



Département d'informatique
IFT 630 – Processus concurrents et parallélisme
Plan d'activité pédagogique
Été 2026

Enseignant	Hubert Kenfack Ngankam
Courriel :	hubert.kenfack.ngankam@usherbrooke.ca
Local :	D6-0013
Téléphone :	+1 819 821-8000 x65174
Disponibilités :	Je réponds aux questions par TEAMS. L'idéal, c'est de prendre rendez-vous par courriel.

Site web du cours : <https://moodle.usherbrooke.ca>

Horaire Exposé magistral : Mardi 9 h 30 à 12 h 20 salle D6-0044

Description officielle de l'activité pédagogique¹

Cibles de formation :	Se familiariser avec les concepts de la programmation concurrente. Apprendre à résoudre des problèmes en se servant de la programmation concurrente.
Contenu :	Approfondissement des concepts de processus et de fil d'exécution (thread). Synchronisation centralisée ou répartie : problématique, techniques et erreurs typiques. Communication pour systèmes centralisés et pour systèmes répartis : problématique et techniques de mise en œuvre. Architecture des systèmes de processus communicants (client/serveur, P2P, grappes, grid, ...). Coordination de processus.
Crédits	3
Organisation	3 heures d'exposé magistral par semaine 6 heures de travail personnel par semaine
Préalable	Avoir obtenu 36.0 crédits
Particularités	Aucune

¹<https://www.usherbrooke.ca/admission/fiches-cours/ift630>

1 Présentation

Cette section présente les cibles de formation spécifiques et le contenu détaillé de l'activité pédagogique. Cette section, non modifiable sans l'approbation du comité de programme du Département d'informatique, constitue la version officielle.

1.1 Mise en contexte

À l'heure où les unités de calcul se multiplient au cœur des processeurs, où les coprocesseurs, graphiques en particulier, deviennent de plus en plus puissants et que les réseaux d'ordinateurs prennent de plus en plus d'ampleur, il est nécessaire de pouvoir analyser un projet logiciel de façon parallèle, concurrente ou distribuée. En effet, la plupart des applications aujourd'hui utilisent les multiples cœurs ou processeurs d'un même ordinateur ou fonctionnent sur un réseau d'ordinateurs.

Le cours IFT630 - Processus concurrents et parallélisme a pour objectif de vous apprendre les différents outils et techniques utiles au développement de telles applications. Bien que les objectifs premiers de telles techniques soient le gain de vitesse et l'optimisation de l'utilisation des ressources matérielles, la maîtrise de ces concepts fournit au programmeur de nouveaux et précieux outils.

Ce cours demande avant tout une certaine aisance en programmation et une capacité d'analyse rigoureuse et méthodique. Des connaissances en systèmes d'exploitation, réseaux et architecture des ordinateurs seront aussi très utiles.

Ce cours est aussi très utile pour aborder les cours IFT604/IFT717 - Applications Internet et mobilité, IFT605/IFT713 - Systèmes répartis et multiagents et IFT611/IFT729 - Conception de systèmes temps réel.

1.2 Cibles de formation spécifiques

L'objectif du cours est de permettre à l'étudiant de se familiariser avec les concepts de la programmation concurrente, les concepts utilisés sur les systèmes distribués ainsi que les notions de programmation fiable avec reprise. À la fin du cours, l'étudiante ou l'étudiant devra être capable de résoudre des problèmes en se servant de la programmation concurrente. En particulier, il devra être capable de transformer un programme séquentiel en un programme parallèle en utilisant les différents outils de synchronisation et de communication disponibles. Il devra aussi être capable de développer des programmes comportant de la reprise au niveau du système d'exploitation.

À la fin de cette activité pédagogique, l'étudiante ou l'étudiant sera donc capable de :

1. Maîtriser la terminologie et les concepts sous-jacents à la programmation concurrente ;
2. Comprendre le fonctionnement des algorithmes de synchronisations ;
3. Développer des programmes concurrents et de les synchroniser avec les divers outils de synchronisation ;
4. Comprendre le fonctionnement de diverses structures de calcul sur un réseau d'ordinateurs ;
5. Comprendre et appliquer les différentes techniques de parallélisation de programmes séquentiels ;
6. Développer des programmes fonctionnant sur un réseau d'ordinateurs ou sur une grappe de calcul ;
7. Comprendre le fonctionnement des systèmes distribués ;
8. Comprendre les principes de fiabilité et de performance associés à ces systèmes.

1.3 Contenu détaillé

Thème	Contenu	Nbr. d'heures	Objectifs	Lectures ¹
1	Notions de base : processus : concept, opérations et relations ; fil d'exécution (<i>thread</i>) : structure, terminologie, exemples ; noyau : fonction, primitives, structure, implantation	2	1	Chap. 3-4 de [4]
2	Concurrence et parallélisme : définitions, types, opérations : <code>fork</code> , <code>join</code> , <code>cobegin/coend</code> , etc, modélisation	2	1	Chap. 5 de [4]

Thème	Contenu	Nbr. d'heures	Objectifs	Lectures ¹
3	Synchronisation : définitions : synchronisation, communication, types de synchronisation ; solutions avec attente active : Dekker, Dijkstra, Peterson et autres ; sémaphores : principes, implantation et utilisation ; exemples classiques	7	2, 3	Chap. 5 de [4]
4	Programmation parallèle : principes, régions critiques conditionnelles, moniteurs, moniteurs étendus, expressions de chemins, autres mécanismes	7	2, 3	Chap. 5 de [4]
5	Communication inter-processus : types de communication : mémoire commune et passages de messages ; passages de messages : identification des interlocuteurs, synchronisation, protection et implantation	3	2, 3	Chap. 3 de [4]
6	Systèmes d'exploitation répartis : systèmes de fichiers répartis, gestion de l'UCT, gestion de la mémoire, synchronisation et communication	8	4, 7	Chap. 17 de [4]
7	Calcul parallèle : problématiques et approches ; modèles de parallélisation : algorithmique, architectural, communication et synchronisation ; outils de programmation.	3	4, 5, 6	Chap. 1 de [2]
8	Algorithmes parallèles : modèles pour algorithmique parallèle : graphes orientés acycliques (DAG), PRAM, modèle réseau, hypercube, etc. ; performance et complexité des communications	3	4, 5, 6	Chap. 1 de [3]
9	Fiabilité : évitement des fautes, détection des erreurs, traitement des fautes, reprises avant et arrière	2	8	
10	Performance : introduction, mesures de performances, techniques d'évaluation, charges de travail	2	8	
11	Formalisme : modèle comportemental, propriétés et méthodes de vérification.	2	2, 3	

¹ Les lectures indiquées ne sont là qu'à titre indicatif. L'enseignant est libre de choisir un autre document de référence

2 Organisation

Cette section propre à l'approche pédagogique de chaque enseignante ou enseignant présente la méthode pédagogique, le calendrier, le barème et la procédure d'évaluation ainsi que l'échéancier des travaux. Cette section doit être cohérente avec le contenu de la section précédente.

2.1 Méthode pédagogique

2.1.1 Apprentissage par problèmes et projets

Principes fondamentaux :

- Vous découvrez les concepts en résolvant des problèmes réels.

- Il n'y a pas de cours magistraux traditionnels

- Investigation guidée par des questions socratiques (explorer une idée en posant des questions séquentielles)

- Mini-leçons ciblées après l'exploration

- Théorie en juste-à-temps (angl. *just-in-time*) en réponse aux besoins

Une semaine comprend trois heures de présence en classe, durant lesquelles la théorie sera présentée, accompagnée de démonstrations et d'exercices. Vos questions et interventions seront encouragées afin de favoriser les échanges et la compréhension. Des travaux pratiques à réaliser en dehors des heures de cours seront également donnés. Ces travaux serviront à valider les concepts abordés en classe et à vous encourager à approfondir votre réflexion sur la matière.

2.1.2 Période de 2 h - Investigation conceptuelle

Lancement du problème de la semaine

- Investigation en équipes (3-4 personnes ou par îlot)

- Réflexion conceptuelle sans code

- Diagrammes, pseudo-code, schémas

- Discussion et hypothèses

- Questions socratiques de l'enseignant

- Mini-leçon ciblée

- Quiz Wooclap (questions conceptuelles)

- Mini-leçon ciblée

- Formalisation des concepts découverts

- Terminologie officielle

- Patrons de solution

2.1.3 Période de 1h - Application pratique

Démo en direct de l'itération du fil rouge





- Vous expérimentez avec le code

- Bilan + annonce semaine suivante.

2.2 Calendrier

Semaine	Commençant le	Thème	Travaux pratiques
1	2026-05-04	1 et 3	
2	2026-05-11	Laboratoire et 3	
3	2026-05-18	Laboratoire, 4 et 5	
4	2026-05-25	Laboratoire et 4	Remise TP 1
5	2026-06-01	Laboratoire, 2, 7 et 8	
6	2026-06-08	Laboratoire, 8, 9 et 10	
7	2026-06-15	Semaine des examens périodiques	
8	2026-06-22	Examen	Remise TP 2
9	2026-06-29	Laboratoire, 4, 7 et 9	
10	2026-07-06	Laboratoire, 4, 6 et 11	
11	2026-07-13	Laboratoire et 5	
12	2026-07-20	Laboratoire et 5	Remise TP 3
13	2026-07-27	Laboratoire et 8	
14	2026-08-03	Laboratoire et 4	
15	2026-08-10	Semaine des examens finals	
16	2026-08-17	Semaine des examens finals	

2.3 Évaluation

Type de l'évaluation	Pondération	Utilisation des IAG ¹
Travaux pratiques (3)	25 %	Limitée 
Minitest-participation	10 %	Interdite 
Examen intra	25 %	Interdite 
Examen final	40 %	Interdite 

¹ Référez-vous à la page « Balises d'utilisation des outils d'intelligence artificielle générative » à la fin du document.

Les TP sont individuels et la correction majoritairement automatisée. (70-80 %)

La structure des TP est progressive : TP2 part de TP1, TP3 part de TP2

Tests fonctionnels + analyse statique + revue manuelle

Soumissions multiples autorisées (meilleure note gardée)

Retards :

TP : pénalité de 10 % par jour de retard - Maximum trois (3) jours de retard acceptés - Après : note de zéro (0)

Collaboration :

En classe : collaboration encouragée en équipes

TP : travail individuel

Plagiat

Plagiat = zéro (0) automatique + sanction académique (Les cas de plagiat seront systématiquement acheminés à la Faculté.)

Vous pouvez discuter des concepts, mais pas partager du code.

2.3.1 Qualité de la langue et de la présentation

Conformément à l'article 17 du Règlement facultaire d'évaluations des apprentissages² l'enseignante ou l'enseignant peut retourner à l'étudiante ou à l'étudiant tout travail non conforme aux exigences quant à la qualité de la langue et aux normes de présentation.

2.3.2 Plagiat

Le plagiat consiste à utiliser des résultats obtenus par d'autres personnes afin de les faire passer pour sien et dans le dessein de tromper l'enseignante ou l'enseignant. Vous trouverez en annexe un document d'information relatif à l'intégrité intellectuelle qui fait état de l'article 9.4.1 du Règlement des études³. Lors de la correction de tout travail individuel ou de groupe une attention spéciale sera portée au plagiat. Si une preuve de plagiat est attestée, elle sera traitée en conformité, entre autres, avec l'article 9.4.1 du Règlement des études de l'Université de Sherbrooke. L'étudiante ou l'étudiant peut s'exposer à de graves sanctions qui peuvent être soit l'attribution de la note E ou de la note zéro (0) pour un travail, un examen ou une activité évaluée, soit de reprendre un travail, un examen ou une activité pédagogique. Tout travail suspecté de plagiat sera transmis au Secrétaire de la Faculté des sciences. Ceci n'indique pas que vous n'avez pas le droit de coopérer entre deux équipes, tant que la rédaction finale des documents et la création du programme restent le fait de votre équipe. En cas de doute de plagiat, l'enseignante ou l'enseignant peut demander à l'équipe d'expliquer les notions ou le fonctionnement du code qu'elle ou qu'il considère comme étant plagié. En cas d'incertitude, ne pas hésiter à demander conseil et assistance à l'enseignante ou l'enseignant afin d'éviter toute situation délicate par la suite.

2.4 Échéancier des travaux

Travaux pratiques	Sujet	Réception	Remise	Points
TP 1	Synchronisation de base	2026-05-07	2026-05-29	15
TP 2	Coordination avancée	2026-06-04	2026-06-26	15
TP 3	IPC + Performance	2026-07-02	2026-07-24	15

2.5 Utilisation d'appareils électroniques et du courriel

Selon le règlement complémentaire des études, section 4.2.3⁴, l'utilisation d'ordinateurs, de cellulaires ou de tablettes pendant une prestation est interdite à condition que leur usage soit explicitement permise dans le plan de cours.

Dans ce cours, l'usage de téléphones cellulaires, de tablettes ou d'ordinateurs est autorisé. Cette permission peut être retirée en tout temps si leur usage entraîne des abus.

Tel qu'indiqué dans le règlement universitaire des études, section 4.2.3⁵, toute utilisation d'appareils de captation de la voix ou de l'image exige la permission de la personne enseignante.

Note : Je réponds aux questions posées par courriel à l'extérieur des périodes de cours.

²https://www.usherbrooke.ca/sciences/fileadmin/sites/sciences/documents/Etudiants_actuels/Informations_academiques_et_reglements/2017-10-27_Reglement_facultaire_-_evaluation_des_apprentissages.pdf

³<https://www.usherbrooke.ca/registraire/droits-et-responsabilites/reglement-des-etudes/>

⁴https://www.usherbrooke.ca/sciences/fileadmin/sites/sciences/documents/Etudiants_actuels/Informations_academiques_et_reglements/Sciences_Reglement_complementaire.pdf

⁵<https://www.usherbrooke.ca/registraire/droits-et-responsabilites/reglement-des-etudes/>

3 Matériel nécessaire pour l'activité pédagogique

Les diapositives du cours seront disponibles sur le moodle et le Teams. Le manuel sur lequel est basé le cours est celui de Silbershatz [4].

Livres de référence :

Java Concurrency in Practice - Brian Goetz (<https://raw.githubusercontent.com/wususu/effective-resources/master/Java/Java%20Concurrency%20in%20Practice.pdf>)

4 Références

- [1] ALLEN B. DOWNEY : *The Little Book of Semaphores*. Open source, 2016. Version 2.2.1 disponible en ligne : <https://greenteapress.com/semaphores/LittleBookOfSemaphores.pdf>.
- [2] ANDREWS, GREGORY R. : *Concurrent Programming : Principles and Practice*. Benjamin-Cummings Publishing Co., Inc., USA, 1991.
- [3] JÁJÁ, JOSEPH : *An Introduction to Parallel Algorithms*. Addison Wesley Longman Publishing Co., Inc., USA, 1992.
- [4] SILBERSCHATZ, ABRAHAM AND GALVIN, PETER B. AND GAGNE, GREG : *Operating System Concepts*. Wiley Publishing, 10th édition, 2018. disponible en ligne : <https://os.ecci.ucr.ac.cr/slides/Abraham-Silberschatz-Operating-System-Concepts-10th-2018.pdf>.

Délits relatifs aux études

Extrait du règlement des études (Règlement 2575-009)

Sont notamment considérés comme un délit relatif aux études les faits suivants :

- a) commettre un plagiat, soit faire passer ou tenter de faire passer pour sien, dans une production évaluée, le travail d'une autre personne, des passages ou idées tirés de l'œuvre d'autrui ou du contenu, de toute forme, généré par un système d'intelligence artificielle (ce qui inclut notamment le fait de ne pas indiquer la source et la référence adéquate);
- b) commettre un autopl plagiat, soit soumettre, sans autorisation préalable, une même production, en tout ou en partie, à plus d'une activité pédagogique ou dans une même activité pédagogique (notamment en cas de reprise);
- c) usurper l'identité d'une autre personne ou procéder à une substitution de personne lors d'une production évaluée ou de toute autre prestation obligatoire;
- d) fournir ou obtenir toute forme d'aide non autorisée, qu'elle soit collective ou individuelle (incluant l'assistance provenant d'un système d'intelligence artificielle), pour une production faisant l'objet d'une évaluation;
- e) obtenir par vol ou toute autre manœuvre frauduleuse, posséder ou utiliser du matériel non autorisé de toute forme (incluant le matériel numérique et celui généré par un système d'intelligence artificielle) avant ou pendant une production faisant l'objet d'une évaluation;
- f) copier, contrefaire ou falsifier un document pour l'évaluation d'une activité pédagogique;
- k) posséder ou avoir à sa portée un appareil électronique ou numérique interdit durant une activité d'évaluation;

[...]

Un [guide sur l'intégrité intellectuelle](#) vous est rendu disponible par le service des bibliothèques et des archives de l'Université de Sherbrooke, afin de bien comprendre les différents délits et ainsi éviter d'être aux prises avec un dossier disciplinaire et une ou des sanctions.

Les mesures pouvant être imposées à titre de sanctions disciplinaires sont les suivantes :

- a) la réprimande simple ou sévère consignée au dossier étudiant pour la période fixée par l'autorité disciplinaire ou à défaut, définitivement. En cas de réprimande fixée pour une période déterminée, la décision rendue demeure au dossier de la personne aux seules fins d'attester de l'existence du délit en cas de récidive;
- b) l'obligation de reprendre une production ou une activité pédagogique, dont la note pourra être établie en tenant compte du délit survenu antérieurement;
- c) la diminution de la note ou l'attribution de la note E ou 0;

[...]

Balises d'utilisation des outils d'intelligence artificielle générative

Autorisés ou pas dans les situations d'apprentissage et d'évaluation ?

NIVEAU 0

NIVEAU 1

NIVEAU 2

NIVEAU 3

NIVEAU 4

L'utilisation des outils d'intelligence artificielle générative (IAg) est limitée, voire complètement interdite parce que la personne enseignante considère que l'usage de ces outils nuit au développement de compétences essentielles. Ces compétences peuvent être disciplinaires, comme elles peuvent être d'ordre méthodologique, rédactionnel ou informationnel. Considérant que l'utilisation des IAg requiert un esprit critique, il peut s'agir d'une situation d'apprentissage ou d'évaluation sans IAg qui vise à développer celui-ci.

Dans ces situations, **la personne étudiante produit le travail.**

L'utilisation prononcée des IAg est permise parce que la personne enseignante considère que les personnes étudiantes sont en mesure d'exercer un esprit critique et sont capables de juger de la qualité des contenus produits par les IAg. Ou encore, l'utilisation est encouragée parce que la situation d'apprentissage ou d'évaluation proposée contribue à développer leur esprit critique.

Dans ces situations, l'IAg produit le travail préliminaire, alors que **la personne étudiante s'assure de sa qualité en l'améliorant.**



Utilisation interdite

Le **NIVEAU 0** signifie que l'**utilisation est interdite**.

Ceci signifie que si la personne enseignante a un motif de croire qu'il y a eu l'utilisation d'une IAg dans une situation d'évaluation, elle doit dénoncer les faits auprès de la personne responsable des dossiers disciplinaires universitaires. Il s'agit d'un délit relatif aux études tel que stipulé dans le [Règlement des études](#).



Utilisation limitée

Le **NIVEAU 1 D'UTILISATION** signifie que l'**utilisation est autorisée uniquement pour assister l'apprentissage dans le domaine disciplinaire ou des langues**.

Dans ce contexte, la personne étudiante **est tenue de déclarer l'utilisation qu'elle en a faite** selon les consignes fournies par la personne enseignante sans quoi l'utilisation peut être considérée comme un délit. Par exemple :

Domaine disciplinaire :

- S'inspirer
- Générer des idées
- Explorer un sujet pour mieux le comprendre
- Générer du matériel pour apprendre

Domaine des langues :

- Identifier ses erreurs et se les faire expliquer
- Reformuler un texte
- Générer un plan pour aider à structurer un texte
- Traduire un texte



Utilisation guidée

Le **NIVEAU 2 D'UTILISATION** signifie que l'**utilisation est autorisée pour améliorer un travail produit par la personne étudiante**.

Dans ce contexte, la personne étudiante **est tenue de déclarer l'utilisation qu'elle en a faite** selon les consignes fournies par la personne enseignante sans quoi l'utilisation est considérée comme un délit. Par exemple :

- Analyser des contenus
- Obtenir une rétroaction
- Évaluer la qualité de son travail à partir de critères
- Demander à être confronté relativement à ses idées, à sa démarche
- Diriger les processus de résolution de problèmes



Utilisation balisée

Le **NIVEAU 3 D'UTILISATION** signifie que l'**utilisation est autorisée pour produire un travail qui sera amélioré**.

Dans ce contexte, la personne étudiante **est tenue de citer selon les normes¹ le contenu généré par l'IAg ou de déclarer l'utilisation qu'elle en a faite** selon les consignes fournies par la personne enseignante sans quoi l'utilisation est considérée comme un délit. Par exemple :

- Résumer ou rédiger des parties d'un texte
- Générer un texte ou un modèle d'une production et l'adapter
- Réaliser des calculs mathématiques
- Produire du code informatique
- Résoudre des problèmes complexes
- Répondre à une question
- Générer des images, ou autres contenus multimédias



Utilisation libre

Le **NIVEAU 4 D'UTILISATION** signifie qu'**aucune restriction spécifique n'est imposée**.

Dans ce contexte, la personne étudiante **est tenue de citer selon les normes¹ le contenu généré par l'IAg ou de déclarer l'utilisation qu'elle en a faite** selon les consignes fournies par la personne enseignante sans quoi l'utilisation est considérée comme un délit.

Ce niveau inclut tout ce qui précède, de l'exploration à la production, ainsi que toute autre tâche particulière jugée complexe.

À considérer avant l'utilisation d'outils d'intelligence artificielles génératives

Si, en tant que personne étudiante envisagez d'utiliser un outil d'intelligence artificielle générative (IAG) lorsque l'évaluation autorise les niveaux 1 à 4 d'utilisation mentionnés précédemment.

Dans ce cas, gardez à l'esprit les éléments clés suivants.

- Vous assumez la responsabilité de tout le contenu produit, avec ou sans IAG, et intégré à votre production.
- Les produits des outils d'IAG peuvent très souvent comporter **des erreurs ou des faussetés** (hallucinations) : on doit donc impérativement valider tout contenu généré par ces outils.
- Dans l'état actuel de la Loi sur le droit d'auteur du Canada, les **productions faites par l'IAG sont du domaine public**, puisque les outils d'IAG ne sont pas reconnus comme des auteurs au sens de la Loi et que les contenus générés ne répondent pas aux critères d'une œuvre protégée, notamment aux critères d'originalité.
- L'entreprise qui fournit le service pourrait émettre certaines exigences dans ses conditions d'utilisation. Comme l'algorithme et le code informatique appartiennent à l'entreprise qui les a développés, nous devons tenir compte de ces conditions. Celles-ci pourraient également fournir des précisions relatives à la **réutilisation des données soumises (confidentialité)**.

Comment déclarer l'utilisation d'outils d'intelligence artificielle générative

Dans l'esprit d'une conduite intègre et responsable, vous devez TOUJOURS mentionner de façon explicite toute utilisation de l'intelligence artificielle, conformément au Règlement des études (9.4.1 Délits relatifs aux études). De plus, à des fins pédagogiques, il est recommandé de toujours intégrer à la production les requêtes, de même que les réponses intégrales générées par les outils d'IAG. Celles-ci pourront être intégrées directement dans le corps du texte ou en note de bas de page. Les réponses longues pourraient être insérées en annexe de votre document ou dans des documents supplémentaires, selon les directives de la personne enseignante.

L'utilisation de ces deux documents s'avèrera utile, ils se trouvent sous licence libre, donc vous pouvez utiliser les tableaux et les adapter selon votre besoin:

1. [Modèle de citation](#) : Ce formulaire, à remplir par l'enseignant, donne un exemple aux étudiants de citation de l'IAG dans la réalisation d'un travail évalué ou non.
2. [Déclaration d'usage](#) : Ce formulaire, à remplir par les étudiants, doit être remis avec une réalisation afin de déclarer l'usage de l'IAG dans la réalisation, qu'elle soit évaluée ou non.

Référence

La Faculté des sciences tient à remercier le SSF pour la production des documents.

- Cabana, M. et Côté, J.-A. (2024). Balises d'utilisation des outils d'intelligence artificielle générative. Service de soutien à la formation, Université de Sherbrooke. Sous licence [CC BY 4.0](#).
- Cabana, M. et Beaudet, M. (2024). Directives de déclaration de l'utilisation de l'intelligence artificielle générative dans une production étudiante. Service de soutien à la formation, Université de Sherbrooke. Sous licence [CC BY 4.0](#).
- Cabana, M. (2024). Formulaire de déclaration de l'utilisation de l'intelligence artificielle générative dans une production étudiante. Service de soutien à la formation, Université de Sherbrooke. Sous licence [CC BY 4.0](#).