



## Baccalauréat en biochimie de la santé BCM 632 – Génomique et protéomique

### Plan d'activité pédagogique

Hiver 2026

---

#### Enseignant

François Bachand	francois.bachand2@usherbrooke.ca
François Corbin	francois.corbin@usherbrooke.ca
Simon Labbé	simon.labbe@usherbrooke.ca
Sébastien Lévesque	sebastien.a.levesque@usherbrooke.ca
Pierre-Luc Mallet	pierre-luc.mallet@usherbrooke.ca
François Michel Boisvert	francois.michel.boisvert@usherbrooke.ca

---

**Site web du cours :** <https://moodle.usherbrooke.ca/course/view.php?id=2592>

---

**Horaire**      Exposé magistral :    Mercredi    8 h 30 à 11 h 20

---

#### Description officielle de l'activité pédagogique<sup>1</sup>

Cibles de formation :	Se familiariser avec les nouveaux concepts reliés à l'étude de l'expression et de la régulation des gènes à l'échelle du génome (génomique) ainsi qu'avec des méthodes informatisées d'analyse des données. Se familiariser avec différentes techniques de séparation de molécules, dont l'utilisation de la spectrométrie de masse pour l'étude des protéines à grande échelle (protéomique), son analyse et son utilisation en diagnostic médical.
Contenu :	Méthodes associées aux séquençages d'ADN à haut-débit et leurs applications en recherche fondamentale et clinique. Techniques de séparation des protéines : analyse bidimensionnelle, HPCL et FPLC. Nouvelles méthodes de spectroscopie de masse appliquée à la protéomique : approches par temps de transit (time of flight), approches par LC-MS/MS (electrospray, ion-trap, ICAT) pour le séquençage et identification de peptides dans des échantillons biologiques complexes. Utilisation de la spectrométrie de masse pour la découverte de nouveaux biomarqueurs en clinique.
Crédits	3
Organisation	3 heures d'exposé magistral par semaine 6 heures de travail personnel par semaine
Préalable	(BCM420 ou BFT402) et (BIM501 ou BIM506)
Particularités	Obligatoire dans le cheminement Génomique, protéomique

---

<sup>1</sup><https://www.usherbrooke.ca/admission/fiches-cours/bcm632>

# 1 Présentation

## 1.1 Mise en contexte

Le cours *Génomique et protéomique* est un cours à option du programme de baccalauréat en Biochimie. Il a été conçu pour donner une compréhension de base en protéomique et en génomique, domaines qui permettent de mettre en relation l'expression du génome, le protéome diversifié et le comportement cellulaire. La *protéomique* est l'étude des produits protéiques dynamiques exprimés à partir du génome et leurs interactions à un moment donné ou sous certaines conditions environnementales. La protéomique implique non seulement l'identification et la quantification des protéines, mais également leurs localisations, modifications, interactions, activités et finalement leurs fonctions. La *génomique* étudie le fonctionnement d'un organisme, d'un organe, d'un **cancer**, etc. à l'échelle du **génom**e, au lieu de se limiter à l'échelle d'un seul **gène**. La *génomique fonctionnelle*, qui vise à déterminer la fonction et l'expression des gènes séquencés en caractérisant le **transcriptome** et le **protéome**.

## 1.2 Cibles de formation spécifiques

1. Introduire les étudiants aux principes de base de la spectrométrie de masse ;
2. Exposer les étudiants aux instruments de spectrométrie de masse les plus courants avec leurs avantages-désavantages ;
3. Enseigner aux étudiants, différentes applications de la spectrométrie de masse en recherche médicale ;
4. Familiariser les étudiants avec différentes approches pour étudier les interactions protéiques ;
5. Apprécier les multiples aspects associés aux expériences de protéomique à grande échelle ;
6. Exposer les étudiants à différentes approches pour mesurer l'expression des gènes à l'échelle du génome ;
7. Se familiariser avec des techniques expérimentales en génomique et leurs analyses par des approches computationnelles ;
8. Enseigner aux étudiants différentes applications de la génomique en recherche médicale.

## 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.

### 2.1 Méthode pédagogique

- Cours magistral
- Lectures dirigées
- Pages web

### 2.2 Calendrier

Date	Thème	Objectifs
2026-01-07	Introduction à la protéomique Informations générales <b>Enseignant : Pr François Bachand</b>	
2026-01-14	Technique de séparation des protéines : analyse bidimensionnelle des protéines, HPLC et FPLC. Le spectre de masse (m/z) Isotopes et Isotope « peak » en spectrométrie de masse État de charge Résolution Précision des masses et conséquences en spectrométrie de masse Ionisation : ESI et MALDI <b>Enseignant : Pierre-Luc Mallet</b>	Comprendre les principes de base de la spectrométrie de masse
2026-01-21	Activités étudiantes	
2026-01-28	Analyse de la masse : TOF, Quadrupole, Ion Trap et FT-ICR (vitesse, sensibilité, précision de la masse, résolution, intervalle (« range »). Spectrométrie de masse en tandem : principe de base ; Q-TOF ; Quadrupole Triple ; TOF/TOF ; Ion Trap et FT-ICR Préparation de peptides pour analyses en spectrométrie de masse (réduction, alkylation des cystéines, digestions enzymatiques – types d'enzymes et spécificité ; choix d'enzymes et considérations) <b>Enseignant : Pierre-Luc Mallet</b>	Connaître les principales sources d'ionisation Connaître les différents types d'instrumentations ; leurs capacités, limitations, et une compréhension générale de comment ils séparent/analysent les ions. Comprendre la spectrométrie de masse en tandem

Table 1 :

2026-02-04	<p>Approches biochimiques d'analyse d'interactions protéines-protéines (GST pull-down, Phage display, systèmes double-hybrides, Purifications par affinité, purification TAP)</p> <p>Approches protéomiques pour l'identification de complexes protéiques</p> <p>Utilisations de la protéomique pour la cartographie de réseaux d'interactions protéiques</p> <p>Quantification différentielle des interactions protéine-protéine par protéomique quantitative (SILAC, ICAT, iTRAQ)</p> <p><b>Enseignant : Pr François Bachand</b></p>	<p>Connaître de nouvelles approches afin d'identifier les partenaires cellulaires d'une protéine inconnue.</p> <p>Comprendre comment les nouvelles approches de spectrométrie de masse ont révolutionné les études biologiques.</p> <p>Comprendre l'utilité de la protéomique pour <b>élucider</b> des mécanismes cellulaires et biologiques</p>
2026-02-11	<p>Approches génétiques pour l'identification d'interactions protéines-protéines – système double-hybride</p> <p>Variante du système double-hybride : système double-hybride inverse</p> <p>Utilisations du système double-hybride pour la cartographie de réseaux d'interactions protéiques</p> <p><b>Enseignant : Simon Labbé</b></p>	<p>Comprendre la base du système double-hybride</p>
2026-02-18	<p>Identification de protéines inconnues par « peptide mass fingerprinting »</p> <p>Identification de protéines inconnues par spectrométrie de masse en tandem</p> <p>Identification de modifications post-traductionnelles à partir de résultats de spectrométrie de masse en tandem</p> <p>Introduction à la protéomique quantitative</p> <p><b>Enseignant : Pr François Michel Boisvert</b></p>	<p>Application Protéomique de la Spectrométrie de Masse</p>
2026-02-25	Semaine des examens périodiques	
2026-03-04	Relâche	
2026-03-11	<p>Introduction à la génomique</p> <p>Concepts du gène, génome et génomique</p> <p>Séquençage de nouvelle génération</p> <p>Applications DNA-seq :</p> <p>ChIP-seq : Régulation des gènes</p> <p>Applications RNA-seq :</p> <p>Annotation des gènes</p> <p>Transcriptome : expression des gènes</p> <p>CLIP et CRAC</p> <p><b>Enseignant : François Bachand</b></p>	<p>Connaître de nouvelles approches afin d'identifier les sites de liaisons à l'échelle du génome de protéines liant l'ARN et l'ADN.</p> <p>Comprendre comment les nouvelles approches de génomique ont révolutionné les études biologiques.</p> <p>Comprendre l'utilité de la génomique pour élucider des mécanismes cellulaires et biologiques.</p>
2026-03-18	<p>Séquençage des ARN naissant (nascent RNA-seq)</p> <p>Contrôle traductionnel et ribosome profiling/Ribo-seq</p> <p><b>Enseignant : François Bachand</b></p>	<p>Connaître de nouvelles approches afin d'identifier d'analyser la synthèse d'ARN en temps réel et examiner la traduction à l'échelle du transcriptome.</p>

Table 1 :

2026-03-25	Aspects cliniques de la protéomique : le protéome plasmatique Fonction du plasma et variations physiologiques et pathologiques. Les protéines majeures et mineures présentes dans le plasma, différences avec les protéomes intracellulaires Retour sur les critères d'un marqueur idéal et notions de sensibilité, spécificité, courbe ROC Protéines plasmatiques et pratique de la médecine <b>Enseignant : François Corbin</b>	Comprendre le rôle physiologique du plasma et identifier les facteurs pouvant influencer son contenu. Connaître le rôle de quelques protéines plasmatiques. Énumérer quelques marqueurs protéomiques ayant eu des impacts majeurs dans la pratique de la médecine.
2026-04-01	Aspects cliniques de la protéomique : la recherche de Biomarqueurs protéomiques Stratégies utilisées pour l'identification de nouveaux marqueurs ; choix des populations, outils d'épuration plasmatiques, plateformes. Les plateformes/appareillages spécifiquement développés pour la découverte de biomarqueurs Exemples de quelques marqueurs en développements De la découverte à l'implantation en clinique <b>Enseignant : François Corbin</b>	Comprendre les avantages/inconvénients et les différences entre les approches multi-marqueurs ou celles avec marqueur unique Comprendre les difficultés et les étapes qui séparent la découverte d'un marqueur de son utilisation en clinique
2026-04-08	Variation de séquences dans génome humain Découverte de variations associées aux maladies Génomique personnalisée (23andme) <b>Enseignant : Sébastien Lévesque</b>	Connaître des approches novatrices en génomique clinique pour le diagnostic des maladies génétiques.
2026-04-15		
2026-04-22	Semaine des examens finals	
2026-04-29	Semaine des examens finals	

**Les cours ont lieu les mercredis de 8h30 à 11h20 à la FMSS**

Consultez l'horaire officiel pour les détails des cours, examens et locaux via votre calendrier Outlook ou [Horaire WEB](#).

**2.2.1 Dates importantes**

- Date limite de modification des activités pédagogiques : 2026-01-21
- Date limite d'abandon des cours sans mention d'échec : 2026-03-15
- Journées de congé dans la session :
  - Activités étudiantes : 2026-01-21
  - Vendredi Saint : 2026-04-03
  - Lundi de Pâques : 2026-04-06

## 2.3 Évaluation

Type de l'évaluation	Pondération	Type de question	Durée	Utilisation des IAG <sup>1</sup>
Participation en classe	10 %			Interdite ●
Examen intra	40 %	À choix multiples et à développement	3 h	Interdite ●
Examen final	50 %	À choix multiples, Vrai ou Faux et à développement	3 h	Interdite ●

<sup>1</sup> Référez-vous à la page "Balises d'utilisation des outils d'intelligence artificielle générative" à la fin du document.

### 2.3.1 Moyens d'évaluation

- Examen intra
- Examen final
- Participation en classe

### 2.3.2 Critères d'évaluation

- La compréhension de la spectrométrie de masse et de son utilisation dans les principes de protéomique
- Compréhension des approches en séquençage et de son utilisation dans les principes de génomique fonctionnelle

### 2.3.3 Qualité de la langue et de la présentation

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

### 2.3.4 Plagiat

Le plagiat, tel que défini dans le Règlement des études, est l'acte de « faire passer ou tenter de faire passer pour sien [...] 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) » (article 9.4.1 du Règlement des études). Le plagiat est contraire aux valeurs académiques, démontre un manque d'éthique professionnelle et est considéré comme un délit relatif aux études.

Dans tous les cas de plagiat ou de toute autre manœuvre visant à tromper, une plainte sera déposée auprès de la personne responsable des dossiers disciplinaires de la Faculté et traitée selon la procédure prévue au Règlement des études. Toute personne reconnue avoir commis un délit se verra imposer une sanction disciplinaire en fonction de la gravité du délit et toute autre circonstance pertinente du dossier. Les sanctions pouvant être imposées sont décrites à l'article 9.5.7 du Règlement des études et peuvent inclure, sans y être limitées, à une réprimande consignée au dossier de l'étudiant, l'obligation de reprendre une activité pédagogique, l'attribution de la note E et le renvoi du programme d'études.

## 2.4 Échéancier des travaux

Les dates de remise des travaux seront indiquées sur les énoncés.

## 2.5 Utilisation d'appareils électroniques et du courriel

Selon le règlement complémentaire des études, section 4.2.3<sup>2</sup>, 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 4.2.3<sup>3</sup>, 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.

## 3 Matériel nécessaire pour l'activité pédagogique

Les notes de cours seront disponibles sur Moodle

---

<sup>2</sup>[https://www.usherbrooke.ca/sciences/fileadmin/sites/sciences/documents/Etudiants\\_actuels/Informations\\_academiques\\_et\\_reglements/Sciences\\_Reglement\\_complementaire.pdf](https://www.usherbrooke.ca/sciences/fileadmin/sites/sciences/documents/Etudiants_actuels/Informations_academiques_et_reglements/Sciences_Reglement_complementaire.pdf)

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

## 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 autoplage, 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 normes<sup>1</sup> 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 normes<sup>1</sup> 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](#).