

# INF6120

## Programmation fonctionnelle et logique

### Plan de cours

#### Responsable(s) du cours

---

##### Coordination :

STIÉVENART, Quentin  
PK-4735  
[stievenart.quentin@uqam.ca](mailto:stievenart.quentin@uqam.ca)  
<https://qstievenart.gitlab.io/>

GIRAUDO, Samuele  
PK-4430  
[giraudosamuele@uqam.ca](mailto:giraudosamuele@uqam.ca)  
<https://igm.univ-mlv.fr/~giraudosamuele/Home.html>

##### Enseignement :

LAMARCHE, André-Pierre  
PK-5722  
[lamarche.andre-pierre@uqam.ca](mailto:lamarche.andre-pierre@uqam.ca)  
Groupes : 010

## Description officielle

### Objectifs

Faire l'acquisition de nouvelles techniques et stratégies de programmation par l'apprentissage des concepts fondamentaux des langages de programmation fonctionnels et logiques. Apprécier l'apport de ces langages au développement logiciel.

### Sommaire du contenu

La récursion comme méthode générale de résolution de problèmes.

Bref historique de la programmation fonctionnelle. Effet de bord, référence immuable et évaluation des expressions. Répartition par appariement de motifs. Fonctions comme argument et valeur de retour. Stratégies d'évaluation des arguments. Polymorphisme et déduction des types. Fermetures, *curryage* et application partielle. Fonctions d'ordre supérieur (`map`, `reduce/fold`, `filter`). Patrons de conceptions fonctionnels (foncteurs, monoïdes, applicatifs, monades, transformateurs de monades).

Bref historique de la programmation déclarative et logique. Règles, inférence et clauses de Horn. Recherche par retour arrière et déduction. Unification et résolution. Coupure et négation. Programmation par contraintes, consistance d'arc, de chemins et problèmes de satisfaction de contraintes. Comparaison des approches de programmation logique et par contraintes.

### Modalité d'enseignement

Ce cours comporte une séance obligatoire de laboratoire (2 heures).

### Préalables académiques

INF3105

## Objectif du cours

Ce cours vise à initier au paradigme fonctionnel et au paradigme logique de programmation. Il cherche à illustrer et à mettre en évidence les techniques de programmation propres à ces paradigmes. Il illustre leur potentiel et leur intérêt pour la mise en œuvre d'applications complexes.

Les compétences développées dans le cadre de ce cours vous rendront capable :

- de connaître chacun de ces deux paradigmes ;
- d'apprécier les possibilités et les limites de chacun d'eux ;
- de développer des applications dans chacun des paradigmes.

## Contenu du cours

Ce cours initie à des approches de programmation originales et différentes de la programmation impérative ou objet. Il met en évidence les caractéristiques, le potentiel de chacun des paradigmes fonctionnel et logique au moyen d'une introduction à des langages spécifiques et d'applications typiques de ces langages. Le langage OCaml permet de donner un exemple de langage fonctionnel puissant et moderne où les aspects liés aux types de données (vérification, polymorphisme, encapsulation) sont particulièrement développés. La seconde partie du cours introduit les concepts d'unification, de programmation logique et de résolution de contraintes au travers d'implémentations des éléments fondamentaux de ces approches.

Le contenu et le semainier indiqué ici est donné à titre indicatif.

### **Chapitre 0 : Introduction (Semaine 1)**

- Historique de la programmation fonctionnelle
- Pertinence pratique
- Concepts fondamentaux
- Liens avec les langages populaires

### **Chapitre 1 : Concepts de base d'OCaml (Semaine 1)**

- Types de base du langage
- Constructions de base du langage
- Définitions de fonctions
- Liaisons
- Filtrage par motifs sur les types de base

### **Chapitre 2 : Fonctions et récursion (Semaine 2)**

- Type des fonctions
- Fonctions anonymes
- Application partielle, curryfication
- Shadowing
- Fonctions récursives
- Récursivité terminale
- Fonctions mathématiques, lambda calcul

### **Chapitre 3 : Types fonctionnels (Semaine 3)**

- Types de bases
- Définitions de nouveaux types : synonymes, types sommes, types produits
- Filtrage par motifs sur les nouveaux types
- Enregistrements
- Polymorphisme
- Le type `list`
- Le type `option`

### **Chapitre 4 : Fonctions d'ordre supérieur (Semaine 4-5)**

- Fonctions d'ordre supérieur sur les nombres
- Fermetures
- Fonctions d'ordre supérieur sur les listes : itérations, filtres, replis

### **Chapitre 5 : Encapsulation et modules (Semaine 6)**

- Modules

- Abstraction
- Structures de données fonctionnelles

## **Chapitre 6 : Tests et preuves de programmes (Semaine 7)**

- Spécifications
- Tests unitaires
- Couverture
- Tests de propriétés
- Notion d'équivalence
- Démonstrations par induction

## **Chapitre 7 : Interprétation d'un langage fonctionnel (Semaine 9-10)**

- Notions des interpréteurs
- Environnements
- Implémentation des types de base
- Implémentation des fonctions

## **Chapitre 8 : Typage et unification (Semaine 13)**

- Vérification de types d'un programme
- Unification
- Inférence de types

## **Chapitre 9 : Programmation logique (Semaine 14)**

- Historique de la programmation logique
- Introduction au langage Prolog
- Retour sur l'unification
- Retour en arrière
- Implémentation d'un interpréteur Prolog

## **Chapitre 10 : Programmation par contraintes (Semaine 11)**

- Algorithme AC3
- Applications à des problèmes pratiques

## **Modalités d'évaluation**

---

Description	Pondération	Échéance
Quiz 1	2.5%	Semaine 4
TP0	5%	Semaine 6
Examen intra	35%	Semaine 8
TP1	10%	Semaine 10
Quiz 2	2.5%	Semaine 13
TP2	10%	Semaine 15
Examen final	35%	Semaine 15

La réussite du cours requiert une note cumulative minimale de 50 % ainsi qu'une moyenne d'au moins 50 % aux examens (intra et final). Si l'une de ces conditions n'est pas remplie, le cours est considéré comme non réussi, indépendamment de la note cumulative.

Un aide-mémoire d'une page recto-verso (2 faces) manuscrite est permis pour les examens. Les cartes d'étudiant seront contrôlées et exigées au début de chaque examen.

Les travaux pratiques doivent être réalisés individuellement. Une pénalité de 2 points sur 100 par **heure entamée** de retard sera appliquée. 24 heures de retard au maximum sont permises. La qualité du français constitue un critère d'évaluation pour un maximum de 25% de la note.

La note finale (en lettre, A+, A, B, *etc.*) pour la session sera attribuée en fonction de l'atteinte des objectifs spécifiques à travers les évaluations. La distribution des résultats dans le groupe pourrait aussi être utilisée. Aucune autre opportunité (travail supplémentaire, *etc.*) visant à augmenter le nombre de points ne sera accordée.

Les règlements concernant le plagiat seront strictement appliqués. Pour les TP, les travaux doivent être individuels. Pour plus de renseignements, consultez le site suivant : <http://www.sciences.uqam.ca/etudiants/integrite-academique.html>

### Utilisation des outils d'intelligence artificielle pour la génération du code source

L'objectif de ce cours est de vous permettre de développer des compétences et connaissances utiles pour votre carrière. L'utilisation des outils d'intelligence artificielle, tels que ChatGPT, pour la génération de code pour les travaux de ce cours est donc interdite. Ces outils sont généralement fortement déconseillés dans un cadre académique, car ils nuisent aux apprentissages : vous pourriez être moins compétent que la majorité de vos pairs, ce qui restreindrait votre employabilité après vos études.

Les employeurs recherchent des professionnels dont les compétences ne peuvent pas être facilement remplacées par de l'intelligence artificielle. Prenez donc le temps de développer vos compétences sans dépendre de ces outils, vous pourrez toujours les maîtriser plus tard dans la suite de vos études et dans votre parcours professionnel. Souvenez-vous que l'apprentissage peut être inconfortable, et que chercher la facilité risque de faire de vous des professionnels moins qualifiés.

## Références

---

Le cours se base sur le livre [OCaml Programming: Correct + Efficient + Beautiful](#).

Pour la partie logique, une bonne référence supplémentaire est le livre [Simply Logical](#).

### Information sur les Services à la vie étudiante

*Services.* Les services à la vie étudiante accompagnent les étudiantes et les étudiants dans la réussite de leur parcours universitaire.

[Ensemble des services offerts](#)

[Gagner du temps et réaliser de meilleurs travaux](#)

[Politiques associées à votre réussite](#)

*Bureau.* Bureau des services-conseils (**soutien psychologique, bien-être aux études, information scolaire et insertion professionnelle, orientation, emploi**) : pour prendre rendez-vous, communiquez au 514 987-3185 ou par courriel à [services-conseil@uqam.ca](mailto:services-conseil@uqam.ca)

*Aide financière.* Bureau de l'**aide financière** : pour prendre rendez-vous, écrivez à [aidefinanciere@uqam.ca](mailto:aidefinanciere@uqam.ca)

*Bourses d'études.* Concernant les **bourses**, pensez à consulter Le Répertoire institutionnel des bourses d'études (RIBÉ) et écrivez à [bourse@uqam.ca](mailto:bourse@uqam.ca) pour toute question.

*Informations générales.* Consultez les informations et l'ensemble des coordonnées et services offerts par les Services à la vie étudiante à l'adresse suivante : [vie-etudiante@uqam.ca](mailto:vie-etudiante@uqam.ca).

### Politique d'absence aux examens

*Reprise d'examen.* 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.

*Conflits d'horaire.* 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.**

*Procédure.* 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 <https://info.uqam.ca/repriseexamen/>.

*Pièces justificatives.* Dans le cas d'une absence de moins de cinq (5) jours pour raison médicale, l'étudiant.e doit joindre une déclaration sur l'honneur. Lors d'une absence de cinq (5) jours et plus, un billet médical est exigé. Les dates d'invalidité doivent être clairement indiquées sur le billet original. L'authenticité du billet pourrait être vérifiée.

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 ; 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.e étudiant.e a un comportement récurrent d'absence aux examens, l'étudiant.e peut se voir refuser une reprise d'examen.

*Pour plus d'informations.* Consulter la page <https://info.uqam.ca/repriseexamen/>.

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

[Lien vers la page originale de ce contenu](#)

**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.**

(R18, art. 2.1, définition d'une infraction)

Liste non limitative des infractions mentionnées dans le R18 :

- la substitution de personnes ou l'usurpation d'identité (art. 2.2 a) ;
- le plagiat : l'utilisation totale ou partielle du texte d'autrui ou de la production d'autrui en le faisant passer pour sien ou sans indication de référence (art. 2.2 b) ;
- le recyclage/la réutilisation de travaux : le dépôt d'un travail aux fins d'évaluation alors que ce travail constitue en tout ou en partie un travail qui a déjà été soumis par la personne étudiante, aux fins d'évaluation académique à l'UQAM ou dans une autre institution d'enseignement, sauf avec l'accord préalable de la personne enseignante à qui ce travail est soumis (art. 2.2 c) ;
- la possession ou l'obtention par vol, manœuvre ou corruption de questions ou de réponses d'examen (art. 2.2 d) ;
- la possession ou l'utilisation de tout document ou matériel non autorisé préalablement, pendant un examen ou lors de la réalisation de travaux, incluant le recours aux outils informatiques ou moyens technologiques (art. 2.2 e) ;
- l'utilisation pendant un examen de la copie d'examen ou de tout autre matériel provenant d'une autre personne (art. 2.2 f) ;
- l'obtention de toute aide non autorisée, qu'elle soit collective ou individuelle (art. 2.2 g), ce qui inclut l'utilisation d'outils d'intelligence artificielle ;
- l'obtention d'une évaluation non méritée notamment par corruption, chantage, intimidation ou toute forme de harcèlement ou la tentative d'obtenir une telle évaluation (art. 2.2 h) ;
- la falsification d'un document ou la création d'un faux document, notamment d'un document transmis à l'Université ou d'un document de l'Université transmis ou non à une tierce personne, quelles que soient les circonstances (art. 2.2 i) ;
- la falsification de données de recherche dans un travail, notamment une thèse, un mémoire, un mémoire- création, un rapport de stage ou un rapport de recherche (art. 2.2 j).

Les sanctions reliées à ces infractions sont précisées aux articles 3 et 5 du [Règlement no 18 sur les infractions de nature académique](#).

Pour éviter de vous exposer à des sanctions :

1. Consultez le site [r18.uqam.ca](http://r18.uqam.ca) pour plus d'information sur l'intégrité académique et le R18 ;
2. Développez les bonnes pratiques en matière de recherche documentaire et de rédaction des travaux via l'outil [Infosphère](#) et les [formations offertes par le Service des bibliothèques](#)

**Politique no 2**

Le droit à la liberté académique universitaire est le droit de toute personne d'exercer librement et sans contrainte doctrinale, idéologique ou morale, telle la censure institutionnelle, une activité par laquelle elle contribue à l'accomplissement de la mission de l'Université.

Ce droit comprend la liberté :

- (a) d'enseignement et de discussion ;
- (b) de recherche, de création et de publication ;
- (c) d'exprimer son opinion sur la société et sur une institution, y compris l'établissement duquel la personne relève, ainsi que sur toute doctrine, tout dogme ou toute opinion ;
- (d) de participer librement aux activités d'organisations professionnelles ou d'organisations académiques.

Il doit s'exercer en conformité avec les normes d'éthique et de rigueur scientifique généralement reconnues par le milieu universitaire et en tenant compte des droits des autres membres de la communauté universitaire.

En reconnaissant, en promouvant et en protégeant la liberté académique universitaire, cette politique soutient la mission de l'Université, laquelle comprend la production et la transmission de connaissances par des activités de recherche, de création et d'enseignement et par des services à la collectivité.

Pour plus d'information, vous pouvez consulter la section [Liberté académique universitaire](#).

### **Politique no 16 visant à prévenir et combattre le sexisme et les violences à caractère sexuel**

Les violences à caractère sexuel se définissent comme étant des comportements, propos et attitudes à caractère sexuel non consentis ou non désirés, avec ou sans contact physique, incluant ceux exercés ou exprimés par un moyen technologique, tels les médias sociaux ou autres médias numériques. Les violences à caractère sexuel peuvent se manifester par un geste unique ou s'inscrire dans un continuum de manifestations et peuvent comprendre la manipulation, l'intimidation, le chantage, la menace implicite ou explicite, la contrainte ou l'usage de force.

Les violences à caractère sexuel incluent, notamment :

- la production ou la diffusion d'images ou de vidéos sexuelles explicites et dégradantes, sans motif pédagogique, de recherche, de création ou d'autres fins publiques légitimes ;
- les avances verbales ou propositions insistantes à caractère sexuel non désirées ;
- la manifestation abusive et non désirée d'intérêt amoureux ou sexuel ;
- les commentaires, les allusions, les plaisanteries, les interpellations ou les insultes à caractère sexuel, devant ou en l'absence de la personne visée ;
- les actes de voyeurisme ou d'exhibitionnisme ;
- le (cyber) harcèlement sexuel ;
- la production, la possession ou la diffusion d'images ou de vidéos sexuelles d'une personne sans son consentement ;
- les avances non verbales, telles que les avances physiques, les attouchements, les frôlements, les pincements, les baisers non désirés ;
- l'agression sexuelle ou la menace d'agression sexuelle ;
- l'imposition d'une intimité sexuelle non voulue ;
- les promesses de récompense ou les menaces de représailles, implicites ou explicites, liées à la satisfaction ou à la non-satisfaction d'une demande à caractère sexuel.

*Pour consulter la politique no 16*

[https://instances.uqam.ca/wp-content/uploads/sites/47/2019/04/Politique\\_no\\_16\\_2.pdf](https://instances.uqam.ca/wp-content/uploads/sites/47/2019/04/Politique_no_16_2.pdf)

*Pour obtenir de l'aide, faire une divulgation ou une plainte*

Bureau d'intervention et de prévention en matière de harcèlement  
514-987-3000, poste 0886

*Pour obtenir la liste des services offerts à l'UQAM et à l'extérieur de l'UQAM*

<https://harcèlement.uqam.ca>

*Soutien psychologique (Services à la vie étudiante)*

514-987-3185  
Local DS-2110

*CALACS Trêve pour Elles – point de services UQAM*

514 987-0348  
[calacs@uqam.ca](mailto:calacs@uqam.ca)  
<http://trevepourelles.org>

*Service de la prévention et de la sécurité*

514-987-3131

### Politique no 44 d'accueil et de soutien des étudiant.e.s en situation de handicap

*Politique.* Par sa politique, l'Université reconnaît, en toute égalité des chances, sans discrimination ni privilège, aux étudiant.e.s en situation de handicap, le droit de bénéficier de l'ensemble des ressources du campus et de la communauté universitaire, afin d'assurer la réussite de leurs projets d'études, et ce, dans les meilleures conditions possibles. L'exercice de ce droit est, par ailleurs, tributaire du cadre réglementaire régissant l'ensemble des activités de l'Université.

*Responsabilité de l'étudiant.e.* Il incombe aux étudiant.e.s en situation de handicap de rencontrer les intervenant.e.s (conseiller.ère.s à l'accueil et à l'intégration du Service d'accueil et de soutien des étudiant.e.s en situation de handicap, professeur.e.s, chargé.e.s de cours, direction de programmes, associations étudiantes concernées, etc.) qui pourront faciliter leur intégration à la communauté universitaire ou les assister et les soutenir dans la résolution de problèmes particuliers en lien avec les limitations entraînées par leur déficience.

*Service d'accueil et de soutien aux étudiant.e.s en situation de handicap.* Le Service d'accueil et de soutien aux étudiant.e.s en situation de handicap (SASESH) offre des mesures d'aménagement dont peuvent bénéficier certains étudiant.e.s. Il est fortement recommandé aux de se prévaloir de ces services afin de réussir ses études, sans discrimination. Pour plus d'information, visiter le site de ce service : <https://services.uqam.ca/services-offerts/soutien-aux-etudiants-en-de-situation-handicap/> et celui de la politique institutionnelle d'accueil et de soutien aux étudiant.e.s en situation de handicap : [https://instances.uqam.ca/wp-content/uploads/sites/47/2018/05/Politique\\_no\\_44.pdf](https://instances.uqam.ca/wp-content/uploads/sites/47/2018/05/Politique_no_44.pdf)

Il est important d'informer le SASESH de votre situation le plus tôt possible :

- En personne : 1290, rue Saint-Denis, Pavillon Saint-Denis, local AB-2300
- Par téléphone : 514 987-3148
- Par courriel : [situation.handicap@uqam.ca](mailto:situation.handicap@uqam.ca)
- En ligne : <https://vie-etudiante.uqam.ca/>

### Politique no 42 sur le harcèlement

L'Université du Québec à Montréal (ci-après, l'« Université ») reconnaît à toutes les personnes membres de la communauté universitaire le droit d'être traitées avec dignité, équité et respect mutuel.

Toutes, tous sont susceptibles de subir du harcèlement. L'Université reconnaît que le harcèlement est majoritairement dirigé à l'endroit de certains groupes. Il s'agit notamment des femmes, plus particulièrement lorsque leur vécu se situe à l'entrecroisement de plusieurs formes de discrimination, des personnes issues des minorités sexuelles ou de genre, des communautés racisées ou ethniciées, des communautés autochtones, des étudiantes, étudiants internationaux, ainsi que des personnes en situation de handicap. L'Université s'engage donc à tenir compte de leurs besoins spécifiques.

L'Université considère le respect mutuel, l'égalité, l'écoute et l'entraide comme des valeurs importantes qui favorisent l'épanouissement personnel ainsi que l'établissement de rapports harmonieux entre les personnes et entre les groupes, et qui permettent la mise en place d'un milieu sain et propice à la réalisation individuelle ou collective de sa mission universitaire.

L'Université croit que la collaboration de chaque personne et de chaque groupe de la communauté universitaire est essentielle pour favoriser la création d'un tel milieu et, en ce sens, elle compte sur la contribution de chaque personne.

L'Université juge que toute forme de harcèlement porte atteinte à la dignité et à l'intégrité physique ou psychologique d'une personne.

L'Université reconnaît sa responsabilité d'assurer un milieu de travail et d'études exempt de toute forme de harcèlement et veille à ce qu'aucune forme de harcèlement ne soit tolérée, quelle qu'en soit la source.

Pour plus de détails, consultez la politique complète : [https://instances.uqam.ca/wp-content/uploads/sites/47/2018/05/Politique\\_no\\_42.pdf](https://instances.uqam.ca/wp-content/uploads/sites/47/2018/05/Politique_no_42.pdf)

### Monitorat de programme

Le département d'informatique offre un service gratuit d'aide à la réussite s'adressant plus particulièrement aux étudiant.e.s du baccalauréat et du certificat en informatique. Il concerne principalement les cours de base comme INF1070, INF1120, INF1132, INF2120 et INF2171, mais, selon la connaissance du moniteur ou de la monitrice, un support dans d'autres cours peut également être offert.

*Objectifs.* Permettre aux étudiant.e.s de :

- Bénéficier d'un encadrement par les pairs ;
- Recevoir un suivi personnalisé en cas de difficulté ;
- Profiter d'un soutien supplémentaire à la matière vue en classe ;
- Obtenir un support technique sur les technologies, les outils, les bibliothèques et les cadriciels utilisés dans les cours (installation, configuration, utilisation)

*Informations.*

- Voir <https://info.uqam.ca/aide/> pour la grille horaire et tous les détails
- Le service est généralement disponible à partir de la deuxième semaine
- D'autres plages horaires pourraient être ajoutées en cours de session selon les besoins
- Clavardage en direct : [~aide](#) (Mattermost)