CentraleSupélec

Mineure HPC-SBD

L'essentiel d'OpenMP

Stéphane Vialle

CentraleSupélec université PARIS-SACLAY ÉCOLE DOCTORALE Sciences et technologies de l'information et de la communication (STIC) RISEGrid Grand Est ALSACE CHAMPAGNE-ARDENNE LORRAINE

Stephane.Vialle@centralesupelec.fr
http://www.metz.supelec.fr/~vialle

CentraleSupélec

Programmation OpenMP (par partage de mémoire)

1. **Principes d'OpenMP**
2. Détails de syntaxe et de sémantique
3. Optimisations
4. Exemples de parallélisation
5. Bilan d'OpenMP
6. Mesures et représentation de performances

Principes de base

Développer un code séquentiel :
- conception
- implantation
- mise au point

```
Initialisation();
for (i=0; i<N; i++)
   Calcul(i);
Autre_calcul();
```

Ajouter des directives de compilation parallèles
- parallélisation incrémentale
- peu de code supplémentaire
- limité au parallélisme présent dans le code initial

Exemple utilisant une « directive » OpenMP

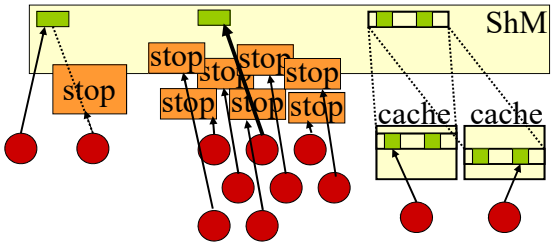
```
#include <omp.h>

Initialisation();
#pragma omp parallel for private(i)
for (i=0; i<N; i++)
   Calcul(i);
Autre_calcul();
```

Programmation OpenMP - principes

Principes de base

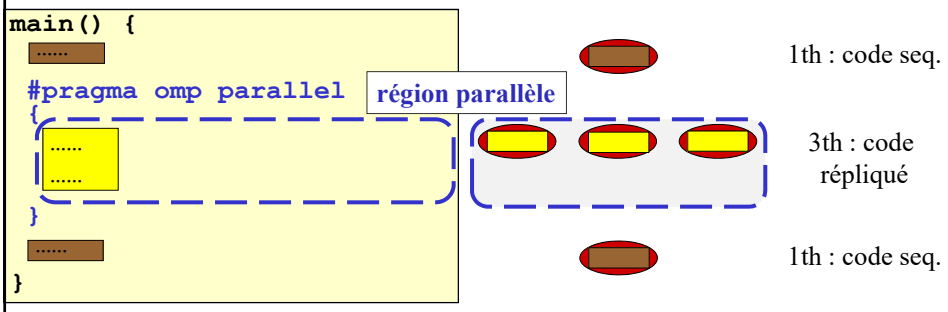
OpenMP : basé sur des *threads* et soumise aux mêmes limites

Exploite une mémoire partagée, mais :
- pb de synchronisation
- pb de contention
- pb de *false sharing*



→ Utiliser OpenMP facilite (souvent) l'implantation, mais ne dispense pas de résoudre les problèmes d'algorithmique parallèle en mémoire partagée.

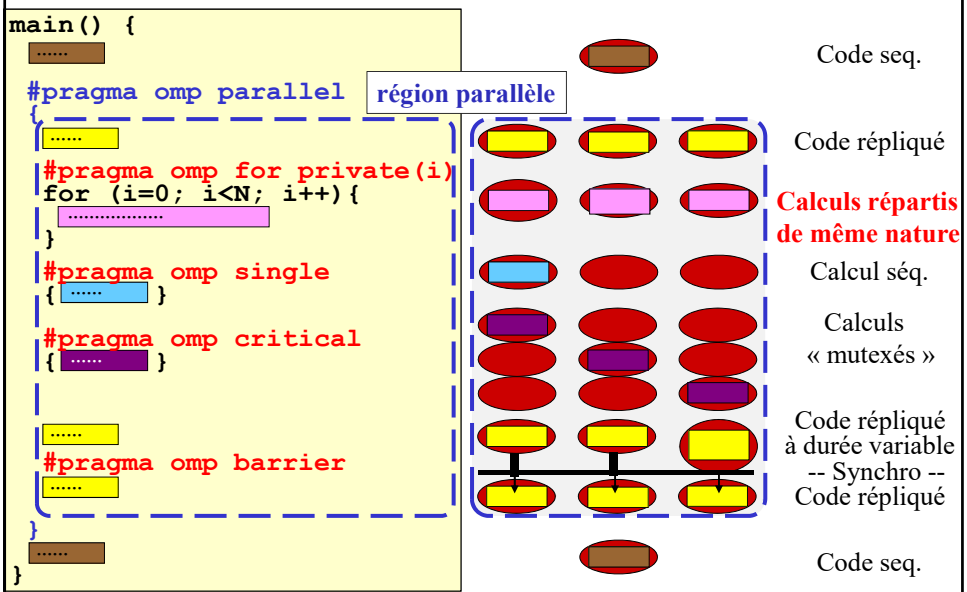
Régions parallèles



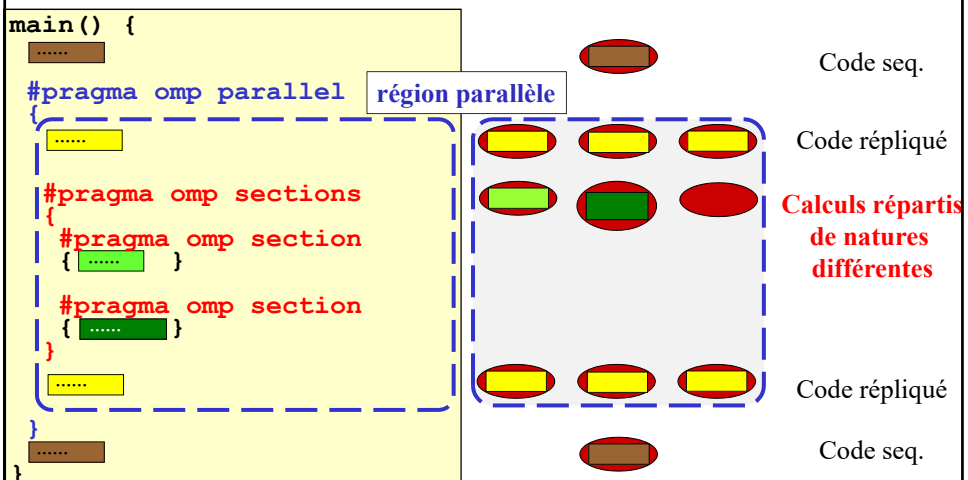
Ex sur une machine à 3 cœurs (!!) :

- Création et destruction de 3 threads en début et fin d'une région parallèle
- « Join » (synchro) automatique sur la mort des 3 threads en sortie de région parallèle
- Syntaxe très simple et concise

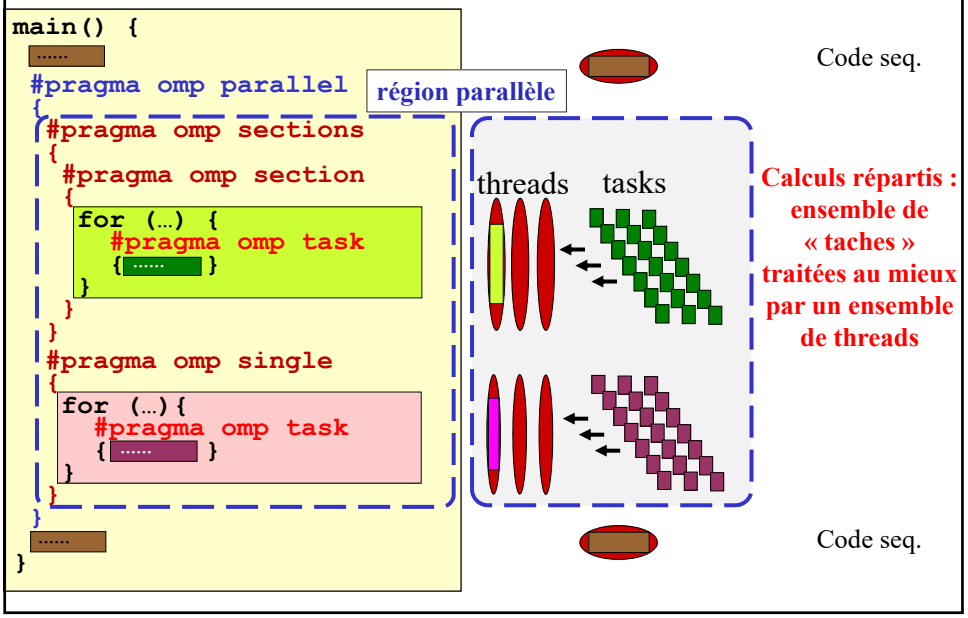
Ctrl du parallélisme par directives



Ctrl du parallélisme par directives



Ctrl du parallélisme par directives



Ctrl explicite du parallélisme

Parallélisation d'un appel de fonction séquentielle :

Code séquentiel

```
main() {
  ......
  f_lib(0, N, SharedTable);
  ......
}
```

Code parallèle

```
main() {
  ......
  #pragma omp parallel
  {
    f_lib(N/omp_get_num_threads()*          // Borne inférieure
          omp_get_thread_num(),
          N/omp_get_num_threads()*          // Borne supérieure
          (omp_get_thread_num()+1),         // (exclue)
          SharedTable);                     // Table à traiter
  }
  ......
}
```

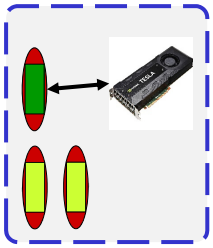
→ code répliqué MAIS avec des paramètres spécifiques à chaque thread

Rmq : il faut que le code de la fonction soit « ré-entrant »

Ctrl explicite du parallélisme

```
main() {
  ......
  #pragma omp parallel
  {
    switch (omp_get_thread_num()) {
    case 0 :
      ......              // calcul sur
      break;              // le GPU
    default :
      ......              // calcul sur
      break;              // les cœurs CPU
    }
  }
  ......
}
```

Hyp : 3 threads OpenMP créés sur une machine à 3 cœurs CPU…



…et l'un des cœurs CPU est dédié au pilotage du GPU

Faire accomplir au thread 0 (qui existe toujours) une tâche spéciale

Ex : pilotage d'un GPU et calculs sur les autres cœurs CPU…
recouvrement d'IO et de calculs sur les autres cœurs CPU…

Région parallèles de directives orphelines

```
main() {
  int i, j;
  #pragma omp parallel
  {
    #pragma omp for private(i)
    for (i=0; i<N; i++)
      .....
    #pragma omp for private(j)
    for (j=0; j<Q; j++)
      .....
  }
}
```

Région parallèle explicite

Région parallèle d'une **directive « orpheline »**

```
main() {
  int i, j;
  #pragma omp parallel for private(i)
  for (i=0; i<N; i++)
    .....
  #pragma omp parallel for private(j)
  for (j=0; j<Q; j++)
    .....
}
```

Directive orpheline :

- plus simple, plus compacte,
- amène sa propre région parallèle minimale,
- provoque la création et la mort automatique de threads à chaque exécution (possible pb de perf, voir plus loin)…

Programmation OpenMP (par partage de mémoire)

1. Principes d'OpenMP
2. **Détails de syntaxe et de sémantique**
3. Optimisations
4. Exemples de parallélisation
5. Bilan d'OpenMP
6. Mesures et représentation de performances

Parallel for

```
main() {
  ......
  #pragma omp parallel
  {
    ......
    #pragma omp for private(i)
    for (i=0; i<N; i++){
      ..................
    }
    ......
  }
  ......
}
```

OpenMP peut paralléliser des boucles de calculs ssi les itérations sont indépendantes.

Sinon, l'algorithme n'est pas parallélisable, et il faut en changer !

Algorithme et code séquentiels

```
for (i = 1; i < N; i++) {
  tab[i] = 1 + (tab[i-1])²
}
```

Algorithme et code parallélisables

```
for (i = 1; i < N; i++) {
  tab2[i] = 1 + (tab1[i-1])²
}
```


Parallel for

Création de variables privées aux threads : clause « private »

```
#define N 1000
double Tab1[N], Tab2[N];
main() {
 int i;
 double alpha = 2.0;
 .........
 #pragma omp parallel for private(i)          \
                          shared(Tab1,Tab2)  \
                          shared(alpha)
 for (i = 0; i < N; i++) {
   double coef;           // var locale (privée)
   coef = pow(Tab1[i],alpha);
   Tab2[i] *= coef;
 }
}
```

Les compteurs de boucles déclarés en amont des boucles des threads doivent être transformés en variables privées.

Rmq : fait par le compilateur en théorie…

Parallel for

Création de variables privées aux threads : def. de variables locales

```
#define N 1000
double Tab1[N], Tab2[N];
main() {

 double alpha = 2.0;
 ……..
 #pragma omp parallel for shared(Tab1,Tab2) \
                          shared(alpha)
 for (int i = 0; i < N; i++) {
   double coef;           // var locale : privée
   coef = pow(Tab1[i],alpha);
   Tab2[i] *= coef;
 }
}
```

Les compteurs de boucles déclarés dans les boucles sont automatiquement privés à chaque thread

CentraleSupélec
Programmation OpenMP - principes

Parallel for

Propagation de valeur aux variables privées : clause « firstprivate »

```
#define N 1000
double Tab[2][N];
main() {
 int i, c;
 int idx = 0;
 double a = 2.0;
 #pragma omp parallel        \
         private(i,c,idx)    \
         shared(Tab)         \
         shared(a)
 {
  idx = 0; // NE PAS OUBLIER
  for (c = 0; c < NbC; c++){
    #pragma omp for
    for (i = 0; i < N; i++){
      double coef =
        pow(Tab[idx][i],a);
      Tab[1-idx][i] *= coef;
    }
    idx = 1 - idx;
  }
 }
 printf("%d",idx); // → 0
}
```

```
#define N 1000
double Tab[2][N];
main() {
 int i, c;
 int idx = 0;
 double a = 2.0;
 #pragma omp parallel        \
         private(i,c)        \
         firstprivate(idx)   \
         shared(Tab)         \
         shared(a)
 {
  for (c = 0; c < NbC; c++){
    #pragma omp for
    for (i = 0; i < N; i++){
      double coef =
        pow(Tab[idx][i],a);
      Tab[1-idx][i] *= coef;
    }
    idx = 1 - idx;
  }
 }
 printf("%d",idx); // → 0
}
```

Voir aussi « lastprivate »

Parallel reduce

Def : une « réduction » passe d'un vecteur de dimension *n* à un vecteur de dimension *m* (< *n*). Ex : un vecteur → un scalaire.

Le « `parallel for` » d'OpenMP permet aussi de faire des réductions :

```
double x[N], y[N];
double Sx = 0.0, Sy = 0.0;
double MoyX, MoyY;
int i;

#pragma omp parallel for private(i)          \
                         shared(x, y)        \
                         reduction(+: Sx, Sy)
for (i = 0; i < N; i++) {
  Sx = Sx + x[i];          // local Sx
  Sy = Sy + y[i];          // local Sy
}
// global Sx = sum of all local Sx (idem Sy)
MoyX = Sx/N;               // global Sx
MoyY = Sy/N;               // global Sy
```

Cohérence de l'opérateur et des opérations : à la charge du développeur

Contrôle de l'ampleur du parallélisme

Par défaut OpenMP *inonde* le nœud : un thread par cœur logique !
Mais on peut spécifier le nbr de threads créés

Sol 1 : spécifier le nbr de threads à chaque entrée en région parallèle

```
#pragma omp parallel num_threads(10)
{
  ……
}

……

#pragma omp parallel for num_threads(10)
for …

……

#pragma omp parallel for num_threads(2)
for …
```

Impose le nombre de threads créés juste sur une portion de code OpenMP

Commande à re-spécifier à chaque région parallèle (non robuste)

Contrôle de l'ampleur du parallélisme

Par défaut OpenMP *inonde* le nœud : un thread par cœur logique !
Mais on peut spécifier le nbr de threads créés

Sol 2 : spécifier le nbr de threads jusqu'à une nouvelle spécification

```
omp_set_num_threads(10);
#pragma omp parallel {
  ……
}

……

#pragma omp parallel for
for …

……
omp_set_num_threads(2);
#pragma omp parallel for
for …
```

Impose le nombre de threads pout tout le reste du programme

Mais une nouvelle spécification écrase la précédente

Programmation OpenMP - principes

Contrôle de l'ampleur du parallélisme

Par défaut OpenMP *inonde* le nœud : un thread par cœur logique !
Mais on peut spécifier le nbr de threads créés

Sol 3 : les deux types de spécifications sont compatibles

```
omp_set_num_threads(10);
#pragma omp parallel {
  ……
}

……

#pragma omp parallel for
for …

……

#pragma omp parallel for num_threads(2)
for …
```

Impose le nombre de threads pout tout le reste du programme

Mais une nouvelle spécification écrase la précédente

Qu'imprime ce programme ?

```
omp_set_num_threads(10);
printf("Thread %d/%d\n",
       omp_get_thread_num(),
       omp_get_num_threads());

#pragma omp parallel num_threads(2)
{
 printf("Thread %d/%d\n",
        omp_get_thread_num(),
        omp_get_num_threads());
 #pragma omp for private(i,j)
 for (i = 0; i < 4; i++)
   for (j = 0; j < 2; j++)
     print("%d-%d-%d\n",
           omp_get_thread_num(),i,j);
}

printf("Thread %d/%d\n",
       omp_get_thread_num(),
       omp_get_num_threads());
```

Thread 0/1

Thread 0/2 Thread 1/2

ou bien

Thread 1/2 Thread 0/2

th = 0 :

0-0-0
0-0-1
0-1-0
0-1-1

th = 1

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

Thread 0/1

Mesure du temps écoulé

```
start = omp_get_wtime();
#pragma omp parallel \
            private(cycle,i,j)
{
  ..... // PARALLEL COMPUTATIONS
}
finish = omp_get_wtime();

duration  = finish - start;
gigaflops = NbrOPs/duration/1E9;
.....
```

Début de la mesure du temps

Fin de la mesure de temps

Déduction de la vitesse de calcul

`omp_get_wtime()` :

- Portable sous Linux et Windows
- Mesure le temps qui passe (le « wall clock »)
- Est assez précise
- Est très facile à utiliser

Synchronisation par « locks » explicites

Exemple d'utilisation des fonctions d'OpenMP :

```
int compteur = 0;
omp_lock_t Lock
omp_init_lock(&Lock);

#pragma omp parallel
{
.....
omp_set_lock(&Lock);
compteur++ // accès à une rsrc critique
omp_unset_lock(&Lock);
.....
}
.....
omp_destroy_lock(&Lock);
```

Déclaration d'un verrou

Initialisation du verrou

Utilisation du verrou

Libération du verrou

Permet de réaliser une synchronisation par verrous, qui est portable entre Windows et Linux.

Fonctions disponibles en OpenMP

Execution Environment Functions

```
omp_set_num_threads
omp_get_num_threads
omp_get_max_threads
omp_get_thread_num
omp_get_num_procs
```

```
omp_in_parallel
omp_set_dynamic
omp_get_dynamic
omp_set_nested
omp_get_nested
```

Lock Functions

```
omp_init_nest_lock
omp_destroy_nest_lock
omp_set_nest_lock
omp_unset_nest_lock
omp_test_nest_lock
```

```
omp_init_lock
omp_destroy_lock
omp_set_lock
omp_unset_lock
omp_test_lock
```

Timing Routines

```
omp_get_wtime
omp_get_wtick
```

Evolution d'OpenMP

OpenMP-1 *vs* OpenMP-2 (ou 2.5 ou 3.1 ou 4.0)

OpenMP-4.0
OpenMP-3.1
OpenMP-2.5

OpenMP-1.0	OpenMP-2.0	OpenMP-2.5
- 1998 - Régions parallèles - **`Parallel for`** - **`Parallel sections`** avec des « options » - Peu de composition possible des directives - **Simple**	- 2002 - Régions parallèles - **`Parallel for`** - **`Parallel sections`** … nouvelles « options » - Beaucoup de compositions possibles des directives - **Devient plus compliqué !**	De plus en plus de fonctionnalités …

Evolution de la documentation de l'API :

OpenMP -1.0	OpenMP -2.0	OpenMP -2.5	OpenMP -3.0	OpenMP -3.1	*OpenMP-4.0*
1998	2002	2005	2008	2011	*2012*
85p	106p	250p	326p	354p	*380p*

OpenMP utilisé au maximum est-il plus simple que les P-Threads ?

Programmation OpenMP (par partage de mémoire)

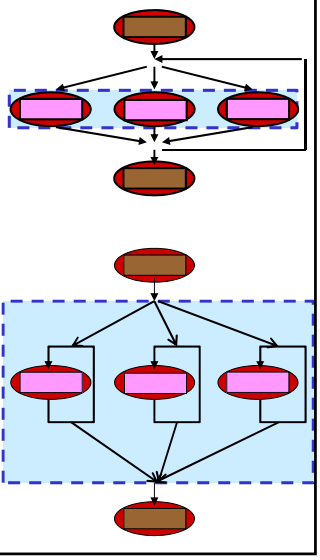
1. Principes d'OpenMP
2. Détails de syntaxe et de sémantique
3. **Optimisations**
4. Exemples de parallélisation
5. Bilan d'OpenMP
6. Mesures et représentation de performances

Réutilisation des threads

Définition d'une région parallèle qui évite de re-créer les threads

```
main() {
  .....
  for (c = 0; c < NbCycle; c++){
    #pragma omp parallel for private(i)
    for (i = 0; i < N; i++)
      .....
  }
  .....
}
```

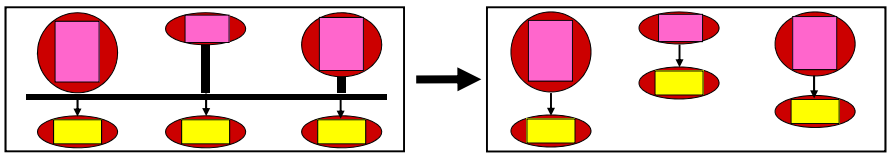
```
main() {
  .....
  #pragma omp parallel private(c)
  {
   for (c = 0; c < NbCycle; c++){
     #pragma omp for private(i)
     for (i = 0; i < N; i++)
       .....
   }
  }
  .....
}
```



Suppression des synchro inutiles

Suppression de barrières de synchronisation systématiques :

```
#pragma omp sections nowait
#pragma omp for nowait
```



Par défaut : un **`wait`** est présent à la fin de chaque directive OpenMP

On peut l'enlever (**`nowait`**) :

- si les threads n'ont pas besoin d'être resynchronisés à cet endroit du code !
- si il y a matière à gagner du temps : enchainer avec des calculs de tailles différentes et espérer gagner au final

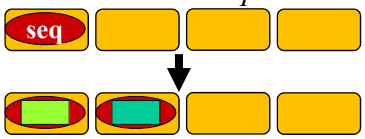
Optimisation de l'ampleur du parallélisme

Eviter les créations de threads inutiles :

1 - Limitation au nombre de tâches à exécuter (< nbr de rsrcs)

```
..... // code séquentiel
omp_set_num_threads(2);
#pragma omp sections
{
  #pragma omp section
    {.........}
  #pragma omp section
    {.........}
}
```

Ex: 4 *cœurs disponibles*



Seulement 2 *threads* créés

2 – Optimisation du parallélisme selon le couple calcul/machine

```
#pragma omp parallel for num_threads(nth)
for (int i = 0; i < N; i++) {
  ..... // Accès données et calculs
}
```

Selon les calculs et les accès aux données, le nbr optimal de tâches peut varier d'une architecture à l'autre

Distribution de boucle équilibrée

On veille à l'équilibrage de charge

Quelle boucle paralléliser dans ce « nid de boucles » ?

```
void ActStock(double sqrtdt)
{
  int StkIdx, yIdx, xIdx;      // Loop indexes
  #pragma omp parallel private(StkIdx,yIdx,xIdx)
  {
   #pragma omp for
   for (StkIdx = 0; StkIdx < NbStocks; StkIdx++) {
     Parameters_t *parPt = &par[StkIdx];
     for (yIdx = 0; yIdx < Ny; yIdx++)      // Process each
       for (xIdx = 0; xIdx < Nx; xIdx++) { // "trajectory"
         float call;
         // - First pass
         call = .....;     // Calcul de Monte Carlo
         // - The passes that remain
         for (int stock = 1; stock <= StkIdx; stock++)
           call = .....; // Calcul de Monte Carlo
         // Copy result in the global GPU memory
         TabStockCPU[StkIdx][yIdx][xIdx] = call;
       }
   }
  }
}
```

On tente de paralléliser la boucle la plus externe (corps plus conséquent)
Mais la boucle interne à une taille fonction de l'itération de la boucle externe
→ les premières itérations de la boucle externe durent moins longtemps

Distribution de boucle équilibrée

On veille à l'équilibrage de charge

Quelle boucle paralléliser dans ce « nid de boucles » ?

```
void ActStock(double sqrtdt)
{
  int StkIdx, yIdx, xIdx;      // Loop indexes
  #pragma omp parallel private(StkIdx,yIdx,xIdx)
  {
   for (StkIdx = 0; StkIdx < NbStocks; StkIdx++) {
     Parameters_t *parPt = &par[StkIdx];
     #pragma omp for
     for (yIdx = 0; yIdx < Ny; yIdx++)      // Process each
       for (xIdx = 0; xIdx < Nx; xIdx++) { // "trajectory"
         float call;
         // - First pass
         call = ……;     // Calcul de Monte Carlo
         // - The passes that remain
         for (int stock = 1; stock <= StkIdx; stock++)
           call = ……; // Calcul de Monte Carlo
         // Copy result in the global GPU memory
         TabStockCPU[StkIdx][yIdx][xIdx] = call;
       }
   }
  }
}
```

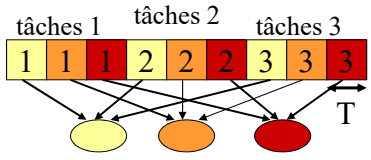
On tente de paralléliser la boucle la plus externe (corps + conséquent)
Mais ici, pour un bon équilibrage de charge statique : il faut paralléliser la 2ème boucle (et non pas la première)

Programmation OpenMP - principes

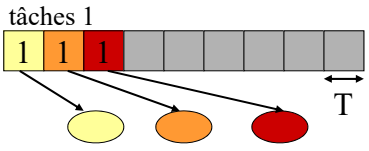
Distribution de boucle équilibrée

Réglage du *scheduling* des `#pragma omp for` :

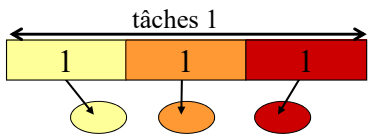
- taille des tâches : nombre d'itérations de boucle prises en charge
- type de répartition des tâches : `static`, `dynamic`, `guided`, `auto`, `runtime`



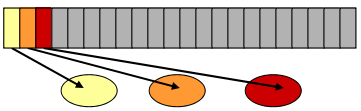
`schedule(static,T)`



`schedule(dynamic,T)`



`schedule(static)`



`schedule(dynamic)`

Calculs réguliers équilibrés

Calculs irréguliers déséquilibrés

Distribution de boucle équilibrée

Réglage du *scheduling* des `#pragma omp for` :

- taille des tâches : nombre d'itérations de boucle prises en charge
- type de répartition des tâches : **`static`**, **`dynamic`**, **`guided`**, **`auto`**, **`runtime`**

`schedule(guided,` *`chunk_size`***`)`**:
le nombre d'itérations de chaque tâche est fixé (sauf pour la dernière), mais par le mode d'affectation des tâches (static/dyna.)

`schedule(auto)`:
le découpage des boucles en tâches est délégué au compilateur

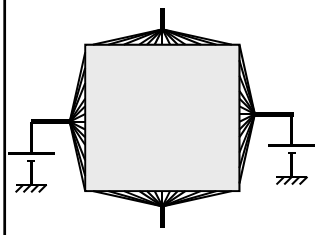
`schedule(runtime)` :
le découpage des boucles en tâches, et leur affectation aux threads se fera à l'exécution seulement

CentraleSupélec

Programmation OpenMP (par partage de mémoire)

1. Principes d'OpenMP
2. Détails de syntaxe et de sémantique
3. Optimisations
4. **Exemples de parallélisation**
5. Bilan d'OpenMP
6. Mesures et représentation de performances

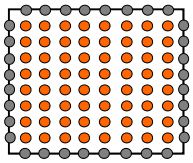
Parallélisation de la relaxation de Jacobi



Calcul des lignes de potentiel dans une plaque diélectrique :

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} = 0$$

- Discrétisation et équation aux différences
- Itération jusqu'à la convergence ($V^{n+1}_{i,j} - V^{n}_{i,j} < \varepsilon$)



« stencil »

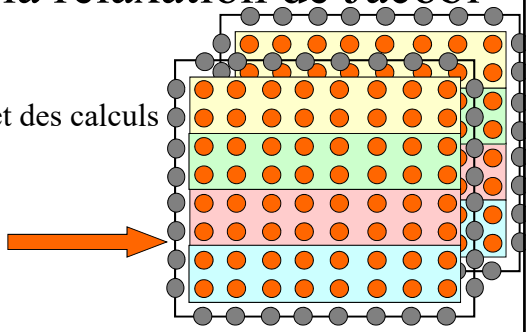
- Condition aux limites : V fixé
- $V^{n+1}_{i,j} = \dfrac{V^{n}_{i-1,j} + V^{n}_{i+1,j} + V^{n}_{i,j-1} + V^{n}_{i,j+1}}{4}$

Parallélisation de la relaxation de Jacobi

Principe de parallélisation :

- Partitionnement des données et des calculs
- 2 tables (Vn et Vn+1) en ShM

Ex : avec 4 *threads* de calcul



Implantation OpenMP :

- Parallélisation de la boucle sur les lignes
- Utilisation d'une région parallèle plus globale (plus efficace)

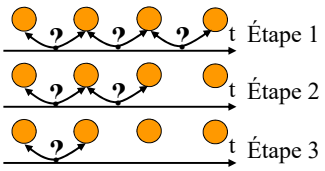
```
#pragma omp parallel private(c,…)
{
 for (c = 0; c < NbCycle; c++){
   int current = c%2
   int futur = (c+1)%2;
   #pragma omp for private(i,j)
   for (i = 0; i < N; i++)
     for (j = 0; j < N; j++)
       V[futur][i][j] = … … …
 }
}
……
```

Parallélisation du bubble-sort

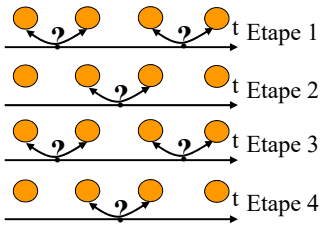
Principe du bubble-sort « *odd-even* » :

Pb : l'algorithme de base du *bubble-sort* est fortement séquentiel !

→ Modifier l'algorithme pour qu'il contienne du parallélisme potentiel !



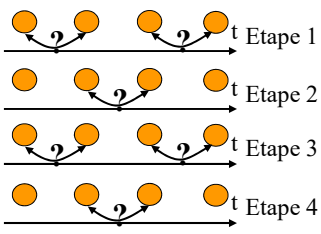
→ Bubble-sort « *odd-even* » :
- Même complexité
- Comparaisons indépendantes



Parallélisation du bubble-sort

Implantation du *bubble-sort* « *odd-even* »

- Définition d'une région globale (+ efficace)
- Parallélisations distinctes des 2 boucles de tri.




```
#pragma omp parallel private(step)
{
 for (step = N; step > 0; step--) {
   if (step % 2 == 0) {
     #pragma omp for private(i,buff)
     for (i = 0; i < N-1; i += 2)
        if (Tab[i] > Tab[i+1]) {
          buff = Tab[i];
          Tab[i] = Tab[i+1];
          Tab[i+1] = buff;
        }
   } else {
     #pragma omp for private(i,buff)
     for (i = 1; i < N-1; i += 2)
        if (Tab[i] > Tab[i+1]) {
          buff = Tab[i];
          Tab[i] = Tab[i+1];
          Tab[i+1] = buff;
        }
   }
 }
}
```

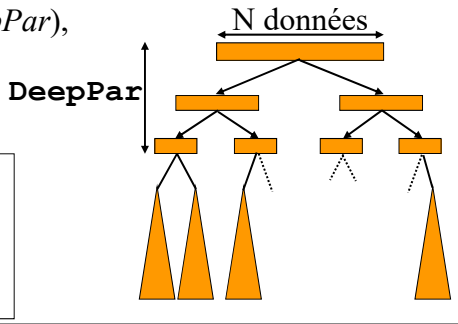
Parallélisation du quick-sort

Principe de parallélisation simple du Quick-Sort

Appels récursifs → Créations récursives de *sections* parallèles

→ *« nested parallelism »* nécessaire

→ limiter la profondeur de la parallélisation (variable *DeepPar*), sinon trop de *threads*!

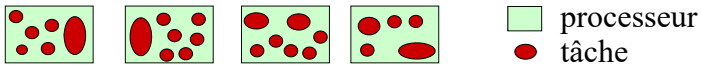


Algorithme parallèle peu efficace !
→ Il existe des algorithmes de quick-sort parallèle beaucoup plus performants

Parallélisation du quick-sort

Optimisation :

- Pb d'équilibrage de charge :
  - selon les pivots …. les *sections* sont plus ou moins importantes
  - solution possible : équilibrage statistique ! Nb Sections >> Nb Processeurs

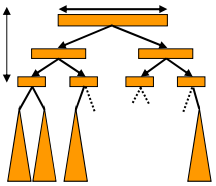


- Il faut donc créer beaucoup plus de *threads* qu'il n'y a de processeurs mais sans saturer les processeurs de *threads* !

Parallélisation du quick-sort

Implantation d'une parallélisation simple du Quick-Sort

Test &
Région parallèle &
Sections
(OpenMP-1)



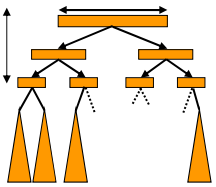
```
void quicksort(int q, int r, int deep)
{
  …
  if (q < r) {
    …… // split the table …
       // classic quick-sort op

    if (deep < DEEPPAR) {
      #pragma omp parallel
      {
        #pragma omp sections nowait
        {
          #pragma omp section
          { quicksort(q,s-1,deep+1);}
          #pragma omp section
          { quicksort(s+1,r,deep+1);}
        }
      }
    } else {
      quicksort(q,s-1,deep+1);
      quicksort(s+1,r,deep+1);
    }
  }
}
```

Programmation OpenMP – exemples

Parallélisation du quick-sort

Implantation d'une parallélisation simple du Quick-Sort

Région parallèle &
Clause
conditionnelle &
Sections
(OpenMP-2)



```
void quicksort(int q, int r, int deep)
{
  …
  if (q < r) {
    …… // split the table …
       // classic quick-sort op

    #pragma omp parallel if(deep < DEEPPAR)
    {
      #pragma omp sections nowait
      {
        #pragma omp section
        { quicksort(q,s-1,deep+1);}
        #pragma omp section
        { quicksort(s+1,r,deep+1);}
      }
    }
  }
}
```

CentraleSupélec

Programmation OpenMP (par partage de mémoire)

1. Principes d'OpenMP
2. Détails de syntaxe et de sémantique
3. Optimisations
4. Exemples de parallélisation
5. **Bilan d'OpenMP**
6. Mesures et représentation de performances

Bilan

Stratégies :

I - Algorithmes réguliers contenant un fort parallélisme naturel :

- conserver l'algorithme classique
- compléter l'implantation séquentielle

→ T_{dev} faible, Performances élevées

OK

II - Algorithmes irréguliers ou contenant peu de parallélisme naturel :

conservation de l'algorithme ajouts au code séquentiel → T_{dev} faible, Perfs moyennes	conception d'un nouvel algo nouvelle implantation → T_{dev} élevé, Perfs élevées

OpenMP ne dispense pas de connaître l'algorithmique parallèle !

CentraleSupélec

Programmation OpenMP (par partage de mémoire)

1. Principes d'OpenMP
2. Détails de syntaxe et de sémantique
3. Optimisations
4. Exemples de parallélisation
5. Bilan d'OpenMP
6. **Mesures et représentation de performances**

Méthodologie de mesures

Mesures externes :

```
>time myAppli
>/usr/bin/time myAppli
>times myAppli
>timex myAppli
.....
```

12.002u user
0.128s system
12.150 total

Nom et fonctionnement variables selon le système utilisé !!

Fréquemment : total > user + system !!

Simple à utiliser
Pas de modifications des codes sources

Peu précis: ± 0.5s

Méthodologie de mesures

Mesures internes :

```
time()
clock()
gettimeofday()
omp_get_wtime()
```

`clock()` → Compte les clicks d'horloge

`gettimeofday()`, `omp_get_wtime()` → Compte le temps écoulé en s

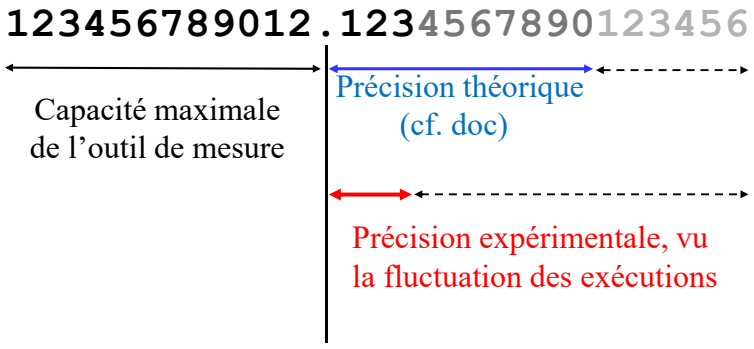
- Toutes ces routines ne sont pas toujours disponibles !
- "gettimeofday" est en général une bonne solution.
- Parfois il existe des outils plus précis pour mesurer de petites durées.

Plus précis que les mesures externes

Besoin de modifier le code source
Pas toujours totalement portable

Méthodologie de mesures

Précision des outils et des mesures :

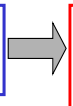


- Ne pas tenir compte de trop de décimales!
- Faire attention à ne pas déborder la capacité de mesure!

Méthodologie de mesures

Problème fréquent :

Test en mode exclusif (mono-user).
Outil de mesure à 1ms de précision.



Fluctuation de 500ms d'une exécution à l'autre !!

Et plus encore avec la montée en fréquence automatique des procs. (effet de "chauffe")

Démarche conseillée :

- Mesurer les fluctuations, ne pas les ignorer (le *warm up* des processeurs peut perturber les premières)
- Ne pas donner que les valeurs moyennes
- Mesurer des temps > 10s si possible

Méthodologie de mesures

Stocker des meta-données sur les conditions de mesure :

- **Date de l'exécution**
- **Auteur(s) du test**
- Outil(s) de mesure utilisé(s)
- Caractéristiques de la machine : RAM, Cache, Processeurs, …
- OS utilisé (nom et version)
- Compilateur utilisé (nom et version)
- Options de compilation utilisées
- Test en multi-user/mono-user ?
- Présence d'IO dans le test ?
- Configuration du programme de test : taille des données, …

On oublie souvent (et rapidement) à quel benchmark se réfère une série de mesures !

On manque souvent de détail sur les conditions de réalisation d'une série de mesures !

Choix de la représentation

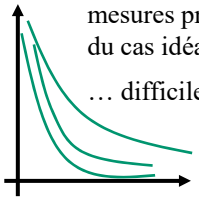
Quelle courbe présenter ?

- Avoir une idée de l'allure de la courbe attendue et/ou de son expression
- Choisir une représentation qui permet de visualiser "des droites" ou des formes géométriques simples, détectables par l'oeil (droite, cercle, angle droit…)

Exemple d'un temps d'exécution parallèle :

Cas idéal : T(P) = T(1)/P → une hyperbole

- l'hyperbole est mal identifiée par l'œil
- on la confond facilement avec une courbe qui décroit en tendant vers une asymptote



Obtient-on des mesures proches du cas idéal ?

… difficile à dire!

Programmation OpenMP - performances

Choix de la représentation

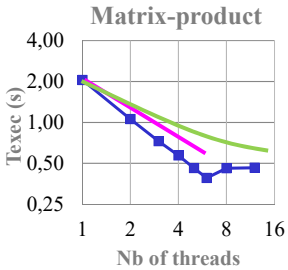
Quelle courbe présenter ?

- Avoir une idée de l'allure de la courbe attendue et/ou de son expression
- Choisir une représentation qui permet de visualiser "des droites" ou des formes géométriques simples, détectables par l'oeil (droite, cercle, angle droit…)

Exemple d'un temps d'exécution parallèle :

log(T(P)) = log(T(1)) – lop(P)

- en échelle log une hyperbole est très rapidement identifiée : droite de pente -1
- on détecte facilement un écart au cas idéal



CentraleSupélec

L’essentiel d’OpenMP

Questions ?