



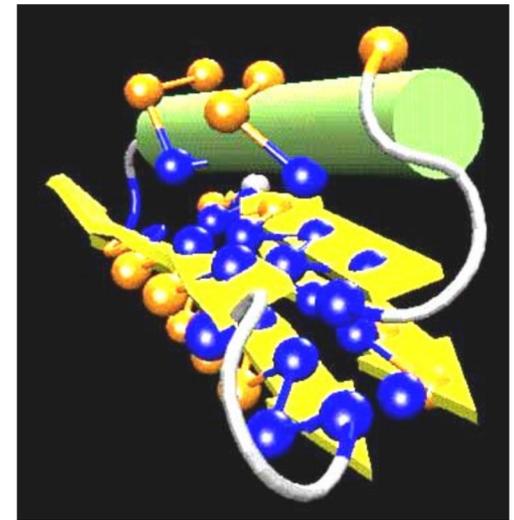
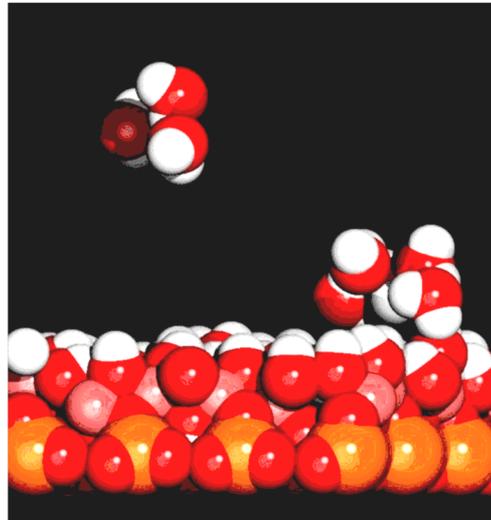
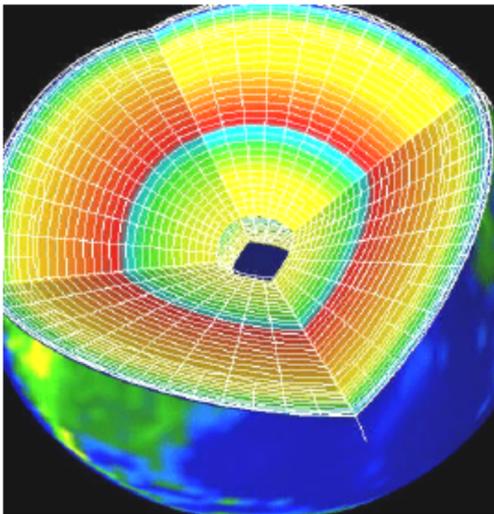
Ordonnancement de tâches sur ordinateur hétérogène pour le calcul hautes performances

1

Calcul hautes performances

Calcul hautes performances

Simulation !



Quel temps va-t-il faire ?



Météorologue



Météorologue

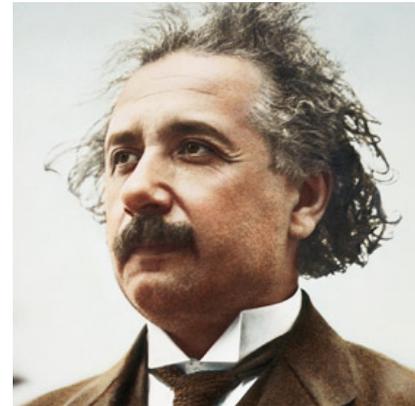


De l'air chaud, de l'air froid, des nuages, du vent...

Comment cela va-t-il évoluer ?

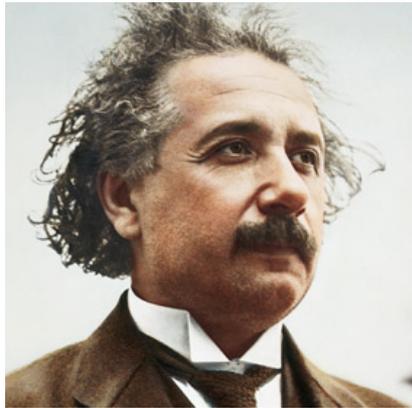


Météorologue



Physicien





Physicien

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

La matière se conserve

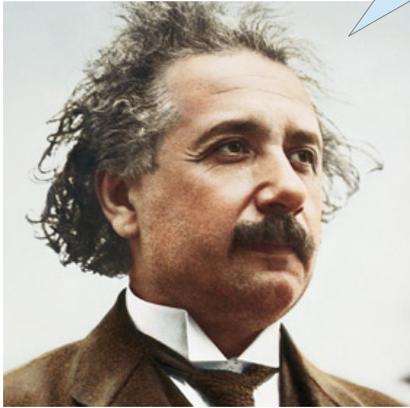
$$\frac{\partial (\rho \vec{v})}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho \vec{v} \otimes \vec{v}) = -\vec{\nabla} p + \vec{\nabla} \cdot \bar{\bar{\tau}} + \rho \vec{f}$$

La matière se déplace

$$\frac{\partial (\rho e)}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot [(\rho e + p) \vec{v}] = \vec{\nabla} \cdot (\bar{\bar{\tau}} \cdot \vec{v}) + \rho \vec{f} \cdot \vec{v} - \vec{\nabla} \cdot (\vec{q}) + r$$

L'énergie se conserve (chaleur/vitesse)

Comment résoudre tout cela ?



Physicien

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

Mathématicienne

$$\frac{\partial (\rho \vec{v})}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho \vec{v} \otimes \vec{v}) = -\vec{\nabla} p + \vec{\nabla} \cdot \bar{\bar{\tau}} + \rho \vec{f}$$

$$\frac{\partial (\rho e)}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot [(\rho e + p) \vec{v}] = \vec{\nabla} \cdot (\bar{\bar{\tau}} \cdot \vec{v}) + \rho \vec{f} \cdot \vec{v} - \vec{\nabla} \cdot (\vec{q}) + r$$

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

$$\frac{\partial (\rho \vec{v})}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho \vec{v} \otimes \vec{v}) = -\vec{\nabla} p + \vec{\nabla} \cdot \vec{\tau} + \rho \vec{f}$$

$$\frac{\partial (\rho e)}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot [(\rho e + p) \vec{v}] = \vec{\nabla} \cdot (\vec{\tau} \cdot \vec{v}) + \rho \vec{f} \cdot \vec{v} - \vec{\nabla} \cdot (\vec{q}) + r$$

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

Cholesky

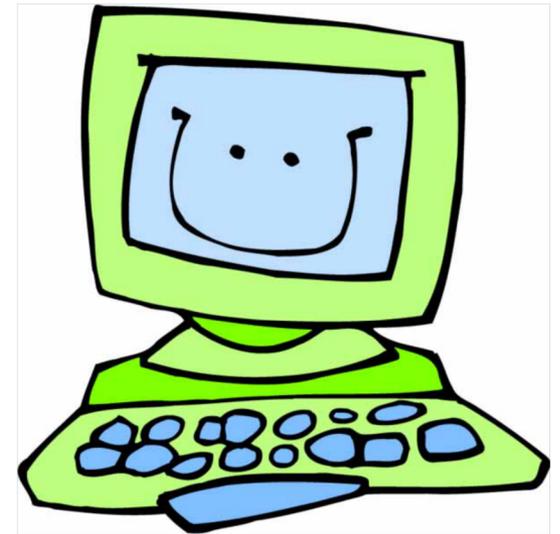
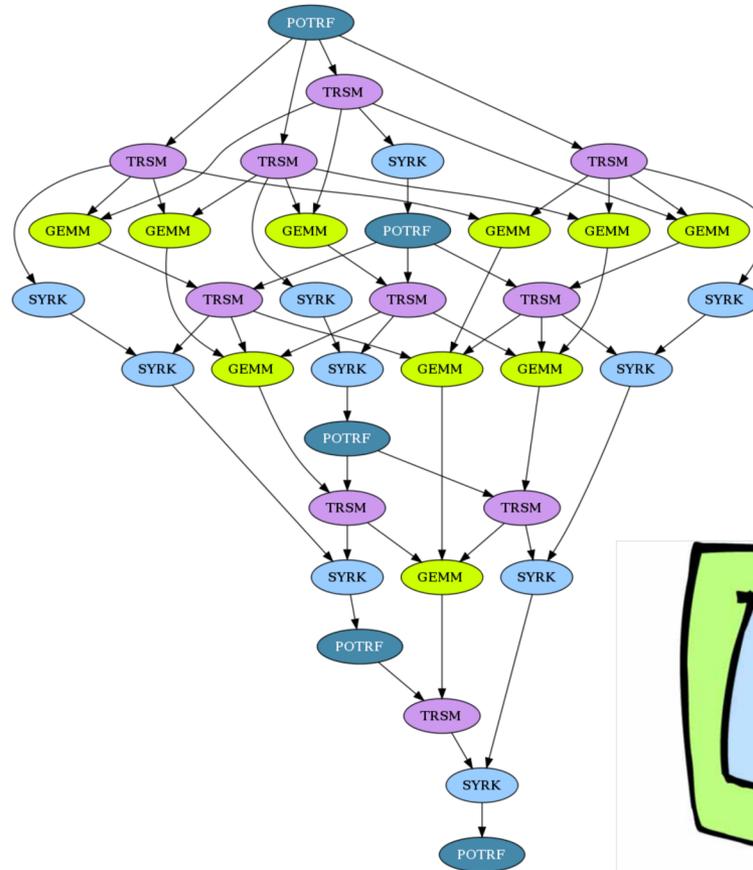


Numéricien

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	0	0	-1	-1	0	0	-2	-1	-3	-1	-3	-3	-2	
-2	1	3	0	1	0	0	0	-1	-1	-1	0	-1	0	-2	0	-3	-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	-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	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	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	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



Informaticien



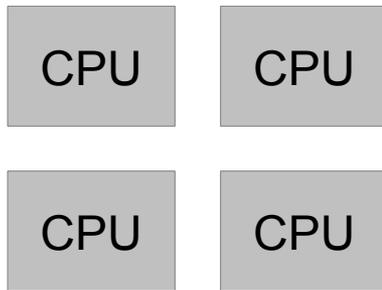
Mais l'ordinateur est hétérogène !

2

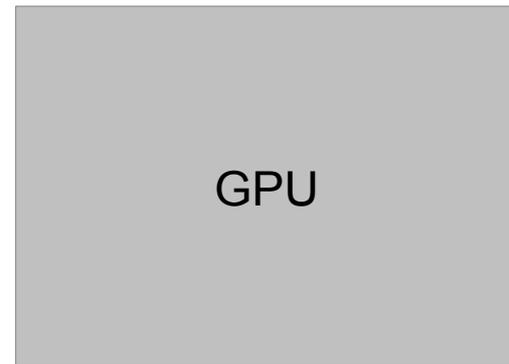
Ordinateur hétérogène ?

Mais qu'y a-t-il dans un ordinateur, déjà ?

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

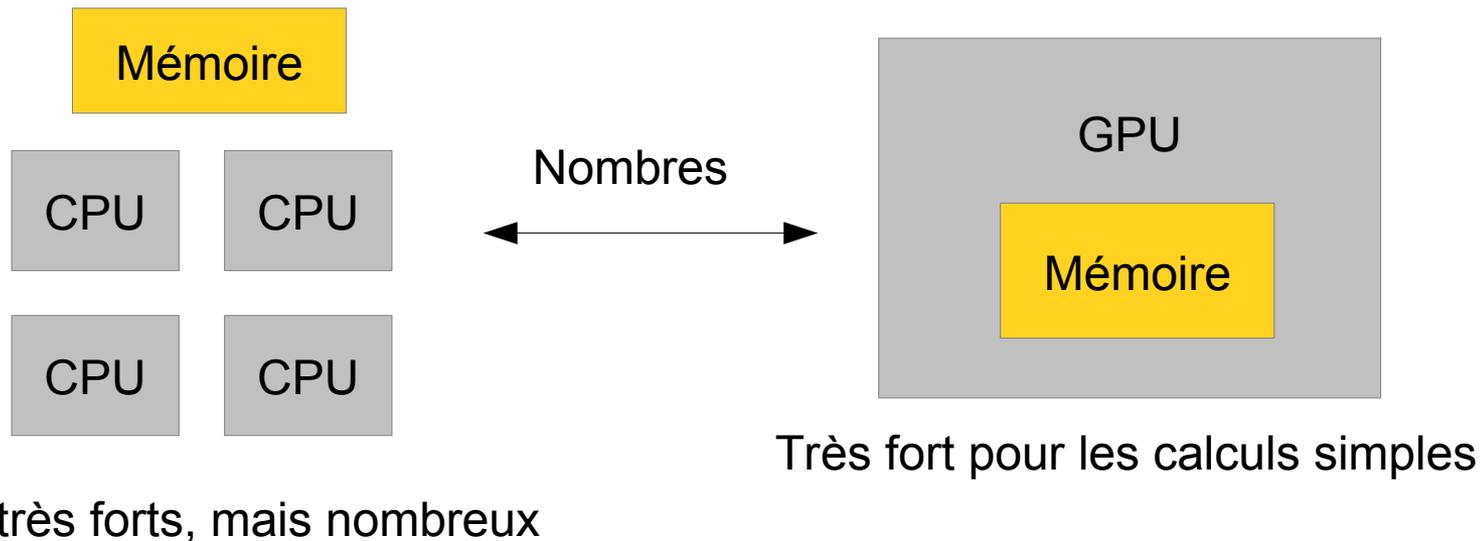
SYRK

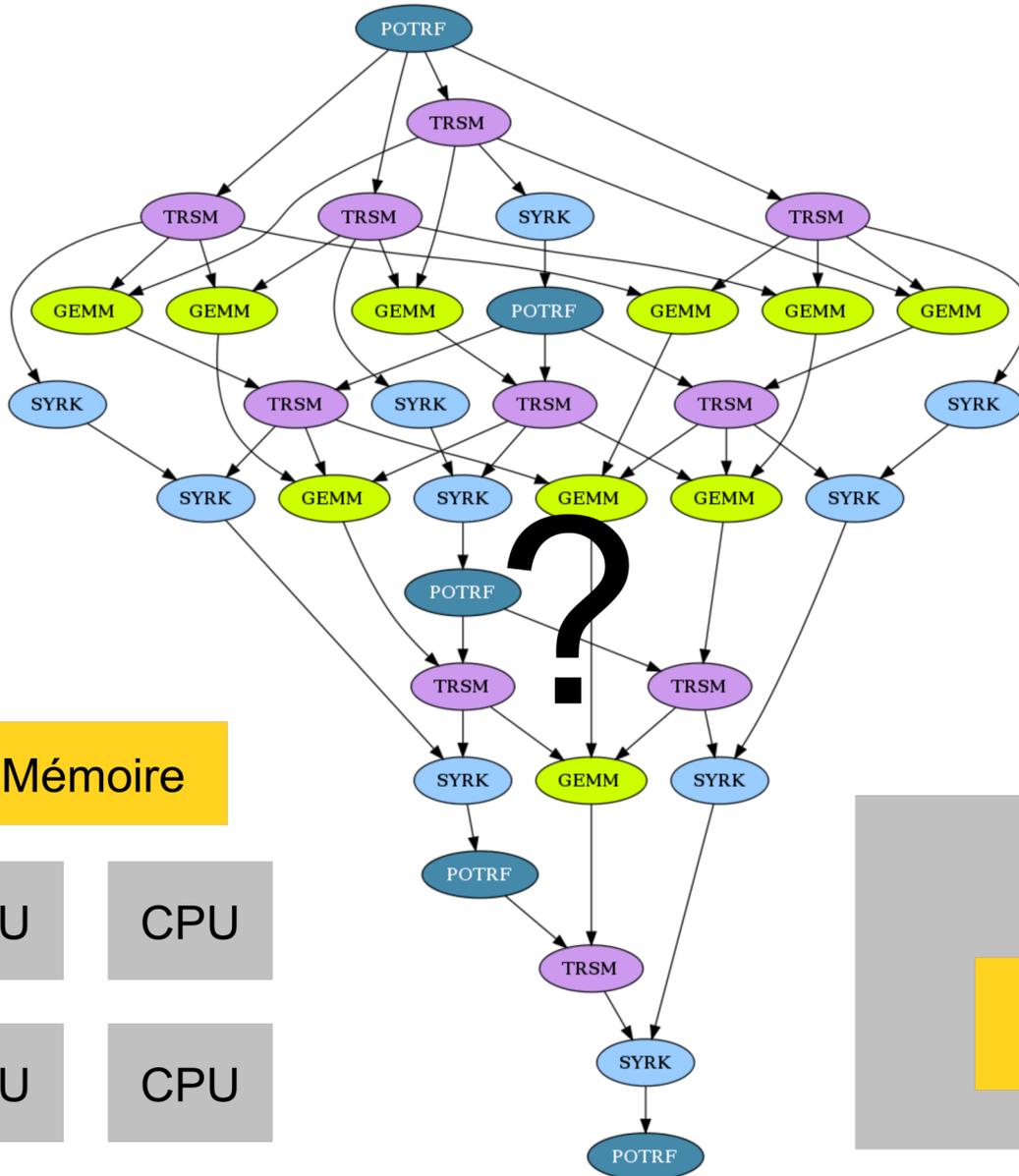
(Multiplication) : CPU moyennement fort, GPU très fort

GEMM

(Multiplication) : CPU moyennement fort, GPU très fort

Et il faut aussi échanger des nombres





Mémoire

CPU

CPU

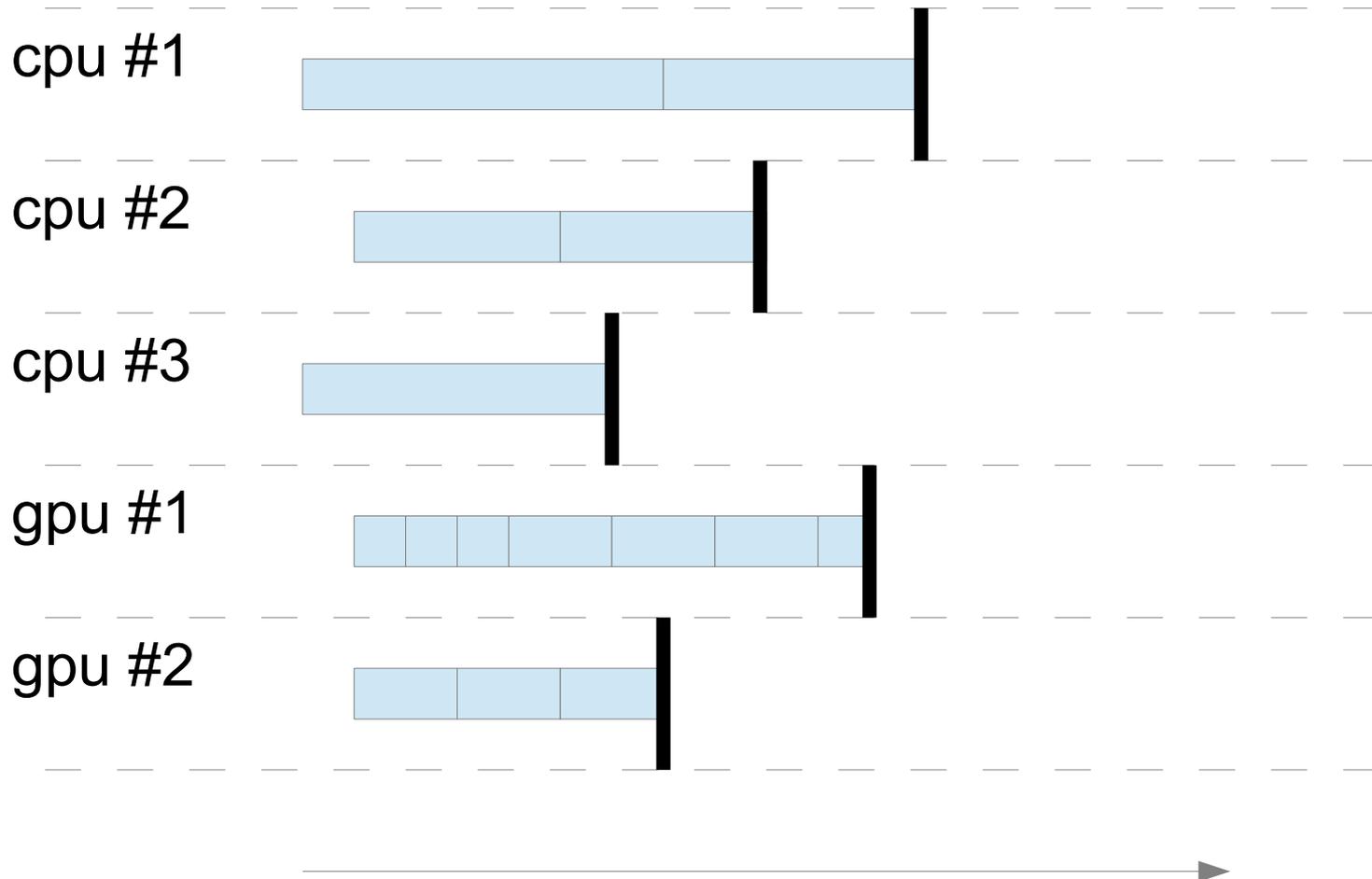
CPU

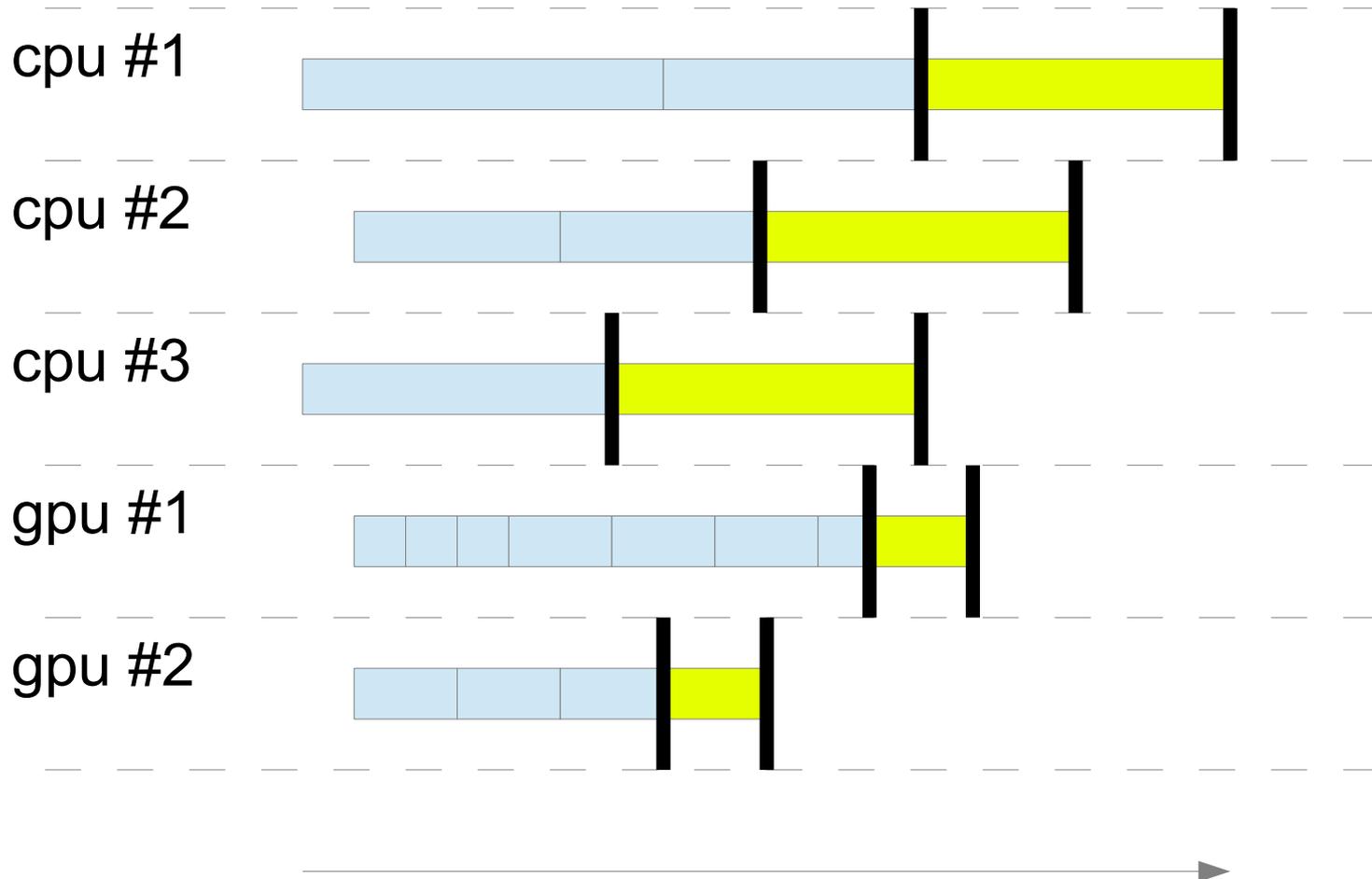
CPU

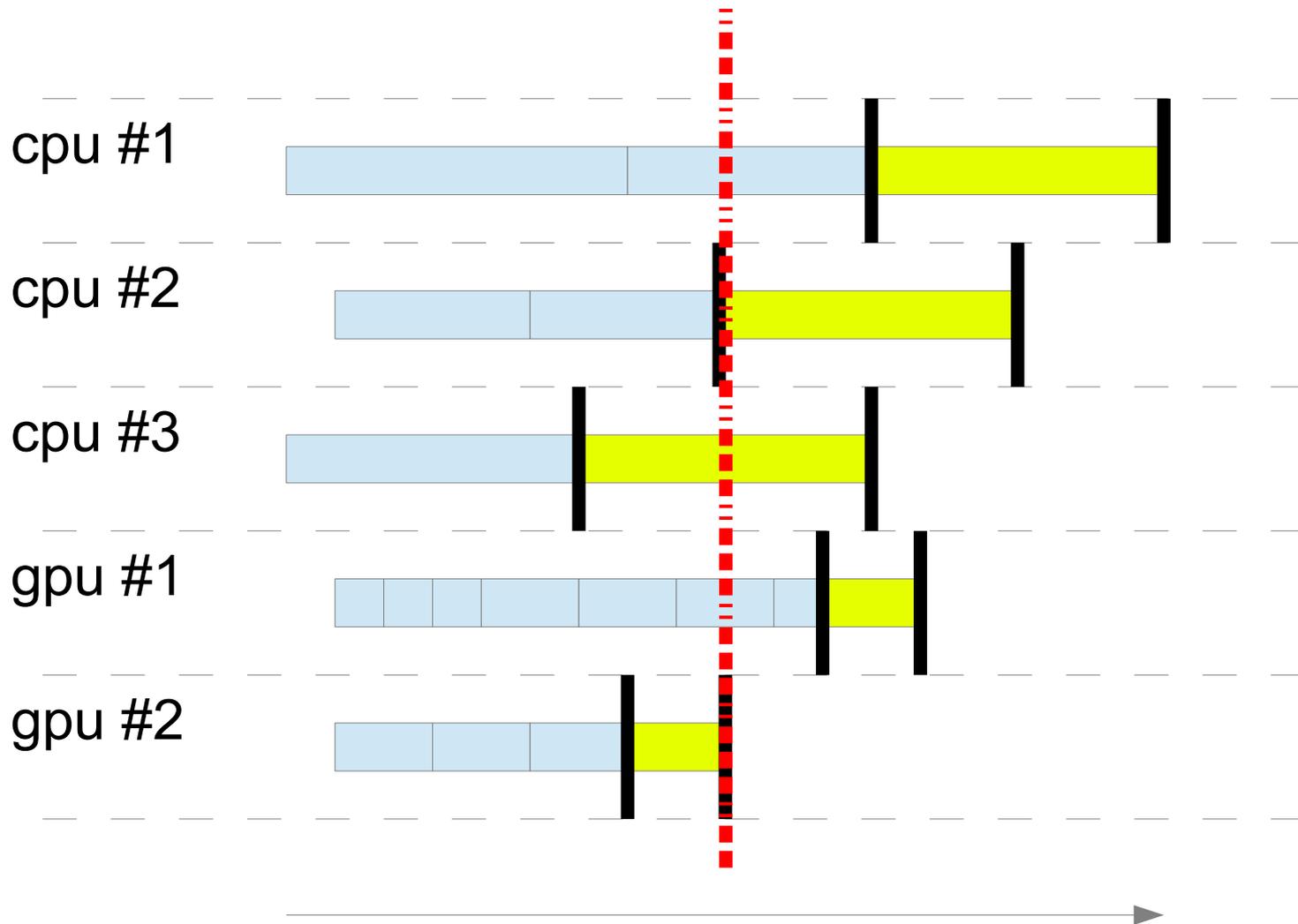
GPU
Mémoire

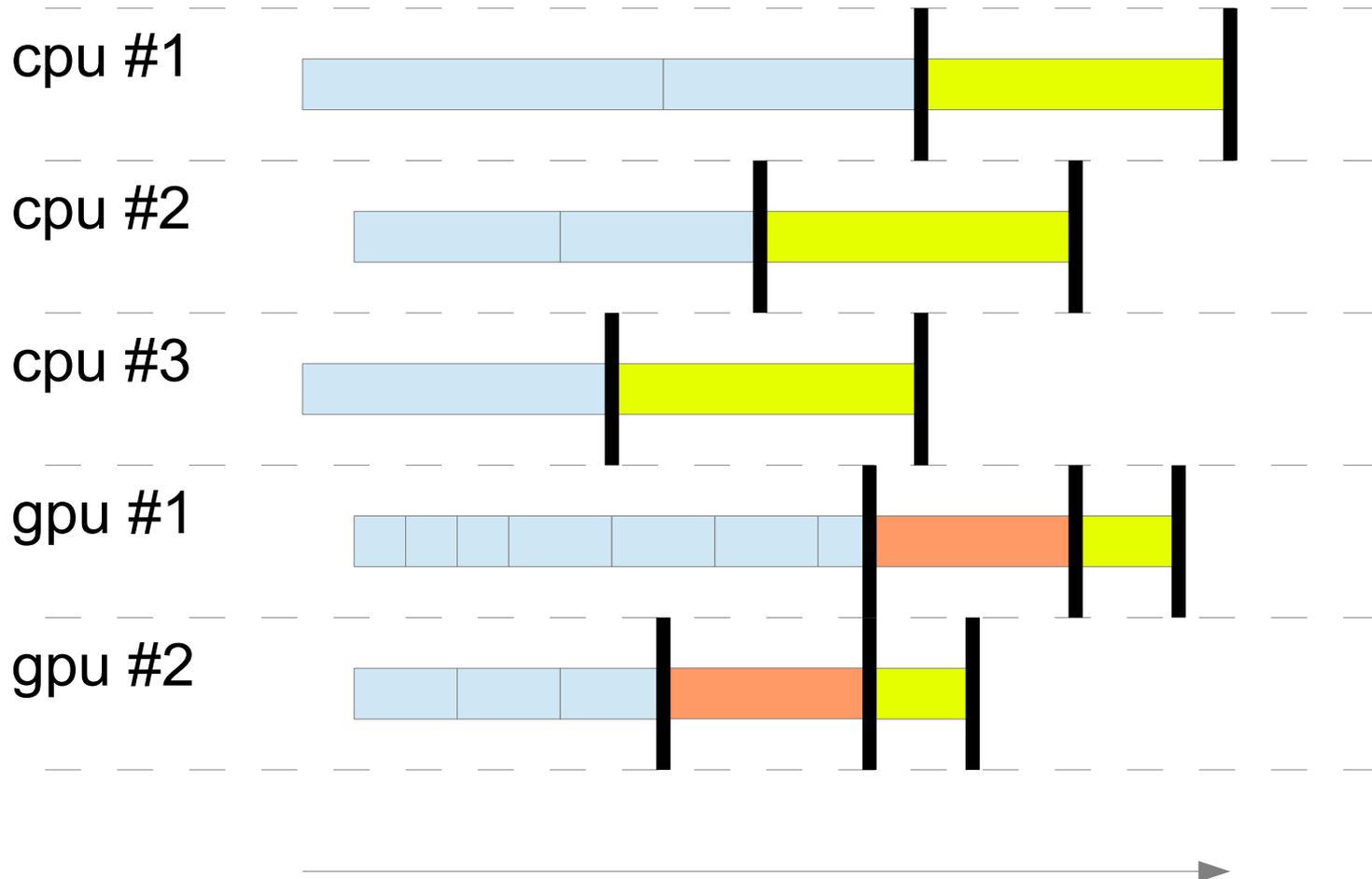
3

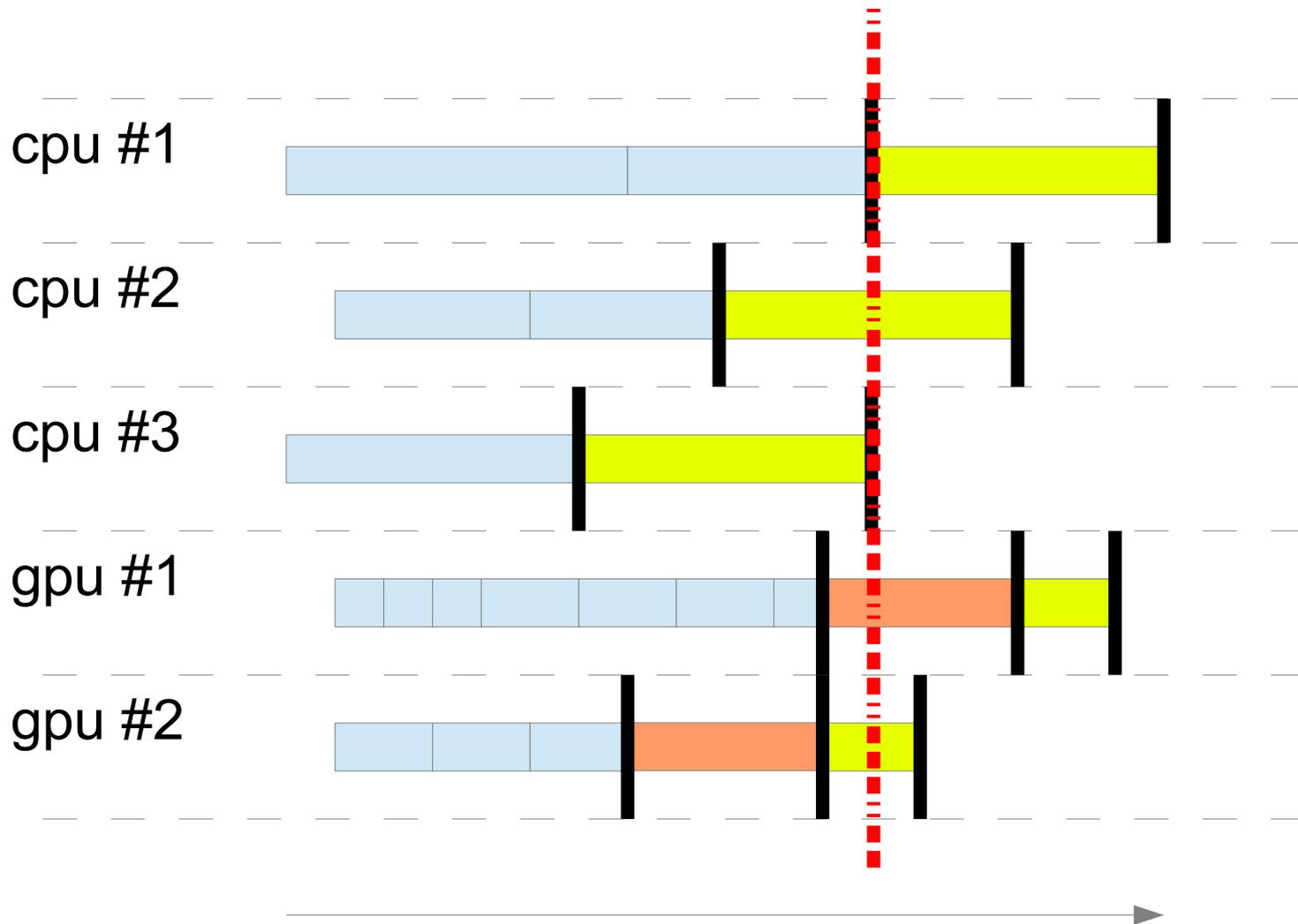
Ordonnancement de tâches sur ordinateur hétérogène

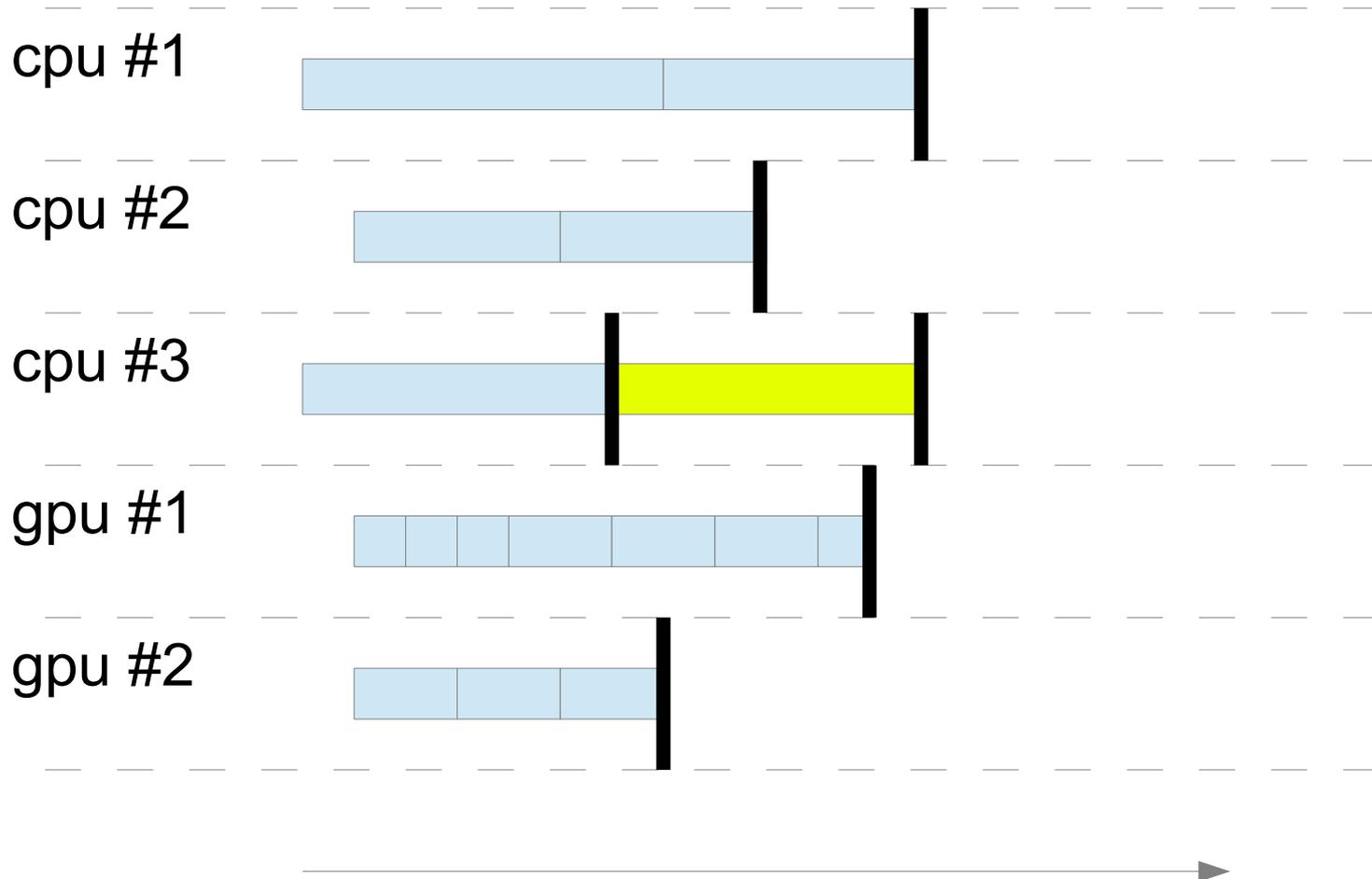








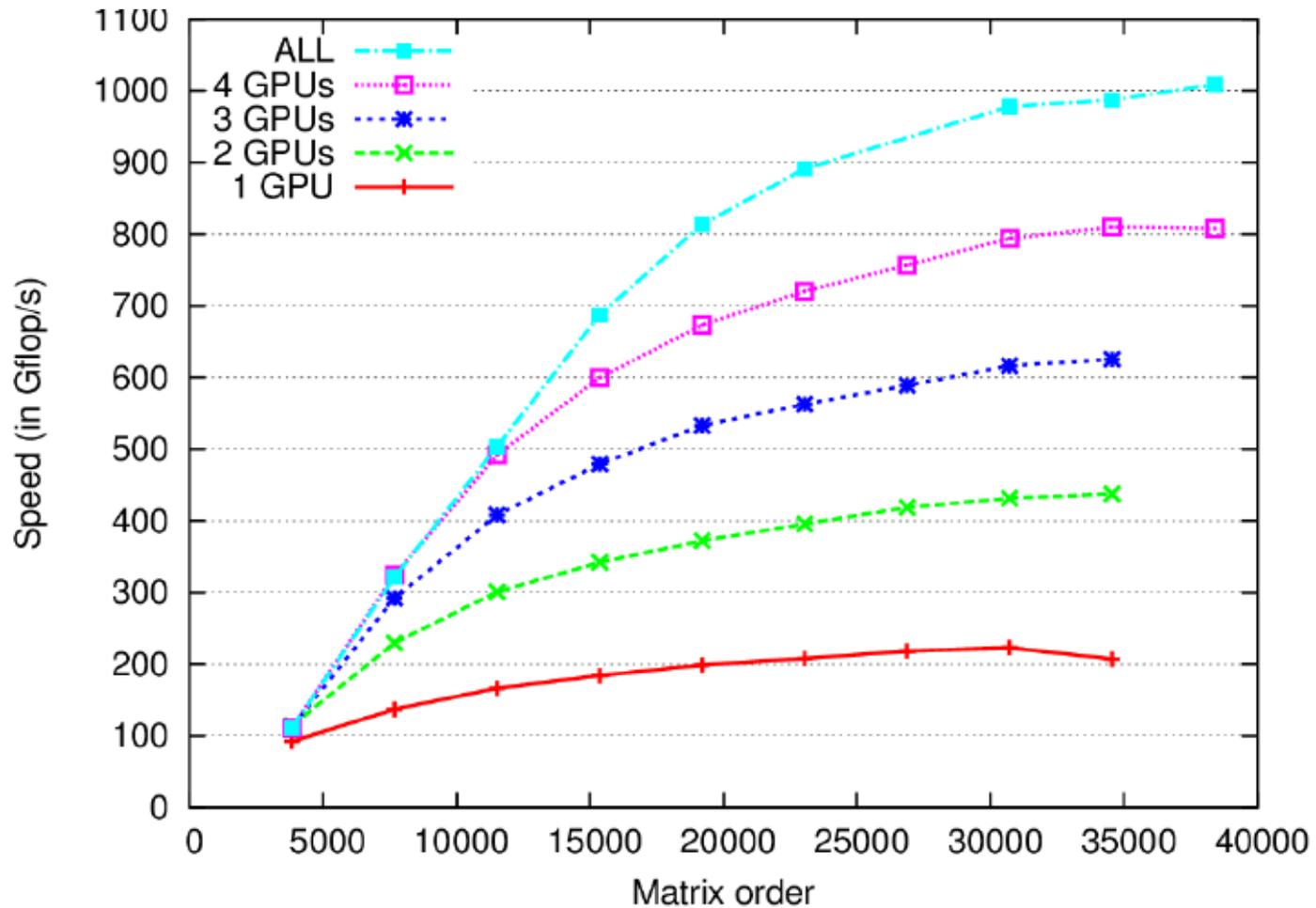




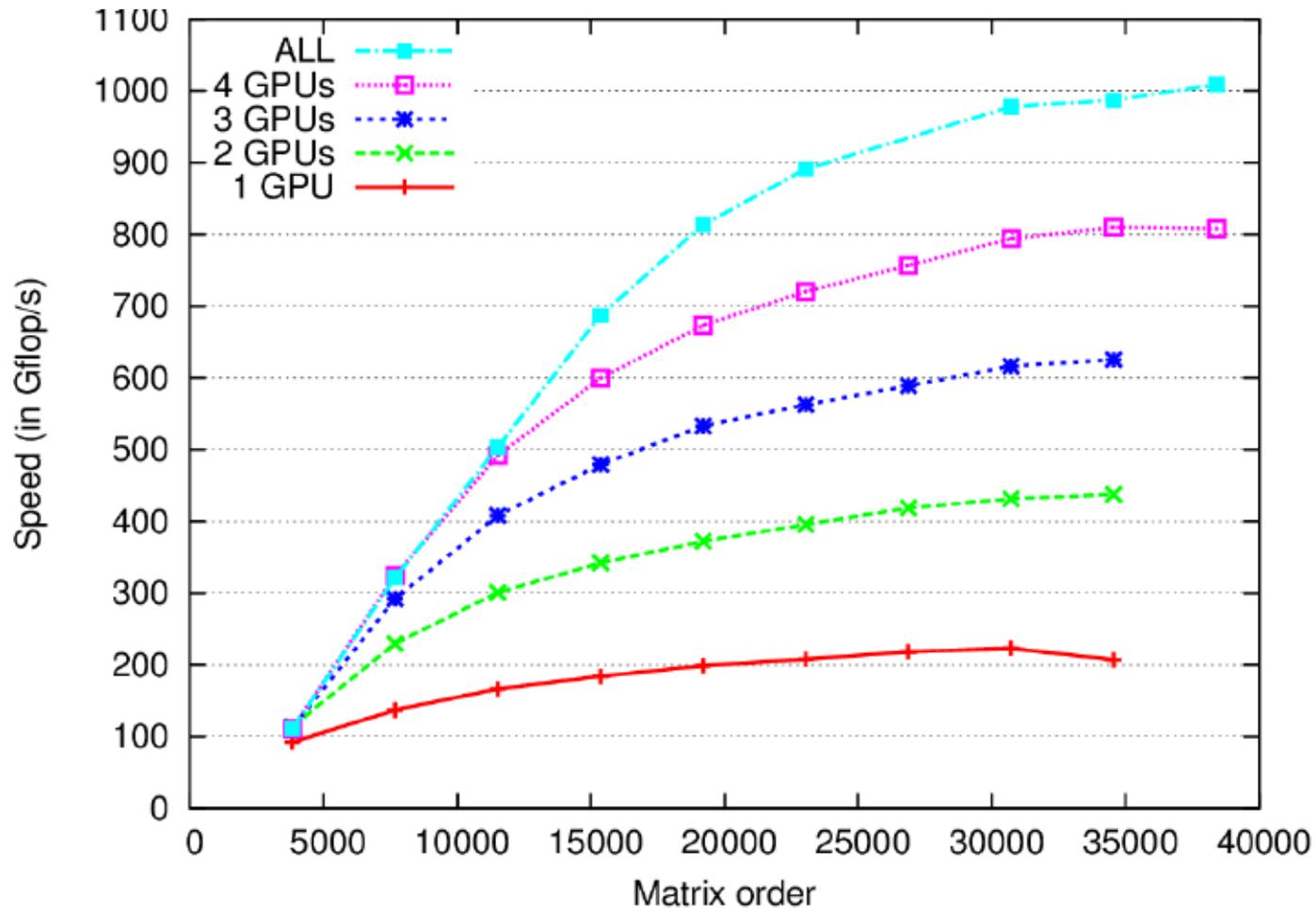
Algorithme

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

Résultat



Résultat



200
>150

4

Conclusion

L'hétérogénéité c'est bien !

différents calculs \leftrightarrow différents processeurs

Permet de calculer plus vite !

Merci !

Inria
INVENTEURS DU MONDE NUMÉRIQUE