

# Programmation parallèle haute performance

Groupe 10

Lundi, de 13h30 à 16h30 (cours)

---

## Responsable(s) du cours

---

**Nom du coordonnateur :** TREMBLAY, Guy**Nom de l'enseignant :** TREMBLAY, Guy**Local :** PK-4435**Téléphone :** (514) 987-3000 #8213**Courriel :** tremblay.guy@uqam.ca**Site Web :** <http://www.labunix.uqam.ca/~tremblay>

---

## Description du cours

---

Modèles d'architectures à haute performance. Paradigmes de programmation parallèle et stratégies de conception de programmes parallèles. Métriques de performances et principales sources des surcoûts. Langages et bibliothèques de programmation parallèle. Problèmes typiques en programmation scientifique haute performance: calculs de grilles, de particules, de matrices.

---

## Objectifs du cours

---

Familiariser les étudiant-e-s à la programmation parallèle et à certaines problématiques récentes du domaine.

À la fin du cours, l'étudiant-e devrait être capable :

- d'expliquer et d'utiliser les principaux patrons de programmation parallèle et d'algorithmes parallèles;
- de lire des programmes parallèles écrits dans divers langages de programmation parallèle (Ruby/PRuby, C/OpenMP, C/OpenCL, C++/Threading Building Blocks, Java, C/MPI) ;
- d'écrire des programmes de style "mémoire partagée" dans quelques langages parallèles de haut niveau (Ruby/PRuby, C++/TBB, C/OpenMP) ;
- d'écrire des programmes de style "échanges de messages" fonctionnant sur une grappe de multiprocesseurs à l'aide d'un langage tel que C/MPI.

---

## Contenu du cours

---

1. Introduction : les différentes formes de programmation concurrente (multi-contextes, distribuée, parallèle) ; les principaux paradigmes de programmation concurrente et parallèle (communication par variables partagées et par échanges de messages ; parallélisme de données, de contrôle, de flux).
2. Aperçu des architectures parallèles : classification de Flynn ; multi-processeurs et multi-ordinateurs ; mémoire partagée et mémoire distribuée ; architectures multi-contextes; processeurs à coeurs multiples; processeurs graphiques (GPU).

**3. Programmation parallèle impérative :**

- Notions de base : processus, tâche, *thread*, synchronisation et communication;
- Programmation par variables partagées : exclusion mutuelle vs synchronisation de condition;
- Patrons de programmation parallèle: parallélisme fork-join, de boucles, de données, coordonnateur/travailleurs, flux de données;
- Stratégies de conception d'algorithmes parallèles : parallélisme itératif, parallélisme récursif, filtres et pipelines, parallélisme de données, modèle Map/Reduce;
- Programmation par échanges de messages : communication UQAM | Faculté des Sciences | asynchrone vs synchrone; communication point à point vs collective;
- Exemples de langages : Ruby/PRuby, C/OpenMP, C++/Threading Building Blocks, C/OpenCL, C/MPI.

**4. Mesures de performance :** temps d'exécution, coût, travail, accélération et efficacité; lois d'Amdahl, de Gustafson-Barsis;

**5. Programmation parallèle avec mémoire distribuée et MPI :** réduction parallèle; sac de tâches distribué; calculs de grilles et automates cellulaires ; mouvements de particules ; calculs matriciels.

## Modalités d'évaluation

| Description sommaire  | Date             | Pondération |
|---|------------------|-------------|
| Deux (2) devoirs de programmation parallèle   | À-déterminer     | 40%         |
| Présentation orale sur un sujet au choix (approuvé par le professeur) et résumés écrits | 3 et/ou 10 avril | 30%         |
| Examen final  | 24 avril         | 30%         |

Le cours comportera plusieurs séances de cours/laboratoire (Ruby/PRuby, C/OpenMP, C++/TBB, C/MPI).

L'utilisation de documentation personnelle est permise à l'examen.

Une moyenne d'au moins 50% à l'examen est exigée pour réussir le cours.

Les devoirs peuvent être réalisés seul ou en équipe de deux (2) personnes.

Une pénalité de 10 % par jour de retard sera appliquée pour la remise des devoirs.

La qualité du français sera prise en considération (jusqu'à 10 % de pénalité).

### Politique d'absence aux examens

**L'autorisation de reprendre un examen en cas d'absence est de caractère exceptionnel. Pour obtenir un tel privilège, l'étudiant-e doit avoir des motifs sérieux et bien justifiés.**

Il est de la responsabilité de l'étudiant-e de ne pas s'inscrire à des cours qui sont en conflit d'horaire, tant en ce qui concerne les séances de cours ou d'exercices que les examens. **De tels conflits d'horaire ne constituent pas un motif justifiant une demande d'examen de reprise.**

Dans le cas d'une absence pour raison médicale, l'étudiant-e doit joindre un certificat médical original et signé par le médecin décrivant la raison de l'absence à l'examen. Les dates d'invalidité doivent être clairement indiquées sur le certificat. Une vérification de la validité du certificat pourrait être faite. Dans le cas d'une absence pour une raison non médicale, l'étudiant-e doit fournir les documents originaux expliquant et justifiant l'absence à l'examen &ndash; par exemple, lettre de la Cour en cas de participation à un jury, copie du certificat de décès en cas de décès d'un proche, etc. Toute demande incomplète sera refusée. Si la direction du programme d'études de l'étudiant-e constate qu'un étudiant a un comportement récurrent d'absence aux examens, l'étudiant-e peut se voir refuser une reprise d'examen.

L'étudiant-e absent-e lors d'un examen doit, dans les cinq (5) jours ouvrables suivant la date de l'examen, présenter une demande de reprise en utilisant le formulaire prévu, disponible sur le site Web du département à l'adresse suivante : <http://info.uqam.ca/politiques/>

L'étudiant-e doit déposer le formulaire dûment complété au secrétariat de la direction de son programme d'études : PK-3150 pour les programmes de premier cycle, PK-4150 pour les programmes de cycles supérieurs. Pour plus de détails sur la politique d'absence aux examens du Département d'informatique, consultez le site web suivant : <http://info.uqam.ca/politiques>

## Intégrité académique

**PLAGIAT Règlement no 18 sur les infractions de nature académique. (extraits)**

Tout acte de plagiat, fraude, copiage, tricherie ou falsification de document commis par une étudiante, un étudiant, de même que toute participation à ces actes ou tentative de les commettre, à l'occasion d'un examen ou d'un travail faisant l'objet d'une évaluation ou dans toute autre circonstance, constituent une infraction au sens de ce règlement.

La liste non limitative des infractions est définie comme suit :

- la substitution de personnes;
- l'utilisation totale ou partielle du texte d'autrui en la faisant passer pour sien ou sans indication de référence;
- la transmission d'un travail pour fins d'évaluation alors qu'il constitue essentiellement un travail qui a déjà été transmis pour fins d'évaluation académique à l'Université ou dans une autre institution d'enseignement, sauf avec l'accord préalable de l'enseignante, l'enseignant;
- l'obtention par vol, manoeuvre ou corruption de questions ou de réponses d'examen ou de tout autre document ou matériel non autorisés, ou encore d'une évaluation non méritée;
- la possession ou l'utilisation, avant ou pendant un examen, de tout document non autorisé;
- l'utilisation pendant un examen de la copie d'examen d'une autre personne;
- l'obtention de toute aide non autorisée, qu'elle soit collective ou individuelle;
- la falsification d'un document, notamment d'un document transmis par l'Université ou d'un document de l'Université transmis ou non à une tierce personne, quelles que soient les circonstances;
- la falsification de données de recherche dans un travail, notamment une thèse, un mémoire, un mémoire-crédation, un rapport de stage ou un rapport de recherche;
- Les sanctions liées à ces infractions sont précisées à l'article 3 du Règlement no 18.

Les règlements concernant le plagiat seront strictement appliqués. Pour plus de renseignements, veuillez consulter les sites suivants : <http://www.sciences.uqam.ca/etudiants/integrite-academique.html> et <http://www.bibliotheques.uqam.ca/recherche/plagiat/index.html>

## Médiagraphie

UO <http://www.labunix.uqam.ca/~tremblay/INF7235/>

Divers éléments (notes de cours, transparents, énoncés de devoirs) seront mis à la disposition des étudiants sur ce site.

- VC [And00] G.R. Andrews -- Foundations of Multithreaded, Parallel, and Distributed Programming, Addison-Wesley, 2000.
- VC [But97] D. R. Butenhof -- Programming with POSIX Threads. Addison-Wesley, 1997.
- VC [CG90] N. Carriero and D. Gelernter -- How to Write Parallel Programs - A First Course, The MIT Press, 1990.
- AC [DG04] J. Dean and S. Ghemawat -- MapReduce: Simplified data processing on large clusters, In OSDI'04: Sixth Symposium on Operating System Design and Implementation, pages 137&ndash;149, San Francisco, CA, Dec. 2004.
- VC [Fos95] I. Foster -- Designing and Building Parallel Programs, Addison-Wesley, 1995. <http://www-unix.mcs.anl.gov/dbpp>
- VC [GUD96] M. Gengler, S. Ubéda, and F. Desprez -- Initiation au parallélisme: Concepts, architectures et algorithmes, Masson, 1996.
- VC [GGKK03] A. Grama, A. Gupta, G. Karypis, and V. Kumar -- Introduction to Parallel Computing (Second Edition), Addison-Wesley, 2003.
- VC [Han95] P.B. Hansen -- Studies in Computational Science - Parallel Programming Paradigms, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1995.
- VC [MRR12] M. McCool, A.D. Robison and J. Reinders -- Structured Parallel Programming: Patterns for Efficient Computation, Morgan Kaufmann, 2012.
- VC [MSM05] T.G. Mattson, B.A. Sanders, and B.L. Massingill -- Patterns for Parallel Programming, Addison-Wesley, 2005.
- VC [Pac97] P.S. Pacheco -- Parallel Programming with MPI, Morgan Kaufman Publ., 1997.
- VC [Pac11] P.S. Pacheco -- An Introduction to Parallel Programming, Morgan Kaufman Publ., 2011.
- VC [Qui03] M.J. Quinn -- Parallel Programming In C With MPI And OpenMP, McGraw-Hill, 2003.
- VC [Rei07] J. Reinders -- Intel Threading Building Blocks: Outfitting C++ for Multi-Core Processor Parallelism, O'Reilly Media, 2007.
- VC [SMSR09] M.J. Sottile, T.G. Mattson, B.A. Sanders, and C.E. Rasmussen -- Introduction to Concurrency in Programming Languages, Chapman and Hall/CRC, 2009.
- VC [WA99] B. Wilkinson and M. Allen -- Parallel Programming - Techniques and Applications Using Networked Workstations and Parallel Computers, Prentice-Hall, 1999.

Une bibliographie plus détaillée est disponible à l'URL suivant (sélection "Architecture et programmation parallèle"):  
<http://www.labunix.uqam.ca/~tremblay/chercher-reference.cgi>

A : article - C : comptes rendus - L : logiciel  
S: Standard - U : uri - V : volume

C : complémentaire - O : Obligatoire - R : recommandé