

UNIVERSITÉ DE NICE - SOPHIA ANTIPOLIS  
ÉCOLE DOCTORALE STIC  
SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION  
ET DE LA COMMUNICATION

# THÈSE

pour obtenir le titre de

**Docteur en Sciences**

de l'Université de Nice - Sophia Antipolis

**Mention : INFORMATIQUE**

Présentée et soutenue par

Olivier COMMOWICK

## Création et utilisation d'atlas anatomiques numériques pour la radiothérapie

Thèse dirigée par Grégoire MALANDAIN

préparée à l'INRIA Sophia Antipolis, Projet ASCLEPIOS

soutenue le 14 février 2007

### **Jury :**

<i>Rapporteurs :</i>	Patrick CLARYSSE	-	CNRS (CREATIS)
	Louis COLLINS	-	McGill University
<i>Directeur :</i>	Grégoire MALANDAIN	-	INRIA (Asclepios)
<i>Président :</i>	Nicholas AYACHE	-	INRIA (Asclepios)
<i>Examineurs :</i>	Pierre-Yves BONDIAU	-	Centre Antoine Lacassagne (Nice)
	Guido GERIG	-	University of North Carolina
	Vincent GRÉGOIRE	-	Université Catholique de Louvain
<i>Invité :</i>	Hanna KAFROUNI	-	DOSISoft S.A.



## Remerciements

A faire en dernier :-)



# Table des matières

<b>Liste des Abréviations</b>	<b>1</b>
<b>1 Introduction</b>	<b>3</b>
1.1 Le domaine du Calcul Haute Performance . . . . .	3
1.1.1 Le calcul scientifique et la simulation numérique . . . . .	3
1.1.2 Définition du Calcul Haute Performance . . . . .	4
1.1.3 Les Clusters . . . . .	4
1.1.4 Loi de Moore A DEPLACER . . . . .	5
<b>A Exemple d'annexe</b>	<b>7</b>
A.1 Exemple d'annexe . . . . .	7
<b>Bibliographie</b>	<b>9</b>



# Liste des Abréviations

- Cluster On parle de grappe de serveurs ou de ferme de calcul (computer cluster en anglais) pour désigner des techniques consistant à regrouper plusieurs ordinateurs indépendants.
- DTI Diffusion Tensor Imaging
- HPC Calcul Haute Performance. Le but du HPC est de paralléliser des applications scientifiques à destination de ressources informatiques telles que les supercalculateurs
- SaaS SaaS est l'acronyme pour Software as a Service. Le mode Saas est un mode d'utilisation d'une solution logicielle que se fait en utilisant l'application à distance qui est hébergée par l'éditeur.





# Introduction

---

## 1.1 Le domaine du Calcul Haute Performance

### 1.1.1 Le calcul scientifique et la simulation numérique

Pour comprendre d'où émerge le domaine du Calcul Haute Performance (HPC) il faut comprendre pour répondre à quels besoins ces architectures sont mises au point. Le domaine du calcul scientifique et notamment celui de la simulation numérique qui nécessite de grandes puissances de calculs. Les simulations sont utilisées dans différents domaines car elles apportent beaucoup d'avantages. Le premier est la réduction des coûts. Par exemple dans l'industrie automobile, les tests de crash de voiture ne sont plus réalisés avec de vraies voitures. Les voitures sont maintenant simulées et envoyées percuter des murs virtuels. Cette technique a pour effet de réduire les temps de conception, car il n'y a plus besoin de créer une voiture avec les matériaux à tester, et donc de réduire les coûts de conceptions. Mais la simulation numérique a d'autres avantages, comme celui de pouvoir simuler des phénomènes dont les conditions ne sont pas reproductibles sur terre. Elle élargi donc les domaines explorables ce qui rend son champ d'application presque infini. Les domaines d'applications sont donc nombreux, on retrouve la simulation numérique dans la recherche pétrolière (analyse des fonds marins), les prévisions météorologiques, en biologie (séquençage ADN) ou encore en finance.

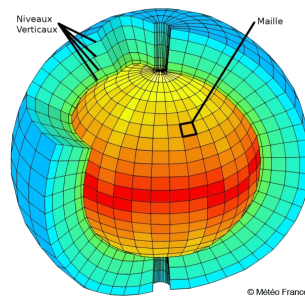


FIGURE 1.1 – Le maillage le plus fin exploité par Météo-France pour ses prévisions régionales restitue des mailles de 2,5 km de côté. (source [www.irma-grenoble.com](http://www.irma-grenoble.com))

Ces simulations numériques utilisent une représentation discrète des objets modélisés. Pour améliorer ces simulations, ces représentations doivent utiliser des maillages le plus fins possibles. C'est en cela que ces simulations nécessitent d'énormes

puissances de calculs et que cette demande est casi illimité, car les maillages pourront toujours être affinés.

### 1.1.2 Définition du Calcul Haute Performance

Le domaine du Calcul Haute Performance est l'interconnexion de ressources informatiques dans le but de résoudre de façon partagée un problème complexe. Les problèmes qui sont résolus grâce à ces immenses systèmes sont très variés et interviennent dans de nombreux domaines. Le point commun de ces applications est la résolution d'un gros problème qui ne peut pas être résolu par une seule ressource. Ce problème est divisé en sous-problème de petites tailles, qui eux peuvent être résolus séparément. Cette méthode de résolution est appelée le calcul parallèle (voir ??). Aujourd'hui il existe trois façons d'apporter cette puissance de calcul aux utilisateurs :

1. **Dedicated supercomputer**, une architecture unique est créée. La conception de ces architectures étant unique, les frais de conception sont très élevés mais cette spécificité en fait des architectures très performantes car conçues spécialement pour répondre à un besoin précis.
2. **Commodity cluster**, qui agrège du matériel grand public pour former des grappes de calculs de plusieurs milliers de processeurs.
3. **HPC as a service** ou HPC Cloud ou encore HPC dans le nuage, utilise le modèle *System as a Service* pour apporter aux entreprises manquant de moyens ou de compétences un accès à une infrastructure HPC externalisée. L'un des principaux avantages est la flexibilité d'usage (adapter l'infrastructure à son besoin).
4. **Grid Computing** ou grille informatique est un regroupement de ressources informatiques à grande échelle (nationale voir internationale). Par exemple *Einstein@Home* [Abbott 2009] est un projet de recherche mondial sur les ondes gravitationnelles qui regroupe les ordinateurs de 50000 utilisateurs connectés à travers le monde utilisés pour analyser les données transcrites par des capteurs.

Quelle que soit le moyen de conception et d'utilisation, ces architectures sont des regroupements de centaines, voire de milliers de ressources qui forment une grappe de serveur que l'on appelle un *cluster* ou *supercalculateur*.

### 1.1.3 Les Clusters

À l'origine les premiers supercalculateurs étaient des architectures uniques créées de toutes pièces pour un client. Il était alors très dur de les reproduire ensuite rendant leur coût de conception très élevé. Seymour Cray présenta le premier supercalculateur en 1960 alors qu'il travaillait pour Control Data Corporation. À partir des années 1990 apparurent des clusters construits à partir de matériels, certes haut de gamme, mais qui constituent les ordinateurs grand public. C'est seulement le regroupement de centaines de stations de travail qui en fait des supercalculateurs, et cette façon de les construire est toujours la même aujourd'hui.

Le **TOP500** est un classement mondial qui classe tous les 6 mois depuis 1993 les 500 supercalculateurs les plus puissants du monde<sup>1</sup>. Ce classement nous permet d'analyser les évolutions en termes de puissance de calcul, de consommation ou d'autres critères des clusters les plus puissants du monde. Cela nous donne des indices sur les tendances d'évolutions du domaine. Une partie est consacrée à l'analyse de ce classement (voir ??).

#### 1.1.4 Loi de Moore A DEPLACER

En 1965, Gordon Moore fit l'une des prédictions les plus visionnaires de toute l'histoire de l'informatique (Moore, 1965) lorsqu'il énonça que la performance des ordinateurs doublerait tous les dix-huit mois. De nos jours, cette remarquable prédiction reste toujours aussi pertinente. Cependant, alors que cette amélioration des performances a longtemps permis de conserver un modèle de programmation séquentiel, ces dernières années ont vu apparaître des architectures parallèles au sein même des microprocesseurs (multicœurs). Ce changement de conception radical au niveau du matériel, oblige à revoir les méthodes de développement logiciel afin de tirer pleinement parti de la puissance de ces nouveaux processeurs.

---

1. [www.top500.org](http://www.top500.org)



# Exemple d'annexe

---

## A.1 Exemple d'annexe

hihi



# Bibliographie

[Abbott 2009] B. P. Abbott, R. Abbott et Adhikari. *Einstein@Home search for periodic gravitational waves in early S5 LIGO data*. Phys. Rev. D, vol. 80, page 042003, Aug 2009. (Cité en page [4](#).)





---

**Résumé :**

ds

**Mots clés :** Segmentation par atlas, recalage non linéaire, radiothérapie, création d'atlas

---

---

## **Design and Use of Numerical Anatomical Atlases for Radiotherapy**

**Abstract :** The main objective of this thesis is to provide radio-oncology specialists with automatic

**Keywords :** Atlas-based Segmentation, non rigid registration, radiotherapy, atlas creation

---