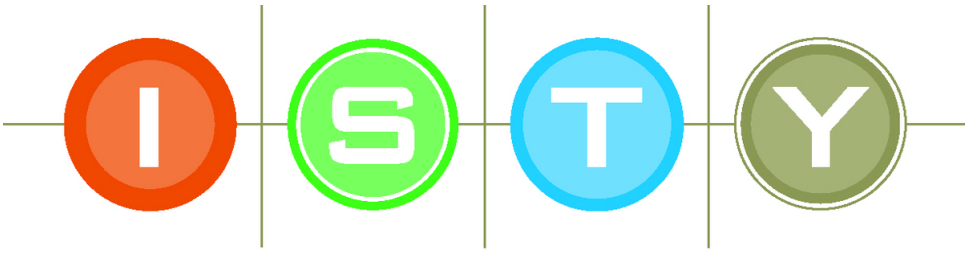
Analyse de performance et optimisation de code

AYOUB Pierre – BONNAFOUS Camille – FLAMANT Océane

17 mars 2019



INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNIQUES DES YVELINES

Résumé

La simulation numérique est un procédé informatique visant à modéliser un phénomène par ordinateur, s'agissant le plus souvent d'un phénomène physique. Cette modélisation prend forme par des systèmes d'équations décrivant l'état du système physique représenté à chaque instant. De nombreux domaines scientifiques convergent vers la simulation informatique, tel que certaines branches de la physique, de l'analyse et de l'optimisation mathématique, ou encore le calcul haute performance en informatique. Enfin, la simulation trouve naturellement de nombreuses applications concernant des sujets variés, tel que la simulation du climat et des évènements météorologiques, la simulation d'essais nucléaires, de l'effet d'un médicament sur un corps, ou encore des astres et de l'univers. Ce rapport s'articulera donc autour de l'analyse et de l'optimisation d'un code de calcul, coeur des simulations numériques présentés ci-dessus.

Table des matières

1 Introduction

Le projet que nous vous présentons aujourd'hui consiste à analyser puis, grâce à nos mesures, optimiser un code de calcul, appelé kernel.

TODO Afin d'étudier les différents niveaux de mémoires chaque membre du groupe analysera un type précis.

Pierre Le cache L1, paramètre de l'ordianteur :
- TO DO
- fréquence

Océne Le cache L2, paramètre de l'ordinateur :
- cache L1 : 32K,
- cache L2 : 256K,
- fréquence 2,40GHz

Camille La RAM, paramètre de l'ordianteur :
- TO DO
- fréquence

Le déroulement du projet s'est effectué en plusieurs étapes distinctes :

Analyse du code Cette phase consiste à analyser le programme d'un point de vue d'architecture informatique. Il convient d'étudier les choix mis en œuvres afin d'implémenter le ou les calculs nécessaires.

Protocole expérimental Une fois l'analyse effectuée, nous pouvons en déduire le moyen le plus adapté afin de mesurer les performances de notre implémentation. Nous allons donc mettre en avant les critères théoriques à atteindre dans nos mesures, puis nous exposerons la manière dont nous avons mis ceci en pratique.

Optimisations et mesures Grâce au protocole mis en place, nous pouvons quantifier la performance du programme. De ce fait, nous serons en mesure d'expérimenter différentes techniques d'optimisation sur le programme et d'en calculer l'accélération.

2 Analyse du code

Avant de pouvoir faire toutes les mesures il faut trouver la taille des données d'entrée. Pour cela il faut dans un premier connaitre la taille de ce dont on a besoin. Dans notre programme nous avons deux tableaux :

— un tableau de float à deux dimensions dont la taille en fonction de n est 4n*n
— un tableau de double à une dimension dont la taille en fonction de n est 8n

La taille totale de nos données d'entrées est donc 4n*n+8n.

2.1 Cache L1

2.2 Cache L2

Pour que les deux tableaux entrent entièrement dans le cache L2 il faut que la formule respecte les contraintes suivantes :

— la taille totale doit être plus grande que la taille du cache L1 (1) ; pour plus sécurité il a été décidé que la taille totale devait être au moins trois fois plus grande que celle du L1,
— L2 partage sa mémoire pour stocker à la fois les instructions, les données et ce qui tourne en background on ne peut donc en utiliser que 90% (2).

Ces deux contraintes peuvent être transformée sous forme d'inéquation :

— (1) : 3*TL1<4n*n+8n,
— (2) : 4n*n+8n<=0,9*TL2

Après la résolution de ces équations on obtient n=156 comme minimum et n=242 comme maximum.

2.3 RAM

3 Protocole expérimental

La mise en place d'un protocole expérimental de mesure est une étape nécessaire et cruciale dans tout optimisation de code. D'une part, le but de ce protocole est de mettre en lumière les points chauds du programme, c'est-à-dire les parties du code qui ralentissent considérablement l'exécution de la simulation. Ces points chauds seront les cibles de nos optimisations. D'autre part, après chaque tentative d'optimisation, le protocole doit nous permettre de mesurer l'impact de cette dernière, qu'il soit positif ou négatif, et enfin de le quantifier.

TODO

3.1 Théorie

Lors de nos expériences, il ne faut pas oublier que le hasard ou l'aléa des mesures peuvent biaiser un résultat. Afin d'éviter cela, il faut donc utiliser une valeur moyenne ou une valeur médiane.

3.1.1 Analyse de sensibilité

Une fois que l'on connait la taille des données à fourni en entrée, il faut faire l'analyse de sensibilité pour les autres paramètres.

Le nombre de métarépétition Il nous est donné, il est de 31.

Le nombre de warmup Il doit se situer entre 1 et 1000. Pour le déterminer il doit être le seul paramètre que l'ont fait varier. On fait plusieurs exections et avec les valeurs obteunues on fait une courbe pour voir à partir de quelle valeur cela devient stable. Il faut aussi vérifier que (médiane-minimum)/minimum est inférieur à 5%.

Le nombre de repetitions On le trouve de la même manière que le nombre de warmup.

3.2 Pratique

Lors de nos première tentatives pour trouver les paramètres nous avons remarqué que ce qui prenait le plus de temps dans notre noyau était le calcul de l'exponentiel. Afin de pouvoir vérifier si nos paramètres sont corrects nous avons donc modifié le kernel.c pour que ce soit le temps de récupération des données qui soit le plus grand.

3.2.1 Cache L1

TO DO

3.2.2 Cache L2

Pour vérifier le calcul théorique de la taille des données j'ai utilisé likwid-perftcr afin de voir si les données transitaient bien par le cache L2. Après avoir compilé avec gcc uniquement j'ai exécuté l'exécutable avec likwid et voici les résultats obtenus :

n	Data Volume (GByte)
100	4,24
150	14,06
220	37,9
235	34,4

On observe que ces résultats sont en corrélation avec les résultats théoriques en dessous de 156 pratiquement aucune donnée ne passe par le cache L2 et quand on se

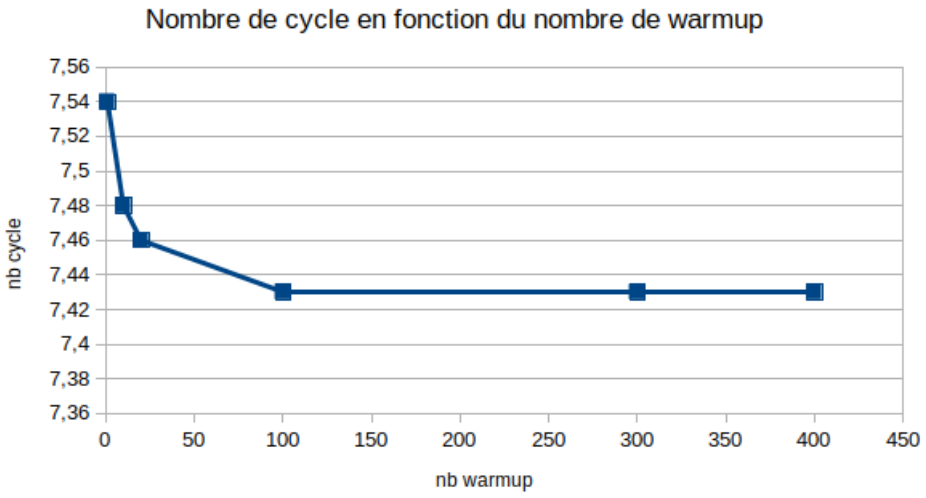


FIGURE 1 – Sans l'exponentiel

rapproche de 242 une partie des données ne semble plus passer dans L2 je suppose donc que ces données vont directement dans le cache L3. Au vu de ces informations, j'ai choisi de prendre 220 comme taille de données.

Voici, ci-contre le graphic obtenu pour trouver le bon nombre de warmup. On peut observer que le nombre de cycle semble se stabiliser au alentour de 100 warmup, Figure 1. Pour plus de sécurité j'ai choisit 150 pour le nombre de warmup.

J'ai ensuite vérifié avec le calcul de l'exponetiel et on obtient bien le même résultat, Figure 2.

Pour trouver le bon nombre de répétition j'ai uniquement fait les test avec l'exponentiel. Comme vous pouvez le voir, Figure 3, on peut remarquer que l'ensemble est stable, les variations sont minimes. J'ai chosit comme nombre de répétition 1200.

3.2.3 RAM

TO DO

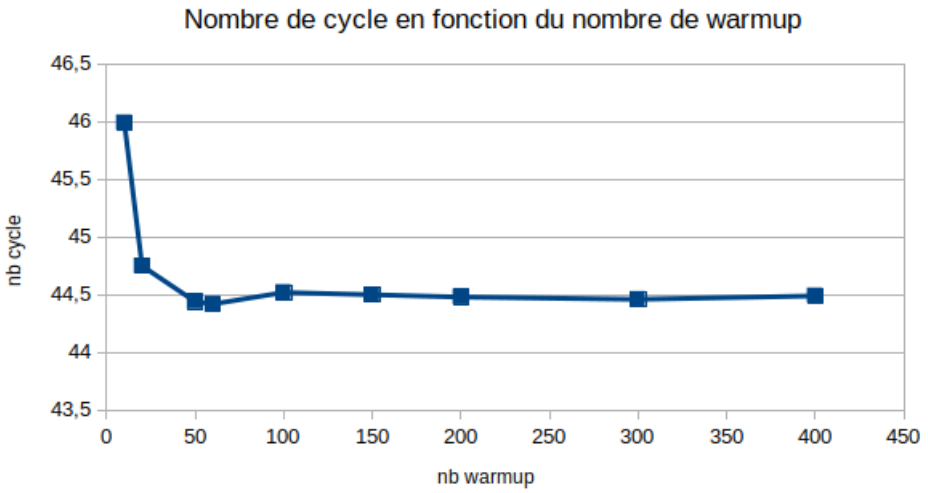


FIGURE 2 – Avec l'exponentiel

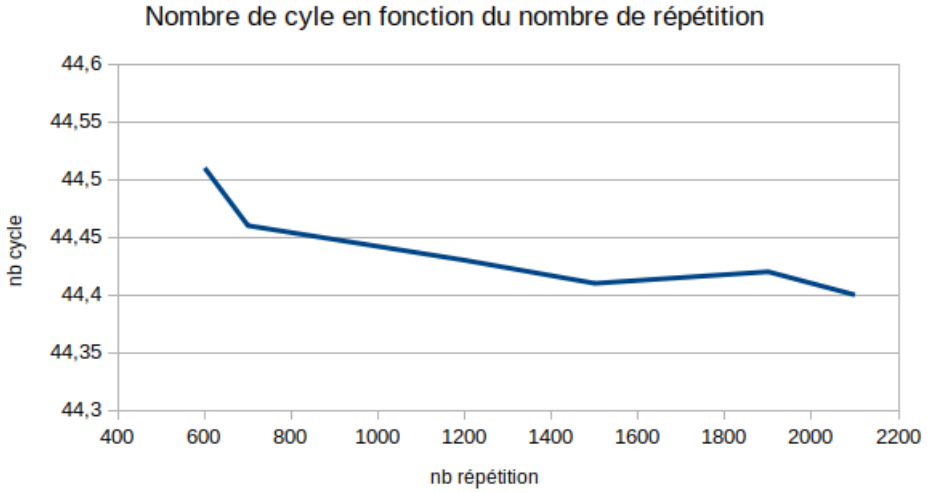


FIGURE 3

4 Optimisations et mesures

4.1 Phase 1

4.1.1 Cache L1

4.1.2 Cache L2

Numéro	Commande	Résultat
1	gcc -O2	? ?
2	gcc -O3	? ?
3	gcc -O3 -march=native	? ?
4	icc -O2	? ?
5	icc -O3	? ?
6	icc -O3 -xHost	? ?

4.1.3 RAM

4.2 Phase 2

5 Conclusion

TODO

Acronymes