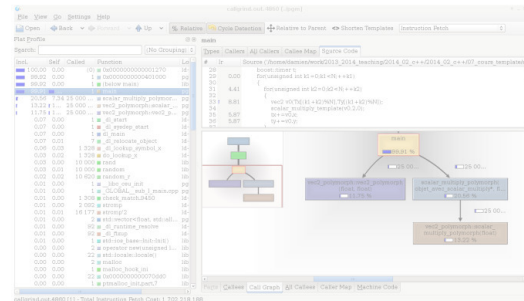


C++

Optimisation

#pragma omp

parallel for



Optimisation

.1ère règle de la bonne optimisation:

Ne pas optimiser son code!

Optimisation est la **dernière chose à faire**, ne surtout pas chercher à optimiser dès le début.

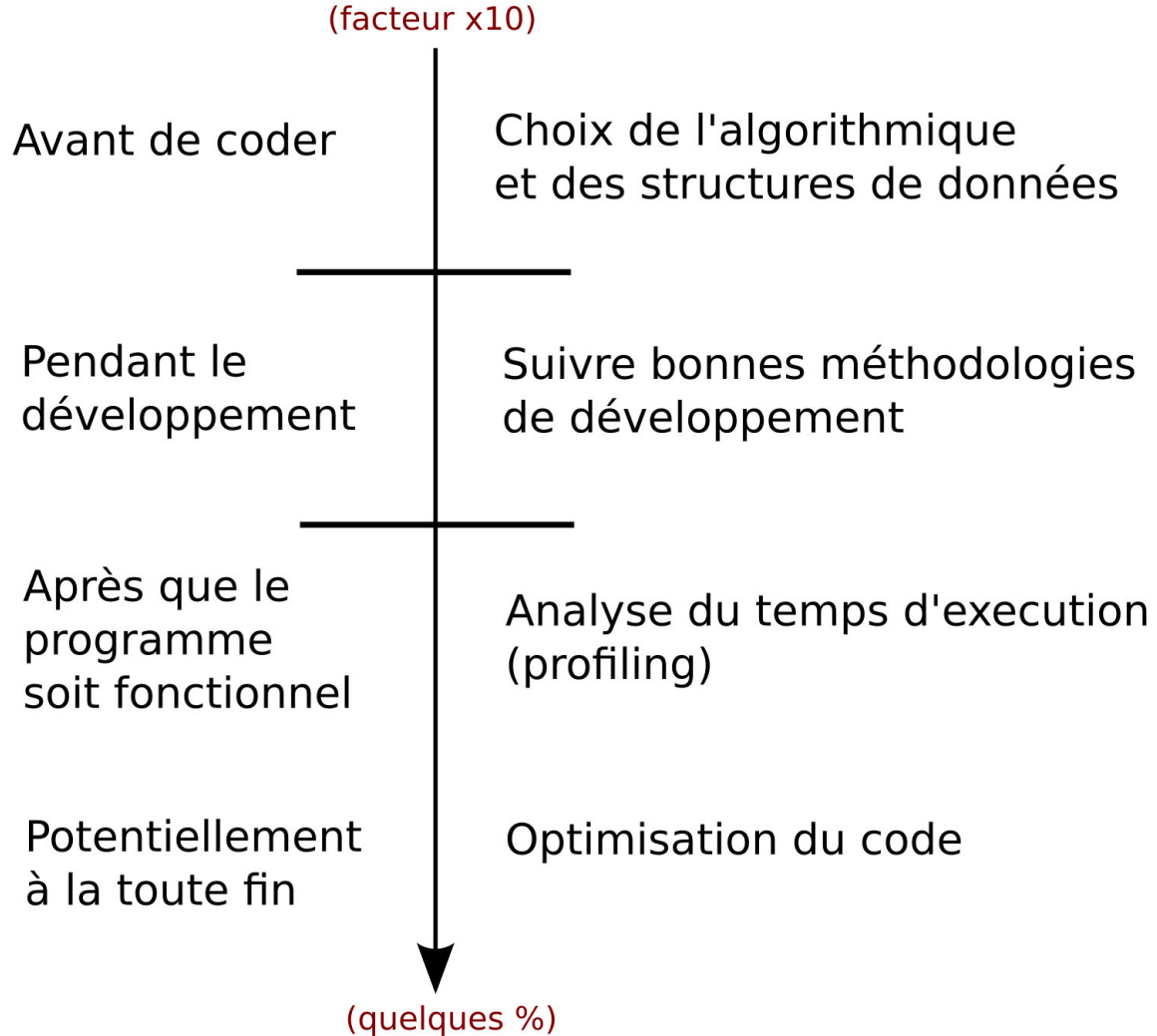
Rend le code plus compliqué, plus de lignes, moins générique, moins lisible

Donald Knuth:

*We should forget about small efficiencies,
say about 97% of the time:*

premature optimization is the root of all evil.

Méthodologie d'optimisation



Choix structures données

. Recherche de valeurs, insertions, suppressions

- Recherche très rapide, peu d'insertions `std::unordered_map`
- Beaucoup d'insertions, ordonnancement `std::map`

. Pas de recherche, insertions/suppression locale `std::list`

. Accès direct, pas d'insertions/suppression

- Taille fixe, faible dimension `std::array`
- Taille variable, dimension importante `std::vector`

. Récupération meilleur valeur, insertion constante `std::priority_queue`

. Organisation en graphe `boost:graph`

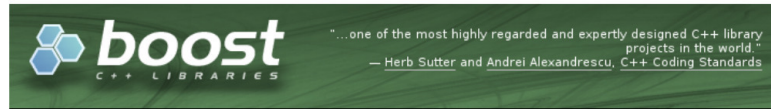
■ ■ ■

Choix structures données

- Utilisez la **STL**

- Utilisez la **boost**

- D'avantages de structures de données
- Future de la STL



BOOST LIBRARY DOCUMENTATION

[All](#) [Categorized](#) [Standard Proposals](#) [TR1 libraries](#)

Sort by: [Name](#) [First Release](#)

Accumulators

Framework for incremental calculation, and collection of statistical accumulators.

Author(s)..... Eric Niebler
First Release.. 1.36.0
Standard.....
Categories..... [Math and numerics](#)

Algorithm

A collection of useful generic algorithms.

Author(s)..... Marshall Clow
First Release.. 1.50.0
Standard.....
Categories..... [Algorithms](#)

Any

Safe, generic container for single values of different value types.

Author(s)..... Kevin Henney
First Release.. 1.23.0
Standard.....
Categories..... [Data structures](#)

Array

STL compliant container wrapper for arrays of constant size.



Google Custom Search

[WELCOME](#)

[INTRODUCTION](#)

[COMMUNITY](#)

[DEVELOPMENT](#)

[DOCUMENTATION](#)

Getting Started

Libraries

[1.55.0 - Current Release](#)

[1.54.0](#)

[1.53.0](#)

[1.52.0](#)

[1.51.0](#)

[1.50.0](#)

[1.49.0](#)

[1.48.0](#)

[1.47.0](#)

[1.46.1](#)

[1.45.0](#)

[1.44.0](#)

[1.43.0](#)

[1.42.0](#)

[1.41.0](#)

Bonnes pratiques de code

- Ecrivez du code structuré et lisible.
Séparez vos traitements en fonctions.

90% des optimisations sont réalisées par le compilateur.

Mais il faut le laisser libre d'optimiser, il faut pouvoir analyser votre code.

- Evitez les allocations dynamiques inutiles

`T[N]`, `std::array<T,N>` plutôt que `new T[N]`

- Passez vos arguments de fonctions en références constantes
Idem pour les valeurs de retours de fonction.
sauf built-in (int,float, ...)

ex. ~~`fonction(std::string s)`~~ `fonction(std::string const& s)`
`fonction(TYPE const& x);`

- Quand le développement est terminé:
Compilez avec l'option **-O3** de gcc.

Optimisation la plus élevée

Profiling

- Profileur libre: Valgrind + KCacheGrind

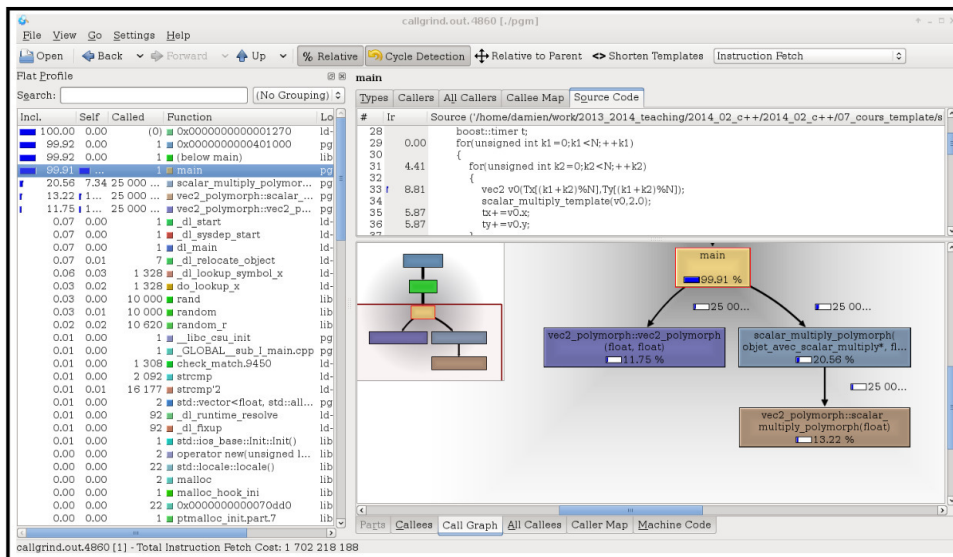
Ne pas chercher à optimiser sans avoir utilisé de profiler

1. Compilez en mode debug
2. Lancez valgrind en mode profiling

```
valgrind --tool=callgrind ./mon_executable
```

3. Visualisez le temps passé dans chaque fonction

```
kcachegrind callgrind.out.xxxx
```



Optimisation du code

- Evitez la création d'objet temporaires

Préférez `a+=b` à `c=a+b`

Préférez allocation sur la pile plutôt que sur le tas

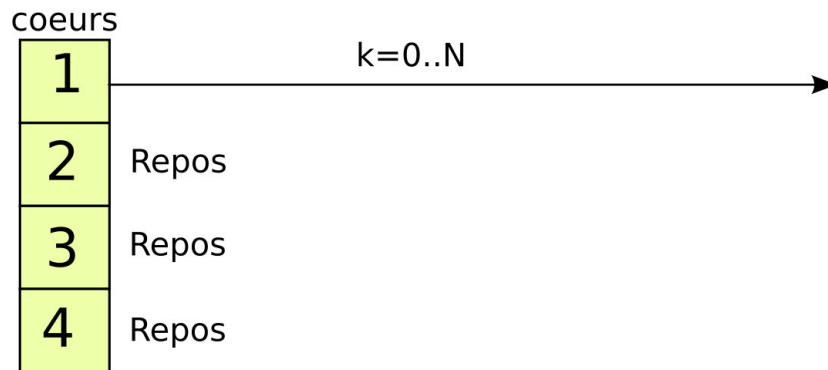
- Calculez en float plutôt que double
- Calculez en int plutôt que float
- Précalculez les valeurs de fonction mathématiques
 - Table LUT
 - Méta-programmation (`constexpr`, ...)
- Parallélisez

Parallélisation

Principe

```
for (k=0; k<N; ++k)  
    fonction_de_calcul_lente();
```

Non parallélisé

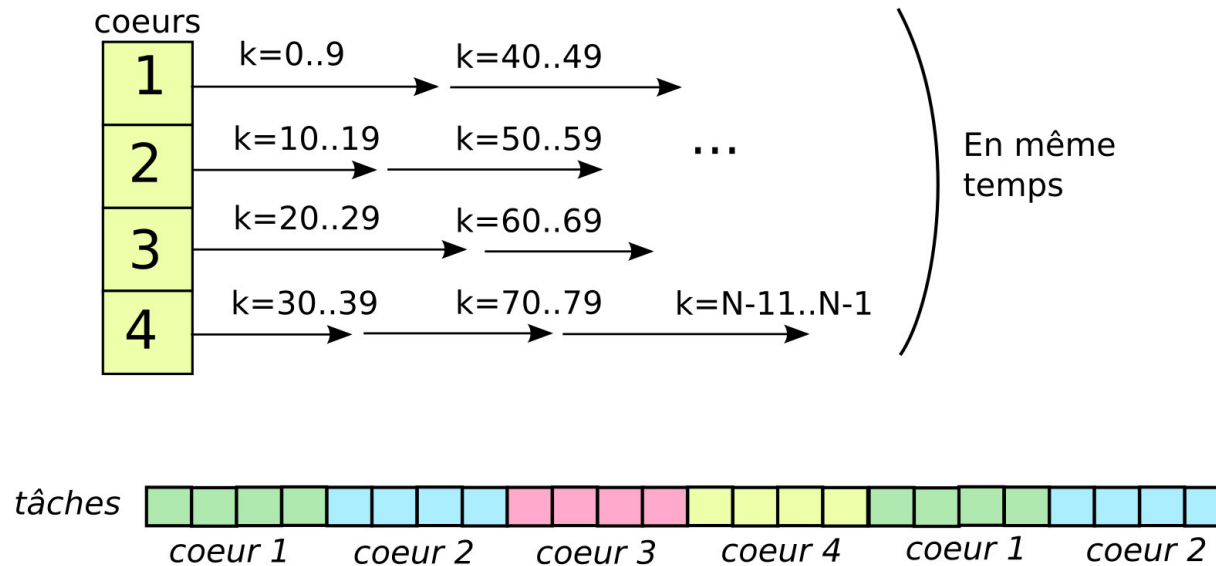


Parallélisation

Principe

```
for (k=0; k<N; ++k)  
    fonction_de_calcul_lente();
```

Version parallélisé



Parallélisation

Implémentation

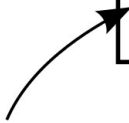
- Threads

```
pthread_t threads[N];  
pthread_create(...);
```

Créez une liste de tâche, ordonner les threads, etc
=> Fastidieux

- OpenMP

```
#pragma omp parallel for  
for (k=0; k<N; ++k)  
    fonction_de_calcul_lente();
```



Boucle parallélisée

Exemple OpenMP

```
float calcul_longueur_courbe(float r,
                             const std::vector<float>& tab_rand)
{
    const unsigned int N_sample=tab_rand.size()/2;
    float L=0.0f;
    for(unsigned int k_sample=0;k_sample<N_sample-1;++k_sample)
    {
        float x0=tab_rand[2*k_sample+0];
        float y0=tab_rand[2*k_sample+1];
        float x1=tab_rand[2*(k_sample+1)+0];
        float y1=tab_rand[2*(k_sample+1)+1];

        L+=std::pow(std::pow(std::fabs(x1-x0),r)+
                    std::pow(std::fabs(y1-y0),r),1.0f/r);
    }
    return L;
}
```

```
#pragma omp parallel for
for(unsigned int k=0;k<N;++k)
{
    float norme_alpha=8.0f*static_cast<float>(k)/N;
    aire[k]=calcul_longueur_courbe(norme_alpha,tab_rand);
}
```

Sans omp

```
1  [ | 0.7%]
2  [ | 0.7%]
3  [ | 0.0%]
4  [ ||||| 100.0%]
Mem [ ||||| 1820/3820MB]
Swp [ 0/5718MB]
```

9.8s

Avec omp

```
1  [ ||||| 100.0%]
2  [ ||||| 100.0%]
3  [ ||||| 100.0%]
4  [ ||||| 100.0%]
Mem [ ||||| 1801/3820MB]
Swp [ 0/5718MB]
```

3.2s

Compiler avec
gcc -fopenmp ...

Utilisation d'OpenMP

- Boucle avec calculs longs

ex. Multiplication matricielle
Traitement d'images, vidéos, etc...

- Les traitements doivent être indépendants !

$v[k] = f(v[k-1])$ Ne fonctionne pas

Algo reccursifs non parallélisables

- Les traitements doivent être longs

Inutile : somme d'un vecteur de 1000 éléments

OpenMP

```
int main()
{
#pragma omp parallel
{
    std::cout<<"Hello World!"<<std::endl;
}

return 0;
}
```

gcc pgm.c **-fopenmp**

Processeurs 4 coeurs: *Hello World!Hello World!*

Hello World!
Hello World!

OpenMP

parallel for: ordre non prévisible

<code>int main()</code>	08
<code>{</code>	1
<code>#pragma omp parallel for</code>	2
<code>for(int k=0;k<10;++k)</code>	3
<code>{</code>	64
<code>std::cout<<k<<std::endl;</code>	5
<code>}</code>	7
<code>return 0;</code>	9
<code>}</code>	

OpenMP

Affichage des ID des threads

```
#pragma omp parallel for
    for(int k=0;k<10;++k)
    {
        #pragma omp critical
        {
            std::cout<<omp_get_thread_num()<<"/"
                <<omp_get_num_threads()<<std::endl;
        }
    }
```

*zone critique:
1 seul thread à la fois*

ID thread courant

nbr total thread

0/4
0/4
1/4
1/4
0/4
1/4
3/4
3/4
2/4
2/4

Par défaut: nbr thread=nbre coeurs

└─> set_num_threads(N)

Réductions en OpenMP

```
int sum=0;
#pragma omp parallel for
for(int k=1;k<10;++k)
{
    sum += k;
}
std::cout<<sum<<std::endl;
```

Résultats aléatoires et **faux** !

sum est partagée pour tous les threads
sum+=k n'est pas atomique

Réductions en OpenMP

```
int sum=0;
#pragma omp parallel for
for(int k=1;k<10;++k)
{
#pragma omp critical
    sum += k;
}
std::cout<<sum<<std::endl;
```

Résultat juste ...

Mais plus aucune parallélisation:
plus lent que le code original

Réductions en OpenMP

```
int sum=0;  
#pragma omp parallel for reduction(+:sum)  
for(int k=1;k<10;++k)  
{  
    sum += k;  
}  
std::cout<<sum<<std::endl;
```

Définit sum en mémoire locale aux thread

(sum_1, sum_2, sum_3, sum_4)

Réalise les sommes en parallèles sur les variables locales

Réunit à la fin.

(sum=sum_1+sum_2+sum_3+sum_4)

Mesure temps avec OpenMP

```
double start=omp_get_wtime();  
  
int sum=0;  
#pragma omp parallel for reduction(+:sum)  
for(int k=1;k<10;++k)  
{  
    sum += k;  
}  
std::cout<<sum<<std::endl;  
  
double end=omp_get_wtime();  
std::cout<<"temps = "<<end-start<<"s"<<std::endl;
```

Se méfier des autres mesures avec les threads
(ex. boost::timer cumule le temps des threads)

Accélération avec OpenMP

- Il est inutile de paralléliser quelques opérations simples et rapides

Version non parallèle

```
double start=omp_get_wtime();

int sum=0;

for(int k=1;k<10;++k)
{
    sum += k;
}

double end=omp_get_wtime();

std::cout<<sum<<std::endl;
std::cout<<"temps = "<<end-start<<"s"<<std::endl;
```

$2.4 \cdot 10^{-7} \text{ s}$

Version parallèle

```
double start=omp_get_wtime();

int sum=0;
#pragma omp parallel for reduction(+:sum)
for(int k=1;k<10;++k)
{
    sum += k;
}

double end=omp_get_wtime();

std::cout<<sum<<std::endl;
std::cout<<"temps = "<<end-start<<"s"<<std::endl;
```

$2.4 \cdot 10^{-3} \text{ s}$

10000x plus lent!

=> Création, synchronisation des threads possède un cout!
Cout de la fonction doit être supérieur au cout de gestion des threads

Accélération avec OpenMP

- Commence à devenir intéressant pour 100 millions d'opérations

```
double start=omp_get_wtime();

unsigned long int sum=0;
#pragma omp parallel for reduction(+:sum)
for(unsigned long int k=0;k<100000000; ++k)
{
    sum += k;
}

double end=omp_get_wtime();

std::cout<<sum<<std::endl;
std::cout<<"temps = "<<end-start<<"s"<<std::endl;
```

non parallélisé

parallélisé

0.005s **VS** 0.003s

- Dépend de nombreux facteurs
(architecture, compilateur, niveau d'optimisation, etc)

Accélération avec OpenMP

- Calculs plus complexes sont plus intéressants

```
double start=omp_get_wtime();

double sum=0.0f;
#pragma omp parallel for reduction(+:sum)
for(unsigned long int k=1;k<100000000;++k)
{
    sum += tan(1.4*k)*tanh(0.25*k+1.35/k)+cos(7.4*(k-5));
}

double end=omp_get_wtime();

std::cout<<"temps = "<<end-start<<"s"<<std::endl;
```

Non parallélisé

16.7s

Parallélisé

7.7s

Autre type de parallélisation

- Parallélisation sur clusters de PC: **MPI** (**M**essage **P**assing **I**nterface)

Parallélisation de type fork(), échange par msg

- Parallélisation sur carte graphique: (GP)**GPU**

2000 threads de calculs en parallèles