

DÉPARTEMENT DE PHYSIQUE

PLAN DE COURS – HIVER 2017

SIGLE DU COURS : **PHY 1973**

TITRE DU COURS : **Astrobiologie**
L'origine et l'évolution de la vie dans l'Univers

NOMBRE DE CRÉDITS : **3**

BUT DU COURS :

Quelle est l'origine de la vie? Quels mécanismes évolutifs ont mené au développement des formes complexes de la vie? Sommes-nous seuls dans l'Univers? Ces questions à propos de l'apparition de la vie sur notre planète et (peut-être) ailleurs fascinent l'humanité depuis la nuit des temps. Les découvertes scientifiques récentes dans les domaines de l'astronomie, de la biologie, de la biochimie et de la géologie permettent, pour la première fois, de répondre, à tout le moins en partie, à ces questions. L'objectif du cours est de décrire, tant du point de vue théorique que des données d'observation, l'origine et l'évolution de la complexité dans l'Univers en mettant l'accent sur les processus qui ont favorisé l'apparition de la vie. Ce cours s'adresse à toutes les personnes intéressées à la quête des origines et de l'évolution de la vie, et ne nécessite aucun préalable.

PROFESSEUR : **Robert Lamontagne**
Courriel : lamont@astro.umontreal.ca
D-432 Pavillon Roger-Gaudry

CORRECTEURS : **Godefroy Borduas**
Courriel : godefroy.borduas@umontreal.ca

Marie-Ève Chartier
Courriel : marie-eve.chartier.2@umontreal.ca

Massimiliano Comin
Courriel : massimiliano.comin@umontreal.ca

Marie-Eve Desrochers
Courriel : marie-eve.desrochers.1@umontreal.ca

BARÈME DU COURS : **Essai – 40% (14 février 2017)**
Reportage audio – 35% (21 mars 2017)
« Take-Home » – 25% (11 avril 2017)

PROGRAMME DU COURS :

Le cours est divisé en vingt-six présentations, chacune d'environ 70 minutes. Il y aura deux présentations par après-midi, séparées par une pause de 10 minutes. Les sujets couverts seront :

1. Concepts importants en astrobiologie (10/01)

- Définition et courte histoire de l'astrobiologie
- Les principes de base : médiocrité, uniformité, plénitude
- Comment définir la vie ?

2. La physique de l'Univers (10/01)

- L'organisation et la structure de la matière
- L'ordre, le désordre et la complexité
- Vers une définition « physique » de la vie

3. L'origine et l'évolution de l'Univers (17/01)

- Des cosmologies anciennes au Big Bang
- La nucléosynthèse primordiale
- L'expansion et le destin de l'Univers
- L'expansion et l'origine de la complexité

4. L'origine et l'évolution des galaxies (17/01)

- L'origine des structures à grande échelle
- Taxonomie galactique
- La structure et la dynamique de la Galaxie (Voie Lactée)
- L'évolution des galaxies
- Les galaxies et la vie

5. L'origine et l'évolution des étoiles (24/01)

- Les pouponnières stellaires
- La structure interne des étoiles
- Les sources d'énergie
- La diversité des étoiles

6. La mort des étoiles et l'origine des éléments (24/01)

- La nucléosynthèse stellaire
- La mort des étoiles
- La chimie interstellaire

7. Le système solaire (31/01)

- L'inventaire des structures
- La dynamique du système solaire

8. Les planètes extrasolaires – I (31/01)

- La découverte des planètes extrasolaires
- L'inventaire des planètes extrasolaires
- Les propriétés physiques des planètes extrasolaires

9. L'origine et les caractéristiques des systèmes planétaires (07/02)

- La nébuleuse protosolaire
- Le rôle de la coagulation et de la gravité
- Les sources d'énergie et la zone d'habitabilité

10. L'évolution des systèmes planétaires (07/02)

- Chaos et bombardements dans le système solaire
- L'origine de la Lune
- Le rôle de la radioactivité
- La mort des systèmes planétaires

11. La formation et l'évolution de la Terre – I (14/02)

- Les méthodes de datation et l'âge de la Terre
- L'activité géologique et l'origine des continents
- L'activité géologique et la régulation du climat

12. La formation et l'évolution de la Terre – II (14/02)

- L'origine de l'atmosphère et des océans
- Une description de la Terre prébiotique
- L'évolution de l'atmosphère

13. Introduction à l'évolution biologique (21/02)

- Les composés biologiques importants
- Les molécules organiques
- Le rôle de l'ADN, de l'ARN et des protéines
- Les cellules

14. L'origine de la vie sur Terre (21/02)

- Les hypothèses sur les origines de la vie
- L'évolution chimique
- Le rôle des minéraux
- L'origine de la première cellule

15. La vie microbienne (07/03)

- La recherche des fossiles primitifs
- La vie dans les environnements extrêmes

16. L'arbre du vivant (07/03)

- La classification des espèces
- La phylogénie moléculaire
- L'arbre universel du vivant
- Existe-t-il un ancêtre commun universel ?

17. Le développement des formes complexes de la vie (14/03)

- La période précambrienne
- L'explosion (?) du cambrien

18. L'évolution et les extinctions massives (14/03)

- Les grandes extinctions
- La Terre boule de neige
- La grande extinction du Permien-Trias
- L'impact de Chicxulub et l'extinction des dinosaures
- Les extinctions et la diversité

19. L'énigme de la diversification (21/03)

- L'évolution des espèces
- La photosynthèse et la révolution de l'oxygène
- L'apparition de l'intelligence est-elle inévitable ?

20. Le destin de la vie sur Terre (21/03)

- La 10^e extinction
- Le retour des glaciers
- Le retour du supercontinent
- La disparition des océans

21. La vie ailleurs dans le système solaire – I (28/03)

- L'origine des martiens
- L'évolution géophysique de la planète Mars
- L'évolution biologique sur la planète Mars ?

22. La vie ailleurs dans le système solaire – II (28/03)

- Les satellites galiléens – les océans d'Europe et de Ganymède
- Titan – un environnement terrestre primitif
- La planète Vénus
- Des fossiles sur la Lune ?

23. Les planètes extrasolaires – II (04/04)

- Découvrir des exoterras
- Les biosignatures spectrales
- Découvrir la vie sur un autre monde

24. La vie ailleurs dans l'Univers (04/04)

- La recherche de civilisations extraterrestres
- L'équation de Drake
- Le principe de médiocrité revu et corrigé

25. L'humanité dans l'espace (11/04)

- L'adaptation à la vie dans l'espace
- Les dangers de la vie dans l'espace
- La conquête du système solaire
- La conquête des étoiles

26. Les OVNIS : mythes et réalité (11/04)

MODALITÉS D'UTILISATION DES APPAREILS MOBILES DURANT LE COURS :

L'utilisation d'appareils mobiles est autorisée à des fins pédagogiques seulement dans ce cours. Afin de préserver de bonnes conditions d'enseignement et d'apprentissage, les appareils téléphoniques doivent être fermés durant toute la période de cours. Je vous invite à effectuer vos communications, appels ou textos, durant la pause ou après le cours.

ÉVALUATION ET BARÈME :

Il n'y a pas d'examen traditionnel dans le cadre de ce cours. Le barème proposé fait usage de trois modes d'évaluation: essai, reportage audio et examen de style « take-home ».

a) Essai :

Le **premier travail** (40% de la note finale) consiste en une recherche bibliographique suivie de la rédaction d'un **essai d'environ 2500 mots**. Le thème devra être choisi parmi la liste que vous trouverez plus bas. La date de remise est, au plus tard, le **mardi 14 février 2017**.

b) Reportage audio:

Le **deuxième travail** (35% de la note finale) consiste aussi en une recherche bibliographique suivie de la production d'un **reportage audio** d'une **durée de 5 à 6 minutes** à l'aide du logiciel « **Audacity** » (ou tout autre logiciel d'enregistrement audio). Le thème devra lui aussi être choisi parmi la liste que vous trouverez plus bas et **il devra être différent de celui de votre premier travail**. La date de remise est, au plus tard, le **mardi 21 mars 2017**.

INSTRUCTIONS GÉNÉRALES POUR LES TRAVAUX :

- Les thèmes proposés sont des thèmes mineurs, dans le sens qu'ils sont mentionnés en classe mais pas abordés de façon détaillée. Chaque thème exige donc une recherche bibliographique.
- Cette recherche devrait idéalement faire appel à des ressources de type « papier » et de type « toile WWW ». Le réseau des bibliothèques de l'Université de Montréal et, en particulier, la bibliothèque du Département de physique et la bibliothèque des sciences biologiques, pourraient vous être utiles. N'hésitez pas à utiliser leurs ressources. En général, les références à des livres très généraux, par exemple ceux de Gilmour & Sephton ou Goldsmith & Owen (voir la bibliographie à la fin) ne sont pas suffisantes.
- En plus de l'internet et de livres, n'oubliez pas de jeter un coup d'œil à l'index de revues comme *La Recherche*, *Scientific American*, *Pour la Science*, sa version française, ou *Québec Science*.
- Le travail peut être fait individuellement ou en équipe; **deux (2) étudiant(e)s (maximum)** peuvent former une équipe. La même note sera attribuée à chaque membre de l'équipe.
- Le fichier Word ou audio peut être expédié par courriel, ou être transmis sur mémoire Flash. Vous pouvez aussi utiliser un service de dépôt et d'échange de fichiers sur la toile. Si c'est le cas, assurez-vous de transmettre les liens appropriés pour accéder à votre travail.

Vous pouvez consulter les documents « **Consignes et grille d'évaluation du TP no.1** », ainsi que « **Consignes et grille d'évaluation du TP no.2** », disponibles sur la page StudiUM du cours, pour obtenir toutes les informations spécifiques aux travaux.

ATTENTION:

- Peu importe le sujet choisi, veuillez mettre l'accent sur les **connaissances scientifiques qui sont en lien avec l'astrobiologie**.
- Assurez-vous de formuler l'information pertinente **dans vos propres mots** et de **citer vos sources**, autant pour le contenu que pour les images.
- Le plagiat à l'Université de Montréal est sanctionné par le Règlement disciplinaire sur la fraude et le plagiat concernant les étudiants. Pour plus de renseignements, consultez le site www.integrite.umontreal.ca.

LISTE DES THÈMES POUR LES TRAVAUX :

- 1) Comment définir ce qu'est la vie?
- 2) La théorie de la génération spontanée de l'Antiquité à la Renaissance.
- 3) Frank Drake et la recherche de la vie intelligente dans le cosmos.
- 4) La « pluralité des mondes habités », de Galilée à Lowell.
- 5) Les dernières théories sur l'origine de la Lune.
- 6) L'origine de l'eau sur Terre.
- 7) L'identification des plus anciennes traces de la vie sur Terre.

- 8) La vie près des sources hydrothermales.
- 9) Le rôle du volcanisme dans l'extinction K-T.
- 10) Comment éviter la collision d'un astéroïde géo-croiseur ?
- 11) Une comparaison de l'évolution des conditions environnementales sur Vénus, la Terre et Mars.
- 12) Un monde habitable en orbite autour de Proxima du Centaure ?
- 13) Les stratégies pour découvrir des exoterras.
- 14) Les premiers résultats de la mission *Gaia* et leur impacts dans la recherche de la vie extraterrestre.
- 15) Succès et échecs de la mission *Exo-Mars* de l'ESA et de Roscosmos.
- 16) La recherche de la vie sur les mondes glacés (Europe, Ganymède, Encelade, Pluton.) du système solaire.
- 17) Le projet « *Breakthrough Starshot* » de l'our Milner.
- 18) Critique de l'équation de Drake.
- 19) Le projet « *Optical SETI* ».
- 20) Quels seront les impacts (sociaux, religieux, etc.) de la découverte (ou non) de la vie extraterrestre ?

c) « Take-Home »:

L'**examen de style « take-home »** (25%) consiste à répondre à une série de questions qui vous seront soumises deux (2) semaines avant la fin de la session, soit le 28 mars 2017. Les réponses à ces questions sont généralement courtes (100 – 200 mots). Les informations nécessaires pour répondre aux questions se trouvent dans les notes de cours ainsi que dans les sources bibliographiques citées plus bas. La date de remise est, au plus tard, le **mardi 11 avril 2017**. Chaque étudiant(e) devra remettre une copie individuelle.

MATÉRIEL DIDACTIQUE :

Tous les mardis, les fichiers PDF des présentations en classe seront disponibles sur la page StudiUM du cours. Une version audio (en format MP3) sera aussi disponible quelques jours après le cours.

Quelques exemplaires de livres tels que « *The Search for Life in the Universe* » de Donald Goldsmith et Tobias Owen et « *An Introduction to Astrobiology* » de Iain Gilmour et Mark Sephton sont disponibles à la bibliothèque de physique de l'Université de Montréal, située au H-800 du pavillon Roger-Gaudry. L'achat de livres n'est pas obligatoire, mais ces ouvrages offrent un résumé assez complet et récent de cette nouvelle discipline.

BIBLIOGRAPHIE :

Plusieurs autres ouvrages, ici-bas, sont aussi disponibles à la bibliothèque de physique. Des extraits de certains livres sont disponibles en ligne en cliquant sur l'hyperlien.

- Adams, F. 2002, [Origins of Existence – How Life Emerged in the Universe](#), Free Press.
- Catling, D.C. 2013, *Astrobiology – A very short introduction*, Oxford.
- Chaisson, E. 2001, [Cosmic Evolution – The Rise of Complexity in Nature](#), Harvard University Press.
- Cockell, C.S. 2003, [Impossible Extinction](#), Cambridge University Press.
- Darling, D. 2001, [Life Everywhere – The Maverick Science of Astrobiology](#), Basic Books.
- Davies, P. 2010, [The Eerie Silence](#), HMH Publishing Company.
- Dick, S.J. 1996, [The Biological Universe](#), Cambridge University Press.
- Friend, T. 2007, [The Third Domain](#), Joseph Henry Press
- Gargaud, M. 2001, [L'Environnement de la Terre Primitive](#), Presses Universitaires de Bordeaux.
- Gargaud, M. 2003, [Les Traces du Vivant](#), Presses Universitaires de Bordeaux.
- Gargaud, M., Barbier, B., Martin, H., & Reisse, J. 2005, [Lectures in Astrobiology](#), Vol. I, Springer-Verlag.
- Gilmour, I., & Sephton, M.A. 2011, [An Introduction to Astrobiology](#), Cambridge University Press.
- Goldsmith, D., & Owen, T. 2002, [The Search for Life in the Universe](#), 3^e édition, University Science Book.
- Horneck, G. & Rettberg, P. 2007, [Complete course in astrobiology](#), Wiley-VCH
- Jones, B. 2004, [Life in the Solar System and beyond](#), Springer-Praxis.
- Pudritz, R., Higgs, P., & Stone, J. 2007, [Planetary Systems and the Origins of Life](#), Cambridge University Press.
- Ruse, M., & Travis, J. 2009, [Evolution: The First Four Billion Years](#), Harvard University Press.
- Séguin, M., & Villeneuve, B. 2001, *Astronomie & Astrophysique – Cinq grandes idées pour explorer et comprendre l'Univers*, 2^e édition, Éditions du renouveau pédagogique.
- Schulze-Makuch, D. & Irwin, L.N. 2004, [Life in the Universe](#), Springer-Verlag.
- Ulmschneider, P. 2003, [Intelligent Life in the Universe](#), Springer-Verlag.
- Ward, P.D., & Brownlee, D. 2000, *Rare Earth*, Copernicus (Springer-Verlag).
- Ward, P.D., & Brownlee, D. 2002, *The Life and Death of Planet Earth*, Piatkus.
- Ward, P.D. 2005, [Life as we do not know it](#), Viking.
- Webb, S. 2015, [If the universe is teeming with aliens... Where is everybody?](#), Springer.

Finalement, les sites web suivants offrent du matériel intéressant:

- La revue Astrobiology : <http://www.liebertpub.com/AST>
- NASA Astrobiology : <http://astrobiology.nasa.gov/>
- Astrobiology Magazine : <http://www.astrobio.net/>
- Universe Today : <http://www.universetoday.com/>

- Podcast Astronomy Cast : <http://www.astronomycast.com/>
- Youtube NASA Astrobiology Institute :
<http://www.youtube.com/user/NAIVideoResources>
- Youtube SETI Institute : <http://www.youtube.com/user/setiinstitute>
- Podcast Ciel et Espace Radio : <http://www.cieletespaceradio.fr/>