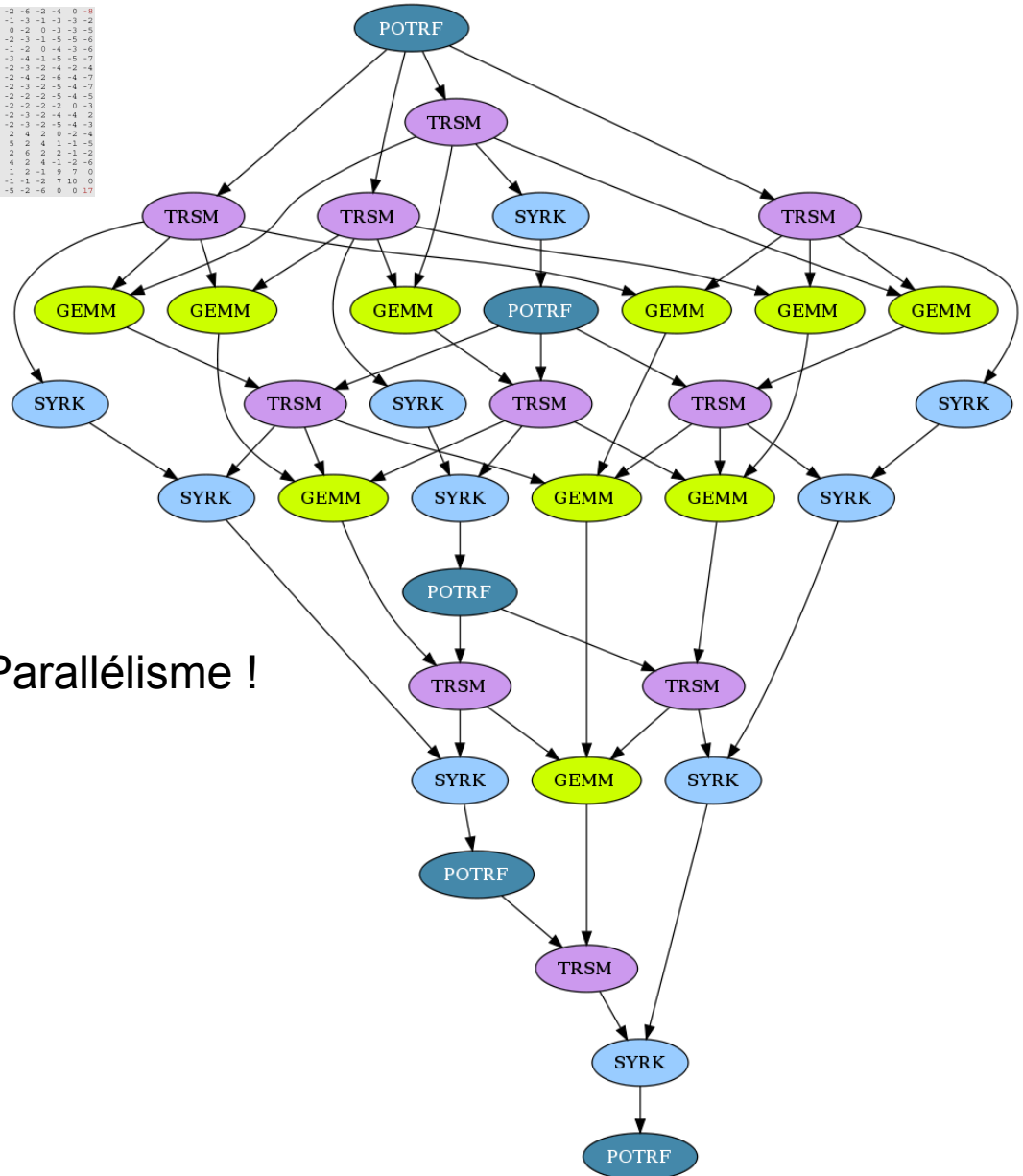
Cholesky

12	0	2	3	2	3	4	5	5	5	3	4	5	5	2	6	2	4	0	-8
-2	1	3	0	1	1	1	0	0	-1	-1	0	0	-2	-1	3	-1	3	-3	-2
-3	1	0	6	1	-1	-1	-1	-1	0	0	-1	-2	-2	-3	-1	-5	-5	-6	-6
-2	1	1	1	2	1	0	0	0	0	-1	-2	-1	-1	-1	2	0	4	-3	-6
-3	1	0	-1	1	5	0	1	0	-1	-2	-3	-2	-3	-3	4	-1	-5	-5	-7
-4	1	0	0	1	0	0	2	2	1	1	2	0	1	-2	-2	-3	-2	-4	-2
-5	0	0	-1	0	1	2	4	3	2	1	-1	-1	0	-3	-2	-4	-2	-4	-7
-5	0	0	-1	0	1	3	4	2	1	-1	0	-2	-2	-2	-2	-6	-4	-7	-7
-5	-1	1	0	0	-1	1	2	2	4	3	1	1	-1	-2	-2	-5	-4	-5	-5
-3	1	0	-1	-2	2	1	1	3	6	2	0	-2	-2	-2	0	-3	-2	0	-3
-4	0	1	0	-2	-3	0	-1	-1	1	2	6	3	0	-2	-3	-2	-4	-4	2
-5	0	0	1	-1	-2	1	0	0	1	0	3	5	0	-2	1	-2	-5	-4	3
-5	-2	-1	-2	-1	-3	-2	-3	-2	-1	-2	0	6	2	4	2	0	-2	-4	-4
-2	-1	0	-2	-1	-3	-2	-2	-2	-2	-2	-2	5	2	4	1	-1	-5	-5	-5
-6	-2	-3	-2	-4	-3	-4	-3	-2	-3	-3	4	2	6	2	2	-1	-2	-2	-2
-2	-1	0	-1	0	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	3	4	2	4	-1	-2	-6	-6
-4	-3	-3	-5	-4	-5	-4	-6	-5	-5	-2	-4	5	0	1	2	-1	9	7	0
0	-3	-5	-3	-5	-2	-4	-4	0	-4	-4	-2	-1	-2	7	10	0	0	0	0
-8	-2	-5	-6	-6	-7	-4	-7	-7	-5	-3	-2	-3	-4	-5	-2	-6	0	0	17



Numéricien

Parallélisme !

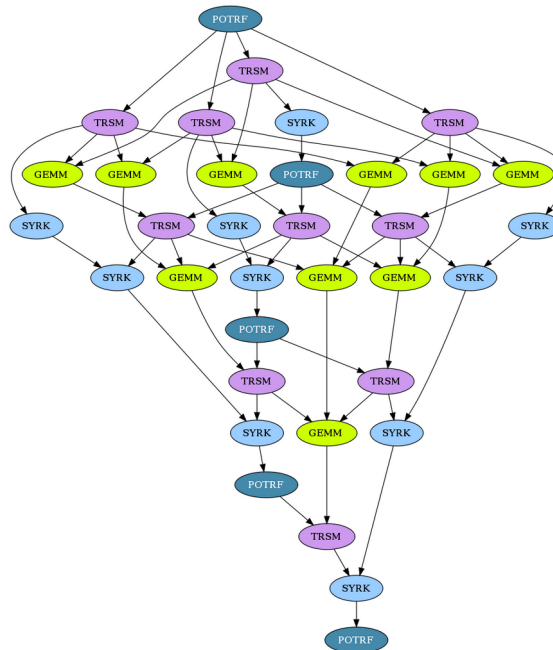


Comment répartir les tâches
dans l'ordinateur ?



Numéricien

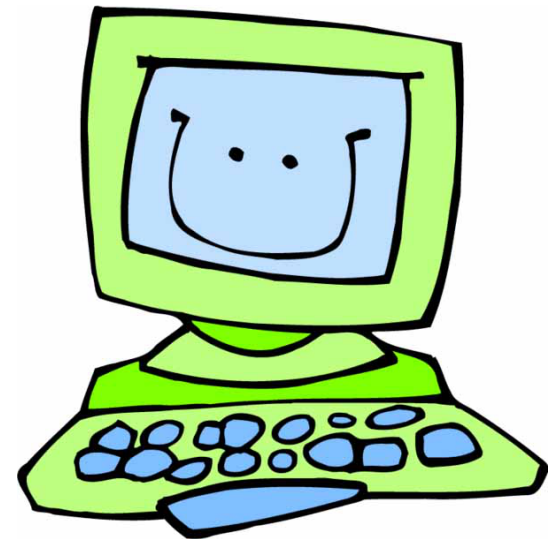
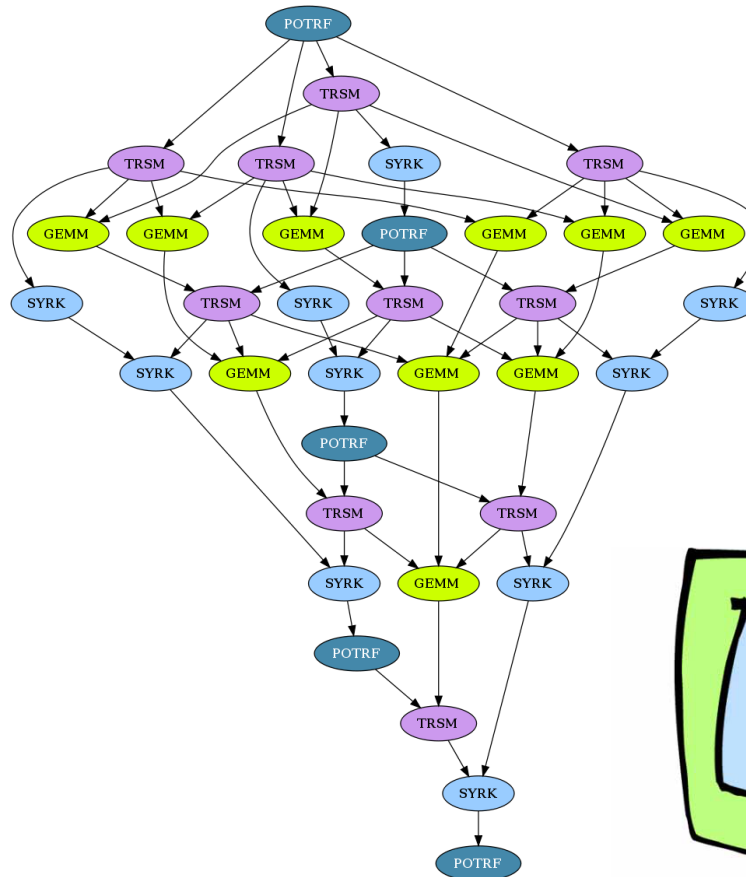
C'est-à-dire les ordonnancer...



Informaticienne



Informaticienne

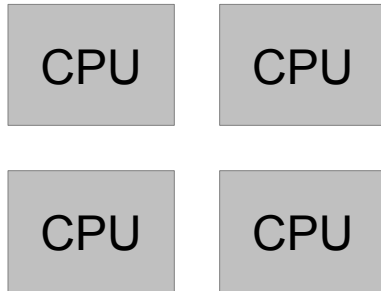


Mais l'ordinateur est hétérogène !

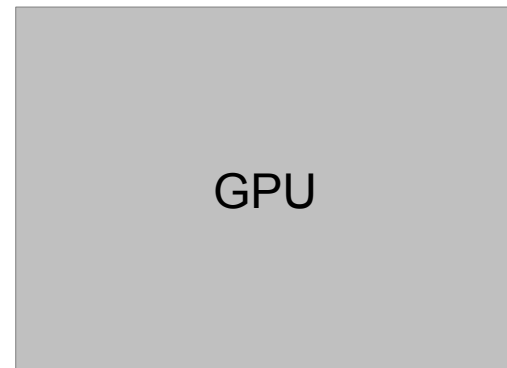
2

Ordinateur hétérogène ?

Différents types de processeurs

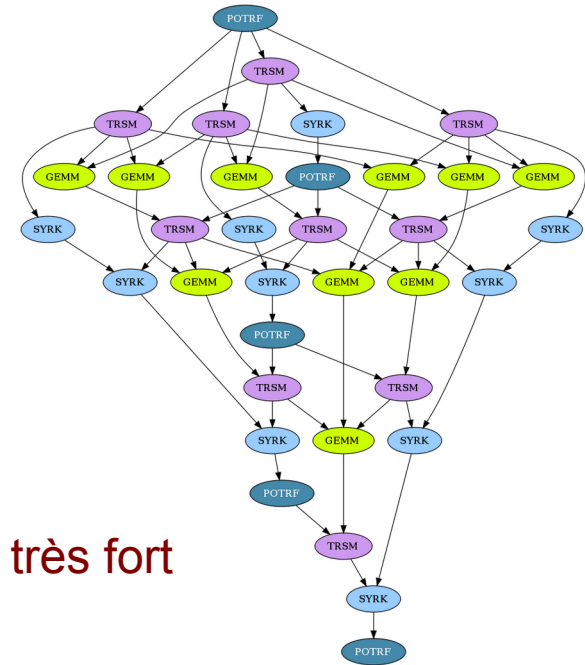


Pas très forts, mais nombreux



Très fort pour les calculs simples

Différents types de calculs



POTRF

(Division) : CPU pas très fort, GPU pas très fort

TRSM

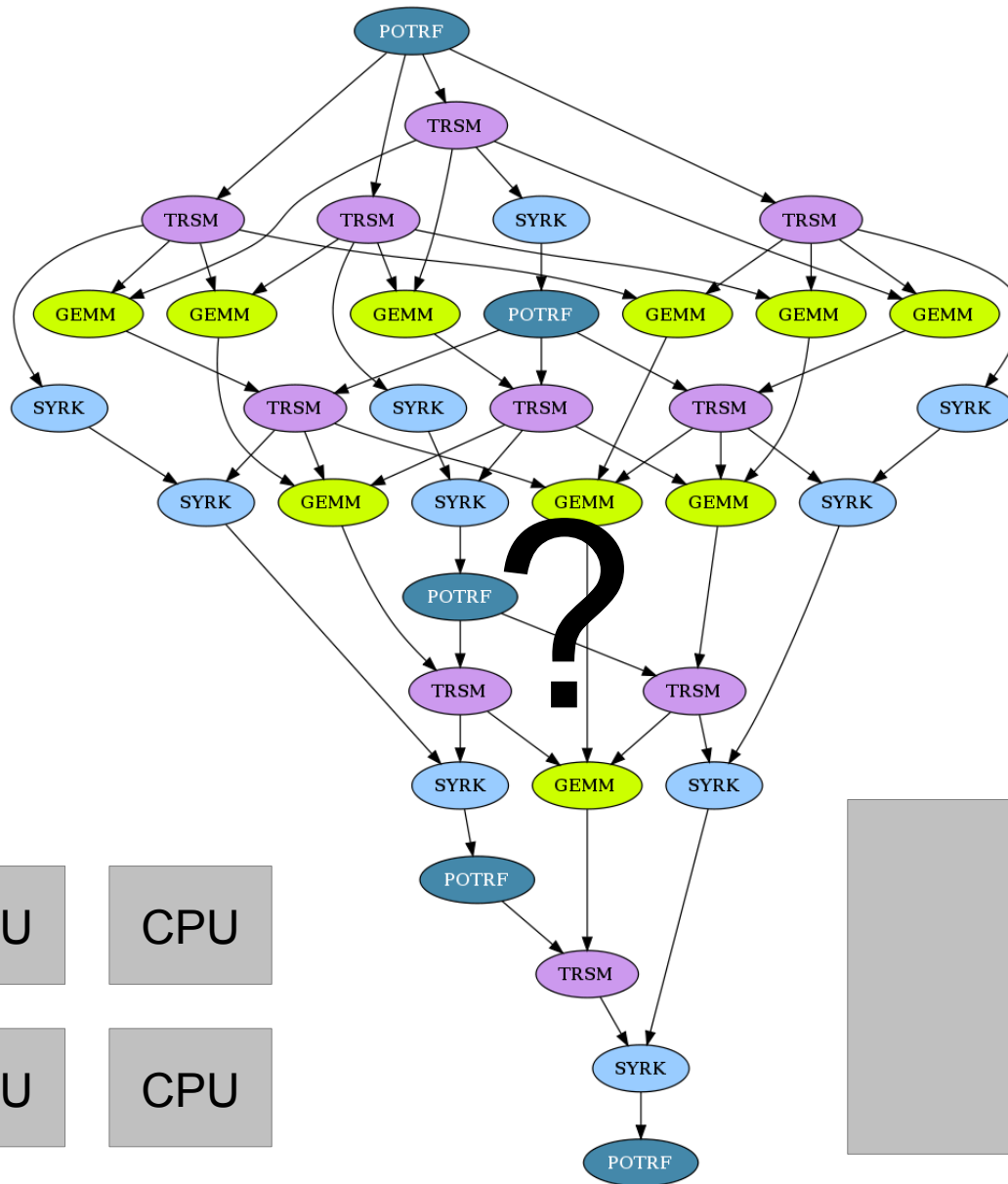
(Division) : CPU pas très fort, GPU pas très fort

SYRK

(Multiplication) : CPU moyennement fort, GPU très fort

GEMM

(Multiplication) : CPU moyennement fort, GPU très fort

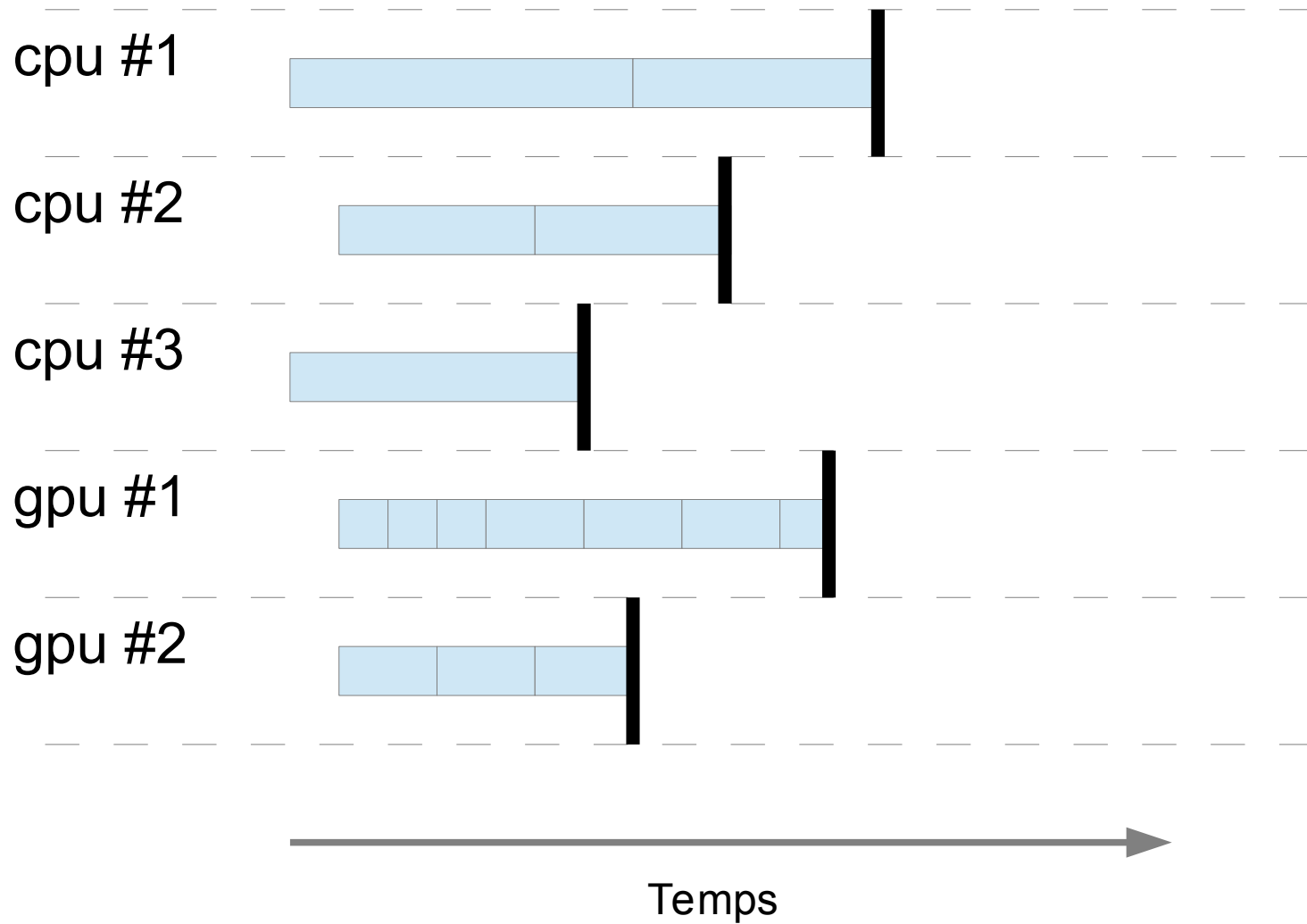


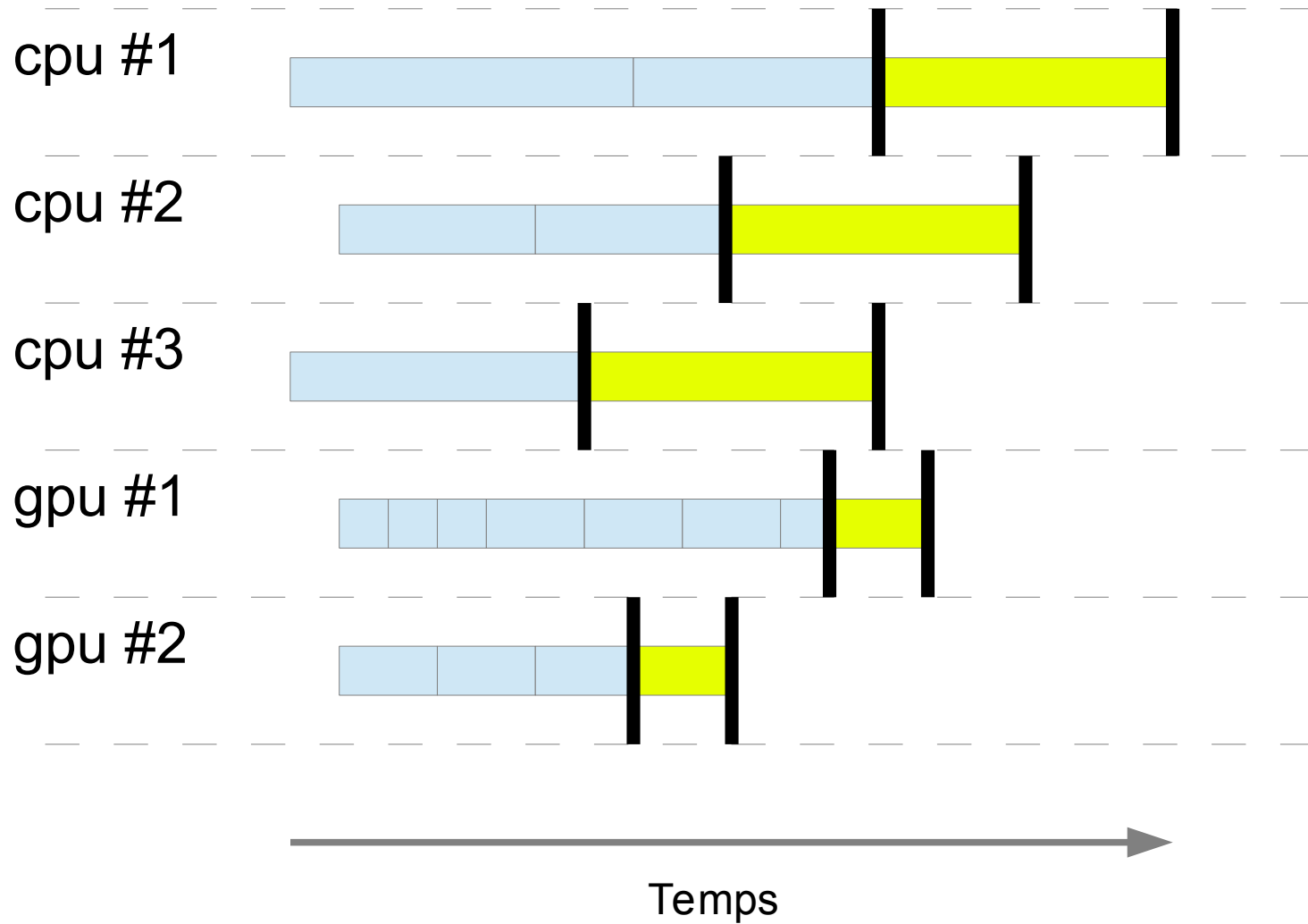
CPU CPU
CPU CPU

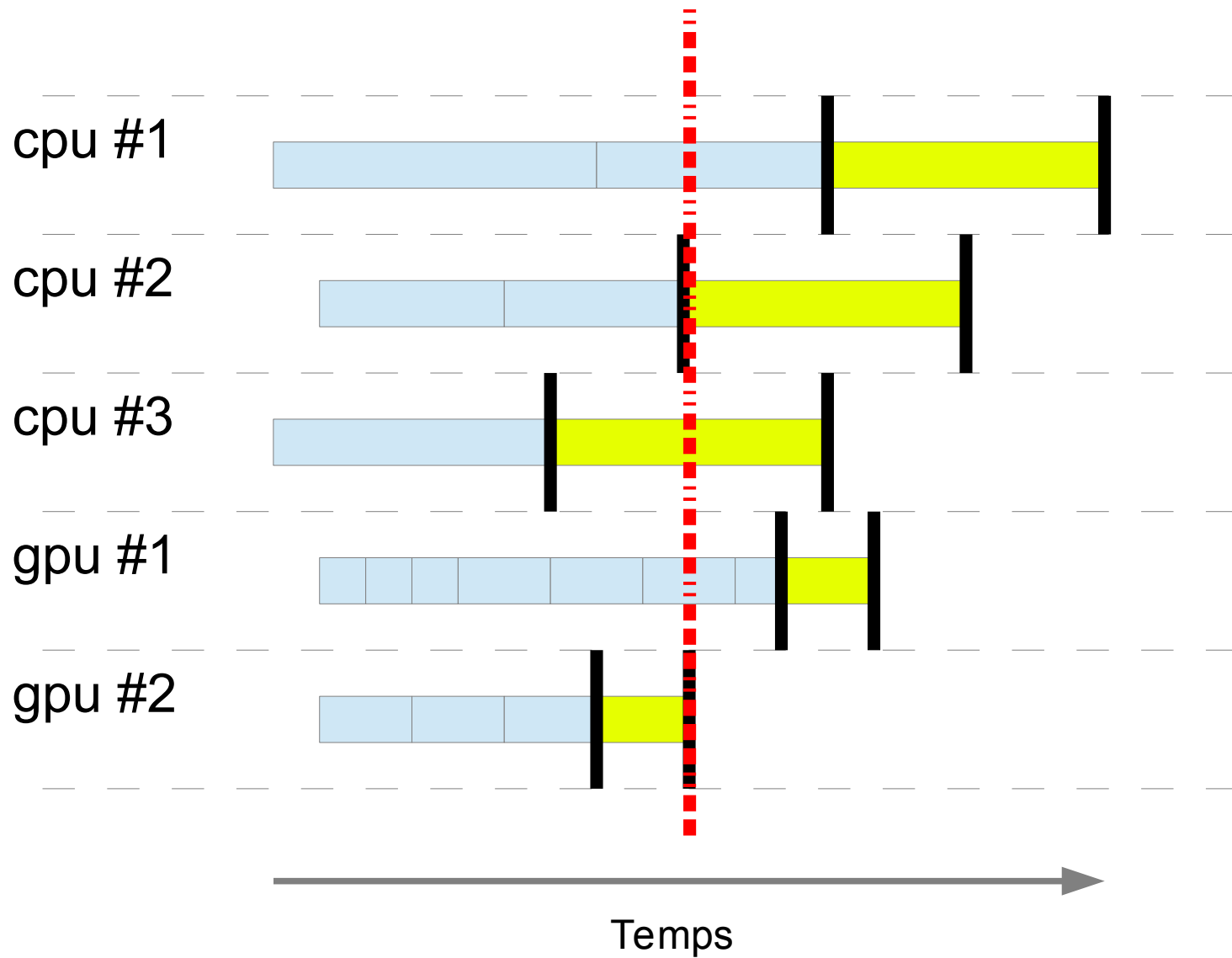
GPU

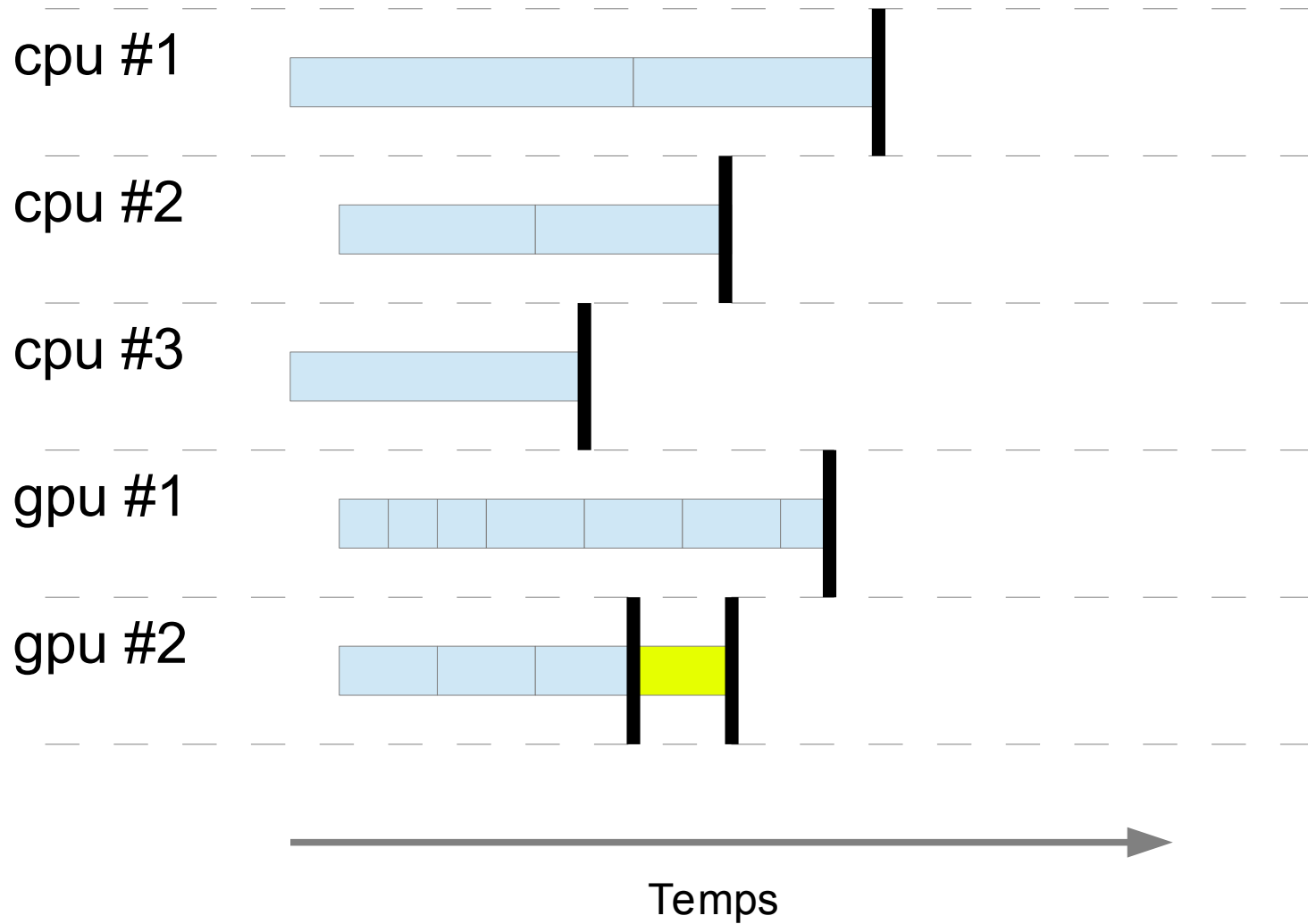
3

Ordonnancement de tâches sur ordinateur hétérogène





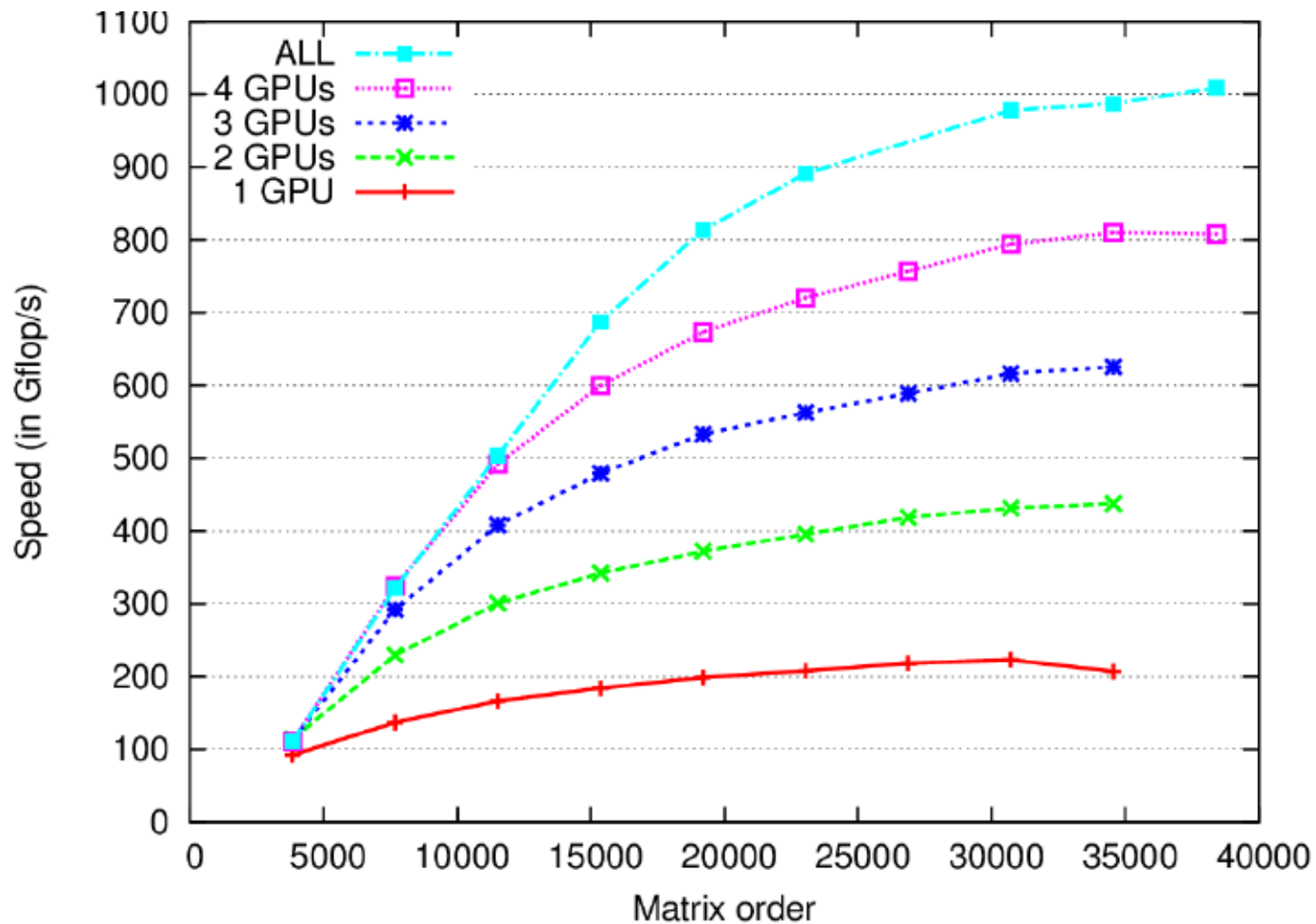




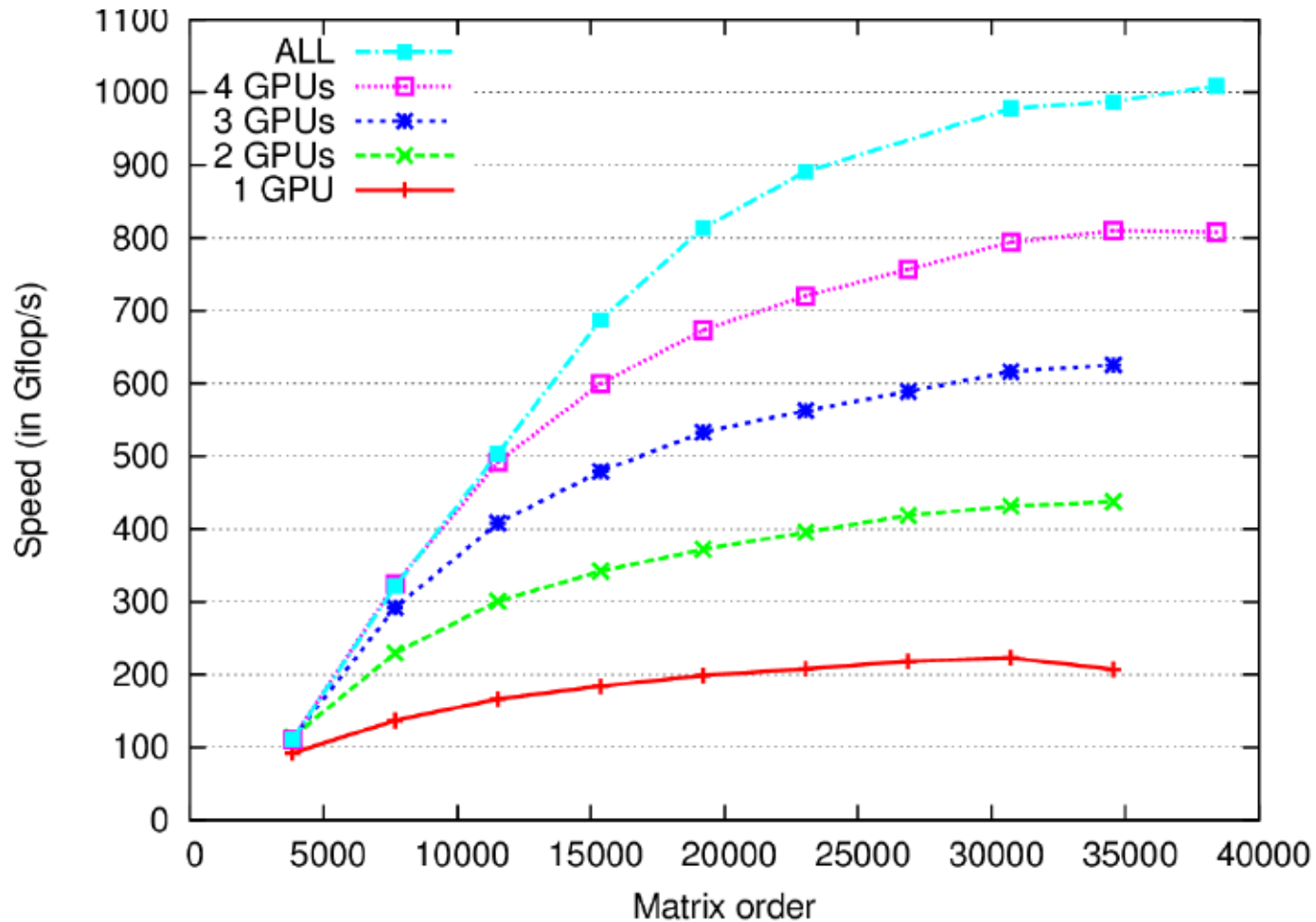
Algorithme

- Pour chaque tâche prête
 - Pour chaque processeur
 - Calculer le temps de terminaison de la tâche
 - Choisir le processeur qui a le temps de terminaison minimum

Résultat



Résultat



4

Conclusion

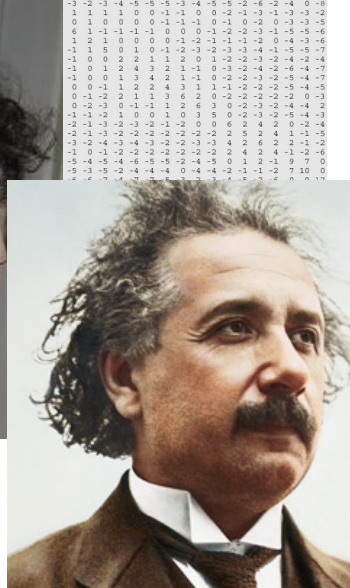
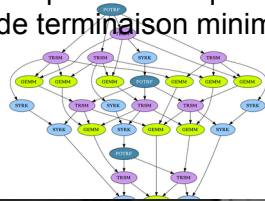
L'hétérogénéité c'est utile !

différents calculs $\leftrightarrow$ différents processeurs

Permet de calculer plus vite !



- Pour chaque tâche prête
 - Pour chaque processeur
 - Calculer le temps de terminaison de la tâche
 - Choisir le processeur qui a le temps de terminaison minimum



$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho \vec{V}) = 0$$
$$\frac{\partial(\rho \vec{V})}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho \vec{V} \vec{V}) = \vec{\nabla} \cdot \mathbf{P} + \rho \vec{g}$$
$$\frac{\partial(\rho E)}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho E \vec{V}) = \vec{\nabla} \cdot (\mathbf{P} \cdot \vec{V}) + \rho \vec{g} \cdot \vec{V} - \vec{\nabla} \cdot \vec{q} - \vec{\nabla} \cdot \vec{q}_R$$



5

Mon parcours

École primaire

- École des Tilleuls de Neuvy-le-Roi
- De la musique
- Du football
- et... bricoler sur l'ordinateur

« Musicien-bricoleur »



Collège

Collège Racan



- Mes matières préférées: Mathématiques, Technologie, Physique
- Toujours de la musique et du football
- et... bricoler sur les ordinateurs du CDI
- Rencontre de Jissé Boggio
- Journées avec téléphonie et informatique

Lycée (3 ans)

Lycée Descartes, Tours

- Série (S)cientifique
- Spécialité Mathématiques
- Toujours de la musique
- et... bricoler sur les ordinateurs du CDI
- Dévoré des livres sur l'informatique
- Quoi ensuite ?



Classes préparatoire (2 ans)

Lycée Descartes, Tours

- Préparatoire MPSI puis MP*
- (Un peu de musique)
- (et... un peu bricoler sur mon ordinateur)
- Concours !
 - Polytechnique, ENS, Mines, ...



Classes préparatoire (2 ans)

Lycée Descartes, Tours

- Préparatoire MPSI puis MP*
- (Un peu de musique)
- (et... un peu bricoler sur mon ordinateur)
- Concours !
 - Polytechnique, **ENS**, Mines, ...



ENS Lyon (3 ans)

École Normale Supérieure

- Former les enseignants-chercheurs
- Département Informatique
- Un peu de Judo
- Beaucoup de musique
- **Beaucoup** bricolé sur mon ordinateur
- Prof de système : Raymond Namyst



Thèse (3 ans)

LaBRI, Bordeaux

(Laboratoire Bordelais de Recherche en Informatique)

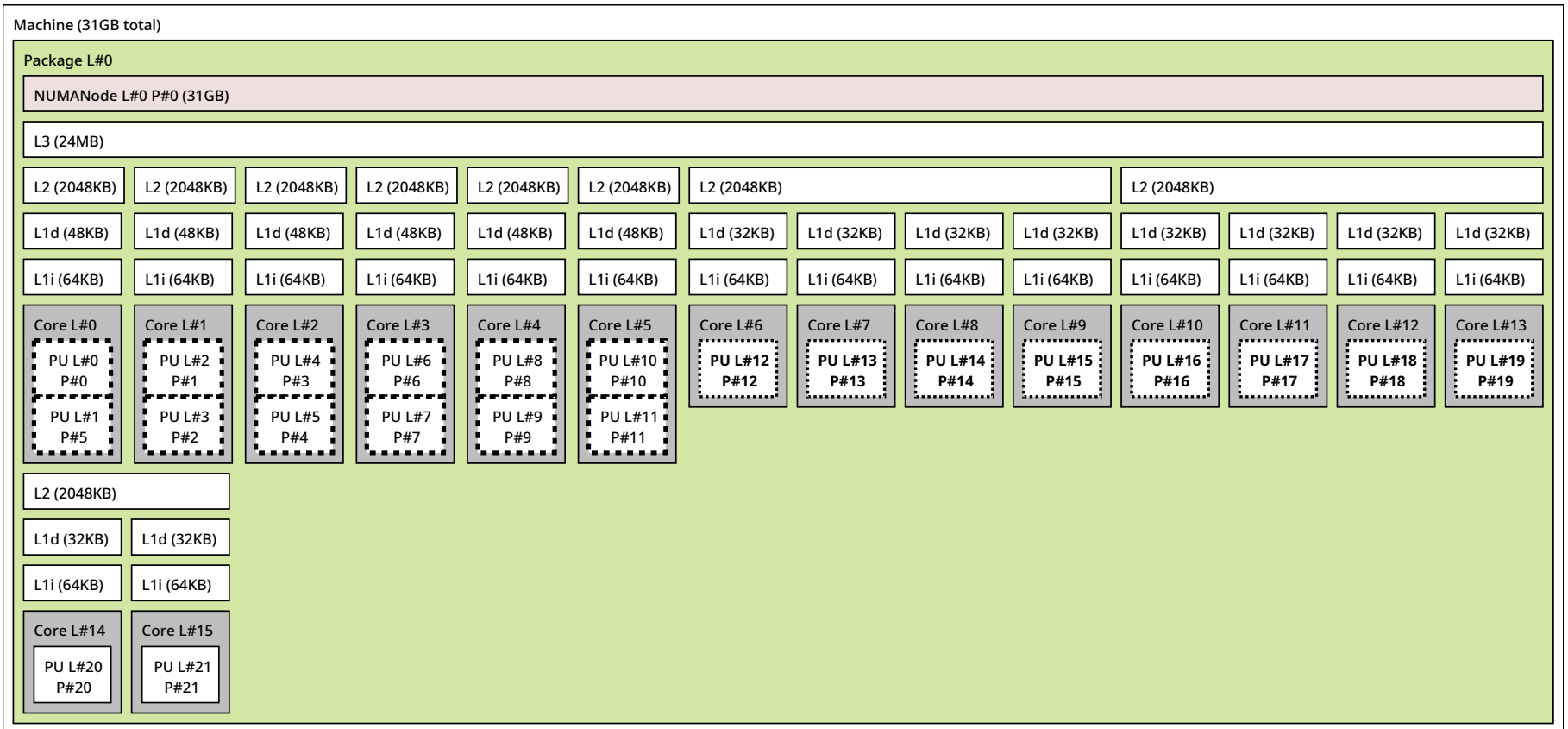
Enseignant-chercheur « débutant »

- Commencé à enseigner
 - À des étudiants à peine moins âgés que moi
- Recherche sur les machines hiérarchiques



Thèse (3 ans)

Structure des ordinateurs → hwloc



Post-Doctorat (1 an)

XenSource, Cambridge

- Recherche en virtualisation des ordinateurs
- Angleterre !

Musique



Enseignant-chercheur

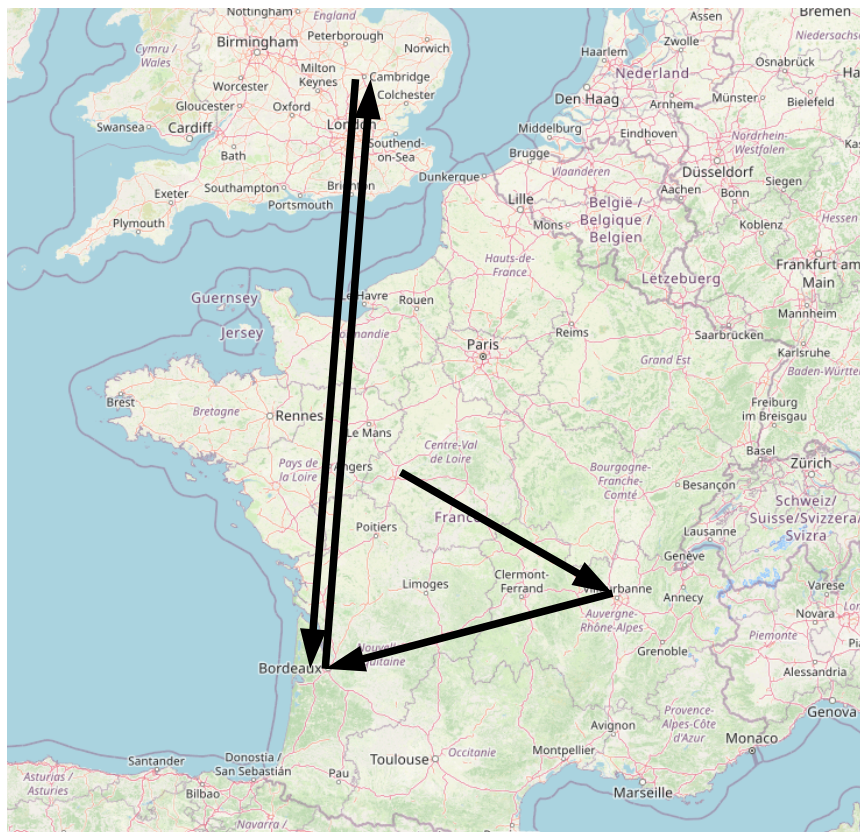
LaBRI, Bordeaux

- Enseignement
- Recherche

Musique



Bouger



Changer de ville voire de pays
Changer d'amis
Découvrir de nouveaux horizons

Quel parcours ?

- Pas d'idée précise au départ
 - Bricolé
 - Écouté mes enseignants
 - Regardé ce que j'aime faire
 - Regardé ce qui est possible
 - Travaillé pour m'ouvrir des possibilités
- « Musicien bricoleur »

Merci !