



Histoire des sciences naturelles et des mathématiques

SCI 100

COURS	PROFESSEUR
<p>Titre : Histoire des sciences naturelles et des mathématiques</p> <p>Web : Moodle</p> <p>Sigle : SCI 100</p> <p>Crédits : 3 (3 0 6)</p> <p>Travail personnel : 3 heures/semaine</p> <p>Session : 6</p> <p>Programmes concernés :</p> <p><i>Baccalauréat de Physique et Baccalauréat en Enseignement au Secondaire sciences et technologie / mathématiques (B.E.S.)</i></p>	<p>Nom : Yves Grosdidier</p> <p>Bureau : D2-2083</p> <p>Téléphone : (819) 821-8000 poste 62056</p> <p>Horaire de disponibilité : habituellement de 9h30 à 16h30</p> <p>Courriel : yves.grosdidier@usherbrooke.ca (en tout temps)</p> <p>Aide à la correction : Robin Durand (Robin.Durand@USherbrooke.ca)</p>

PLACE DU COURS DANS LE PROGRAMME	
B.Sc. Physique	B.E.S.
Type de cours : Obligatoire	Type de cours : Obligatoire
Cours préalable : aucun	Cours préalable : aucun
Cours concomitant : aucun	Cours concomitant : aucun

DESCRIPTION GÉNÉRALE DU COURS

Quelques objectifs et l'esprit du cours

Il s'agit principalement de rendre les personnes inscrites conscientes de l'évolution de la pensée de l'être humain à travers les âges et les lieux par l'étude de l'histoire des sciences. Ce cours s'attache à révéler le cours sinueux de la production de connaissances scientifiques jugées *valables* selon des critères qui, eux-mêmes, présentent aussi une évolution historique. À l'issue de ce cours, on vise un enrichissement de la culture générale construit autour de l'histoire des sciences (mathématiques, sciences naturelles et du vivant) comme passerelle entre les pans scientifiques, philosophiques et littéraires de la culture scolaire et universitaire.

On présente souvent l'histoire des sciences comme ayant un cours inéluctable (sous-tendu par une notion vague de *progrès*), cumulatif et autonome. Par autonome (ou *interne*), on entend une vision du développement des sciences qui repose essentiellement sur la pratique scientifique elle-même, ou l'idée préconçue que l'on s'en fait: observations de faits, formulations d'hypothèses, expérimentations, analyses des résultats, infirmation ou « confirmation » d'hypothèses, le tout modulé par des découvertes plus ou moins fortuites. L'évolution des sciences serait de plus cumulative au sens où il faudrait voir cette histoire comme un ajout constant de connaissances nouvelles à valeur explicative de plus en plus vaste. Cette vision, sans être totalement fausse, n'en est pas moins incomplète comme plusieurs réflexions, dès le XX^{ème} siècle, n'ont pas manqué de le montrer.

Au-delà de la simple présentation d'un grand nombre de faits historiques importants, énumération qui rapidement pourrait être rébarbative, ce cours propose autant que possible une vision autre, une vision qui révèle que le contexte (riche et complexe) dans lequel une découverte scientifique se fait est bien différent du contexte (épuré) dans lequel, par la suite, on expose cette découverte, comme on le fait par exemple dans les manuels de sciences et plus généralement dans une pratique fréquente de l'enseignement des sciences. Le développement des sciences s'explique en effet aussi par des facteurs *externes* souvent négligés: religieux, philosophiques, idéologiques, sociaux, géographiques, politiques, sans oublier les traits psychologiques des scientifiques eux-mêmes.

En d'autres termes, l'exposition habituelle des différentes disciplines scientifiques se fait habituellement de manière logique et structurée. Cette pratique tend naturellement à isoler les disciplines scientifiques les unes des autres et à masquer le cheminement scientifique de l'Humanité qui se réalise sur plusieurs plans et dans différents contextes.

Le but premier de ce cours est de retracer de manière succincte *l'histoire des idées* dans les sciences mathématiques et naturelles de l'Antiquité jusqu'à nos jours et de donner ainsi aux étudiants une vision synthétique des sciences et de leur évolution.

De plus, nous nous attachons à lever un peu le voile sur comment les connaissances scientifiques se développent ou bien se structurent. Une partie du cours consiste donc en une initiation à la philosophie des sciences c'est-à-dire, de manière très générale, la théorie de la connaissance scientifique qui se préoccupe autant de la formation et de la structure des théories scientifiques que des méthodes retenues par les praticiens des sciences. Nous aurons ainsi l'occasion de présenter quelques courants épistémologiques comme le rationalisme, l'empirisme, le positivisme, le constructivisme et le réalisme.

La philosophie des sciences, au-delà de son intérêt en soi, offre ainsi la possibilité de jauger les limites et la valeur de l'entreprise scientifique, questions qui intéressent autant les philosophes que les scientifiques mais aussi toute personne dont la mission est d'enseigner les sciences.

L'approche du cours est multidisciplinaire puisqu'on y aborde de nombreuses sciences très différentes, et comment certaines disciplines ont pu en nourrir d'autres, des mathématiques à la chimie en passant par la biologie, la géologie, etc. Il en sera de même pour ce qui concerne les évaluations puisque ces questions seront souvent abordées via des analyses de textes historiques très variés.

Une histoire des sciences ainsi présentée favorise l'acquisition d'une culture scientifique solide puisqu'elle établit des liens entre les disciplines, tout en montrant comment les débats scientifiques du passé ont été reliés au développement général des idées.

Contenu succinct

Notions de philosophie des sciences. Les sciences de l'Antiquité et le rationalisme. Le Moyen Âge et l'intégration des sciences dans la doctrine chrétienne. Les 16^e et 17^e siècles, la naissance des sciences expérimentales. Les 18^e et 19^e siècles, la construction des fondements des sciences. Logique mathématique et axiomatique des ensembles au 20^e siècle. La science moderne.

COMPÉTENCES OFFICIELLES DU M.E.Q DÉVELOPPÉES DANS CE COURS

Pour les élèves du B.E.S., il est à noter que ce cours ne se substitue en aucun cas à un cours de pédagogie ou de sciences de l'éducation : il s'agit avant tout d'un cours d'histoire des sciences. Néanmoins, deux compétences officielles du M.E.Q. sont susceptibles d'être développées dans le cadre du cours SCI 100 :

« *Agir en tant que médiatrice ou médiateur d'éléments de culture.* » Il est clair que le contenu de ce cours (voir ci-dessous) favorise une approche multidisciplinaire des sciences, et est à même d'aider les étudiants et étudiantes du B.E.S. à i) prendre une distance critique à l'égard des cours disciplinaires enseignés et, ii) situer les points de repère fondamentaux et les axes d'intelligibilité (concepts, postulats, méthodes) des savoirs des différentes disciplines scientifiques afin de rendre possibles des apprentissages significatifs et approfondis chez les élèves.

« *Maîtrise la langue d'enseignement.* » Voir plus loin la section Évaluation, pour les exigences en matière de français écrit.

OBJECTIFS

Objectif général du cours :

Rendre l'étudiante ou l'étudiant conscient de l'évolution de plusieurs idées scientifiques, de l'Antiquité à nos jours.

Thèmes abordés, dans un ordre qui n'est pas toujours exactement celui donné ci-dessous :

- 1. L'histoire des sciences, notions de philosophie des sciences, arithmétique et géométrie du point de vue des sciences cognitives:** L'appel de Francis Bacon pour une histoire des connaissances, pourquoi l'histoire des sciences et comment la faire (G. Sarton), introduction à la philosophie des sciences (Popper, critère de démarcation, Kuhn, l'hypothèse Duhem-Quine, Lakatos, Feyerabend), caractère inné de l'arithmétique approximative et de la géométrie élémentaire (travaux de P. Pica, S. Dehaene, E. Spelke et al.), rôle du langage dans l'élaboration d'une arithmétique exacte (travaux de P. Pica, S. Dehaene, E. Spelke et al.), le sens des probabilités en l'absence d'éducation mathématique (travaux de Fontanari et al.), notion de connaissance noyau.
- 2. Compléments d'histoire des sciences et de philosophie des sciences :** Vérité et véracité, histoires interne et externe, historicisme et présentisme, continuisme et discontinuisme, le rationalisme, l'empirisme, le positivisme, le constructivisme, le réalisme.
- 3. Les origines :** histoire / préhistoire / protohistoire, science et magie, la magie comme quasi-science (Frazer), magie et religion (Mauss), les grandes périodes de la préhistoire et les premières représentations des nombres et de savoirs astronomiques, les civilisations du Croissant fertile (Égypte, Mésopotamie, numération et connaissances astronomiques), les civilisations des grands fleuves, cultures Nok et Dogon en Afrique de l'Ouest.
- 4. La science grecque :** périodes archaïque / classique / hellénistique, les Cités grecques, systèmes de numération grecs (alphabétique, acrophonique), les philosophes monistes, Thalès, Anaximandre, les pythagoriciens, Philolaos, les éléates, les éléments d'Empédocle et la vision des atomistes, Socrate et Platon, Eudoxe, Aristote, le Musée d'Alexandrie, Euclide, Archimède, Apollonius, Hipparque, l'Almageste de Ptolémée.
- 5. L'Orient, le Moyen Âge Européen:** généralités sur la science chinoise, les mathématiques et l'astronomie chinoises, taoïsme et confucianisme, généralités sur la science indienne, l'histoire des chiffres arabo-indiens, rythmes musicaux et partitions des entiers naturels dans l'Inde du XIV^{ème} siècle, science et numération romaines, la science arabe et l'héritage grec dans l'Empire byzantin, Al-Kwarizmi et l'algèbre, Al-Kashi, féodalité et scolastique, Aristote au Moyen Âge (thomisme, averroïsme, nominalisme), Roger Bacon, Nicole Oresme.
- 6. La Révolution scientifique :** une révolution sur cinq plans (mathématiques, astronomie, mécanique, méthode expérimentale, communication scientifique), Fibonacci et Pacioli (opérations de l'arithmétique élémentaire), Stevin, Napier et Briggs (logarithmes), l'invention de l'algèbre littérale par Viète, la géométrie analytique de Descartes, Fermat (grand théorème, méthode des tangentes), le calcul différentiel et intégral (Leibniz et Newton), les systèmes du

Monde (Copernic, Brahe, Kepler), la musique des sphères, la partition musicale comme première représentation des fonctions et système de représentation des paramètres des planètes du système solaire (Kepler), les observations astronomiques de Galilée, le procès de Galilée, la mécanique de Galilée, la mécanique de Descartes, les animaux-machines de Descartes, la mécanique de Huygens, la mécanique de Newton, les *Principia*, Voltaire et la marquise du Châtelet à la défense des *Principia* en France contre les cartésiens, la méthode expérimentale (Francis Bacon, Edme Mariotte, Claude Bernard), le rationalisme et l'empirisme.

7. **Lumière, électromagnétisme et relativité** : théorie des simulacres des atomistes, notion de rayon lumineux chez les pythagoriciens et Aristote, les opticiens Alhazen et Ibn-Sahl, l'optique de Kepler, la loi de la réfraction (Ibn-Sahl, Snell, Descartes, Fermat), la découverte de la diffraction par Grimaldi, dispersion chromatique et vision corpusculaire de Newton, la théorie ondulatoire de Huygens à Fresnel et le point de Poisson, les travaux de Malus, Young, Fresnel, les machines électrostatiques aux XVII^{ème} et XVIII^{ème} siècles, Volta, Coulomb, Ampère, Faraday, la théorie électromagnétique de Maxwell, la technologie électromagnétique, l'électromagnétisme classique et la relativité (Michelson, Poincaré, Minkowski).
8. **Chaleur et énergie** : notions de chaleur et de température (Fahrenheit, Celsius, Black), théorie dynamique de la chaleur et théorie du fluide calorique, la pression atmosphérique et la notion de vide (Torricelli, Pascal, Guericke), les lois des gaz (Boyle, Mariotte, Charles), les machines à vapeur (Papin, Savery, Newcomen, Watt), la thermodynamique (Carnot, Clapeyron, Joule, Clausius, Kelvin), la théorie cinétique des gaz (Maxwell, Boltzmann).
9. **La révolution chimique** : l'alchimie ou la philosophie hermétique, les éléments d'Empédocle et l'alchimie, la théorie du phlogistique et la théorie de la combustion de Lavoisier, la nouvelle nomenclature chimique de Lavoisier, Dalton et l'hypothèse atomique, l'hypothèse d'Avogadro, Comte et le positivisme, le positivisme et l'hypothèse atomique, la notion de molécule, les molécules et leur structure, stéréochimie, synthèse organique et vitalisme.
10. **La structure de la matière** : le tableau de Mendeleïev et la découverte de nouveaux éléments chimiques, la spectroscopie et la composition de la matière (Balmer), modèles de l'atome (Nagaoka, Thomson, Rutherford, Bohr), les ondes de matière de de Broglie, la mécanique quantique (Schrödinger, Heisenberg, Pauli, Dirac), la radioactivité et de nouveaux rayons (X, α , β , γ , cosmiques), structure du noyau atomique et isotopes (Soddy, Chadwick), l'énergie nucléaire (Hahn, Strassman, Meitner, Fermi), le projet Manhattan, l'énergie des étoiles (Bethe).
11. **L'expansion de l'Univers** : l'évolution des instruments d'observation depuis Galilée jusqu'au XXI^{ème} siècle, « la découverte » d'Uranus, la découverte de Neptune cadre d'une rivalité franco-anglaise, la mesure des distances dans l'Univers, la structure de notre Galaxie (Herschel, Shapley, Curtis), la relativité générale comme cadre d'une cosmologie rationnelle (Milne, Einstein, Friedman, Lemaître), les effets de la relativité générale (Einstein, Eddington, Schwarzschild), l'expansion de l'Univers (Hubble, Humason), matière sombre (Zwicky), l'énergie sombre dans le modèle de concordance actuel, la notion de Big Bang (Gamow, Hoyle, Bondi), l'Univers en expansion accélérée.
12. **Géologie et évolution** : les fossiles, âge de la Terre (selon les récits religieux ou traditionnels, Sténon, Buffon, Kelvin, Holmes), neptunisme et plutonisme, uniformitarisme et catastrophisme (Lyell, Cuvier), la dérive des continents (Wegener), l'échelle des êtres vivants d'Aristote, la

classification des espèces de Linné, théorie évolutionniste de Lamarck, théorie des archétypes de Geoffroy Saint-Hilaire, la génération spontanée de la vie (Aristote, van Helmont, Pasteur), l'abiogénèse (Oparin, Miller), le darwinisme, l'homme de Piltdown et la notion de « chaînon manquant », la théorie des équilibres ponctués de Gould, origine africaine de l'être humain moderne, le lamarckisme de Lyssenko dans la Russie stalinienne, le procès du singe, le créationnisme.

- 13. Les mécanismes de la vie :** les écoles de médecine grecques, Hippocrate, Galien, l'anatomie au Moyen Âge, Vésale, la technique de plastination de von Hagens, les maladies infectieuses (variolisation, vaccination), les observations au microscope réalisées par Hooke, retour sur la génération spontanée (Pasteur, Pouchet), préformation et épigénèse (homuncule de Hartsoeker), ovistes et spermatisés, la fécondation (Spallanzani), la génétique de Mendel, la théorie cellulaire, la localisation et le rôle des gènes, les travaux de Morgan, le rôle et la structure de l'ADN (Franklin, Crick, Watson), l'ARNm, le code génétique.
- 14. Fondements des mathématiques :** Qu'entend-on par *fondements* ?, la tradition (Platon, Aristote, Descartes), le quasi-empirisme de Lakatos, la recherche de la rigueur (Leibniz, Bolzano, Frege), la logique mathématique contemporaine (arithmétisation de l'analyse, paradoxes, théorie des types, axiomatisation de la géométrie), Zermelo et la théorie axiomatique des ensembles, logicisme/formalisme/intuitionnisme, les problèmes d'existence (« échec » des méthodes finitistes; Gödel).
- 15. La révolution informatique et le transport de l'information :** abaquages/bouliers et machines à calculer mécaniques (pascaline, Babbage), le calculateur d'Hollerith, les premiers ordinateurs, la structure des ordinateurs de von Neumann, les générations d'ordinateurs, le sifflement comme mode de transport de l'information (île de la Gomera), le télégraphe mécanique Chappe et le télégraphe électrique, le téléphone, les amplificateurs de signal (lampe triode, transistor), circuits intégrés et microprocesseurs, internet.

MÉTHODE PÉDAGOGIQUE

- Trois heures/semaine d'exposés magistraux (présentations). Les diapositives PowerPoint du cours sont disponibles sur le site Moodle du cours. De courtes vidéos sont parfois diffusées pour illustrer plusieurs aspects du cours. Les étudiants auront à étudier certains thèmes par la lecture des notes de cours de David Sénéchal : <https://www.physique.usherbrooke.ca/pages/node/7930>
- Les questions posées par les étudiants et les étudiantes sont encouragées.

ÉVALUATION

- 1. Un contrôle continu :** quatre ou cinq évaluations consistant en devoirs, tests d'une heure ou bien en mini-devoirs d'analyse de textes ou du résumé du cours, écoute d'émissions de radio (*Aujourd'hui l'histoire* sur Radio Canada, ou plusieurs émissions issues de la radio de France Culture, notamment *La méthode scientifique*, *La conversation scientifique* ou encore *La science CQFD*), quiz en ligne sur Moodle, comptant pour 30% de la note totale. Les devoirs devront être remis sous forme électronique, via l'interface Moodle.

2. **Discussions dirigées en classe** : À partir du milieu de la session, quelques thèmes (environ cinq), plutôt que d'être exposés magistralement par l'enseignant, seront discutés en classe sur la base d'une étude préalable effectuée par plusieurs groupes étudiants (identifiés à partir des travaux écrits déjà réalisés). Durant ces discussions dirigées par l'enseignant, il s'agit d'identifier les points importants de chaque thème. L'enseignant aura pour rôle d'orienter les quelques groupes étudiants assignés à un thème précis vers certains points essentiels mais aussi, au besoin, d'insister sur quelques diapositives du cours. Les groupes étudiants auront une dizaine de jours pour se préparer à la discussion de groupe. Leur étude reposera sur la lecture du résumé du cours ainsi que sur les diapositives pertinentes des thèmes concernés ou tout autre source complémentaire jugée utile. Essentiellement ce travail ne sera pas évalué de manière quantitative, mais lorsque des étudiantes ou étudiants feront preuve d'un grand esprit de synthèse et de concision ou feront des liens vers d'autres thèmes ou des notions de philosophie des sciences, une bonification de la cote finale sera possible.
3. **Un examen partiel (2h)** comptant pour 30% de la note totale.
4. **Un examen final de (3h)** comptant pour 40% de la note totale. L'examen final peut être en partie récapitulatif, mais portera surtout sur la deuxième partie du cours (celle couverte après l'examen partiel, habituellement après le chapitre sur la révolution scientifique).

Les examens partiel et final comportent toujours deux parties : i) des questions de cours, ii) des questions relatives à l'analyse d'un ou plusieurs textes.

Les textes étudiés varient chaque année et sont de différentes natures : textes philosophiques (extraits principalement de H. Poincaré, G. Bachelard, K. Popper, T. Kuhn, I. Lakatos, P. Feyerabend, B. Latour, R. Nadeau), textes historiques (notamment Boèce, Cicéron, Plin l'ancien, plusieurs Grecs présocratiques, Ptolémée, Galilée, Kepler, I. Geoffroy Saint-Hilaire, J. Rostand mais cela varie et s'étoffe chaque année), textes d'histoire des sciences (notamment M. Soutif, Ph. de la Cortadière, Y. Gingras, A. Dahan-Dalmédico, J. Peiffer, et d'autres).

En cas de circonstances extraordinaires au-delà du contrôle de l'Université et sur décision de celle-ci, l'évaluation des apprentissages dans ce cours est sujette à changement.

MATÉRIEL DIDACTIQUE

Les diapositives du cours seront disponibles sur la page Moodle du cours. En plus, la lecture de plusieurs textes distribués pendant la session peut être obligatoire. Un résumé du cours est disponible à l'achat en début de session, et est aussi distribué au format pdf.

Le site web du cours contient un certain nombre de liens (facultatifs) vers d'autres sites classés selon le chapitre pertinent des notes de cours.

L'enseignant de cette activité pédagogique attache une grande importance à la qualité du français employé dans les travaux écrits des étudiantes et des étudiants. Pour tout un chacun, il ne fait généralement aucun doute que tout futur enseignant ou enseignante se doit de maîtriser la langue française ou, à tout le moins, de soigner et parfaire en toute occasion son niveau dans ce domaine. À

cette fin 10% de la note de chaque évaluation seront consacrée à la qualité de la langue. Ainsi les fautes d'orthographe, de lexique ou de syntaxe donneront lieu à des pénalités (ce qui est parfaitement en phase avec la politique de promotion de qualité du français de la faculté d'éducation). Cela étant, il ne faut pas que les étudiants et étudiantes du B.E.S. soient les seuls concernés par cette politique : l'enseignant du cours SCI 100 est convaincu qu'une bonne maîtrise du français est essentielle, que l'on envisage ou pas une carrière d'enseignement au niveau secondaire ! En d'autres termes, les étudiantes et étudiants du baccalauréat en sciences physiques (ainsi que toute personne issue d'une autre faculté ou département) devront également se soumettre à ces pénalités en cas de faiblesses dans leur français écrit.

La note finale (sous la forme d'une lettre éventuellement suivie du signe + ou du signe -) sera exprimée en conformité avec les règlements de la Faculté des sciences et de la Faculté d'éducation.

BIBLIOGRAPHIE

Plusieurs ouvrages peuvent très certainement compléter les notes.

Les notes de cours de David Sénéchal (<https://www.physique.usherbrooke.ca/pages/node/7930>) sont très intéressantes puisque plusieurs thèmes de son propre cours se recoupent souvent assez bien avec le contenu de celui-ci.

Lectures suggérées Un * signale un ouvrage souvent facile à lire et particulièrement intéressant à votre niveau.

HISTOIRE DES SCIENCES

- * Histoire des sciences, Y. Gingras, Que sais-je ? (PUF), 2018.
- * Petit précis d'histoire des sciences, F. Smith, Ellipses, 2023.
- * Brève histoire du progrès, Ronald Wright, Collection Constantes, Éditions Hurtubise inc., 2006.
- * Du scribe au savant : Les porteurs du savoir de l'antiquité à la révolution industrielle, Y. Gingras, P. Keating, C. Limoges, PUF, Paris, 2000.
- * Histoire des sciences de l'Antiquité à nos jours, Philippe de La Cotardière (dir.), Tallandier, Paris, 2012.
- * Une histoire des mathématiques, A. Dahan-Dalmedico et J. Peiffer, Seuil, 1986.
- * Une histoire des mathématiques chinoises, K. Yabuuti, Belin, 2000.
- * Il était une fois le zéro, A. Houlou-Garcia, Alisio Sciences, 2023.
- Histoire de la physique moderne, M. Bieznunski, La Découverte, 1993.
- Histoire de la chimie, B. Bensaude-Vincent, I. Stengers, La Découverte, 1995.
- * Darwin et la science de l'évolution, P. Tort, Découvertes. Gallimard, Paris, 2000.
- * Quand les poules auront des dents (*Hen's Teeth and Horse's Toes*, en anglais), S. Jay Gould, Points Sciences, 2011.

PHILOSOPHIE DES SCIENCES

Ouvrages généraux

- L'épistémologie, H. Barreau, Que sais-Je ? (PUF), 2013.
- * Qu'est-ce que la science ? A. Chalmers, La Découverte, 1991. (seule la première moitié du livre est aisée à lire pour les débutants.).
- Vocabulaire technique et analytique de l'épistémologie, R. Nadeau, PUF, 1999.

Ouvrages classiques

- La formation de l'esprit scientifique, G. Bachelard, Vrin, 1993 (1938).
- * La structure des révolutions scientifiques, T. S. Kuhn, Flammarion, 1983. (1962).
- Histoire et méthodologie des sciences, I. Lakatos, PUF, 1994 (1986).
- Éléments d'épistémologie, C. G. Hempel, A. Colin, 1972, (1966).

SOCIOLOGIE DES SCIENCES

- * Sociologie des sciences, Y. Gingras, PUF, Que Sais-Je, Paris, 2013.
- * Petites leçons de sociologie des sciences, B. Latour, Le Seuil, Point-Sciences, Paris, 1994.
- La Science en action : introduction à la sociologie des sciences, B. Latour, Gallimard, Paris, 1995.