



## Histoire des sciences

### PHQ-399

<b>COURS</b>	<b>PROFESSEUR</b>
Titre : Histoire des sciences	Nom : Yves Grosdidier
Web : Moodle	Bureau : D2-2245
Sigle : PHQ-399	Téléphone : (819) 821-8000 poste 62056
Crédits : 3 (3 0 6)	Horaire de disponibilité : habituellement de 9h30 à 16h30
Travail personnel : 5 heures/semaine	Courriel : yves.grosdidier@usherbrooke.ca (en tout temps)
Session : 6	
<b>Programmes concernés :</b> <i>Baccalauréat de Physique et Baccalauréat en Enseignement au Secondaire (B.E.S.)</i>	

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

## DESCRIPTION GÉNÉRALE DE L'ACTIVITÉ

### Quelques objectifs et l'esprit du cours

Il s'agit principalement de rendre l'étudiante ou l'étudiant conscient 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. A 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.

Une version fréquente de l'histoire des sciences en présente le cours comme 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, élaborations 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 large. Cette vision, sans être totalement fausse, n'en est pas moins incomplète comme plusieurs réflexions, dès le XX<sup>ème</sup> siècle, n'ont pas manqué de le montrer.

En effet, 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) 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 la pratique de l'enseignement des sciences. Le développement des sciences, en effet, s'explique aussi par des facteurs externes souvent négligés: religieux, philosophiques, idéologiques, sociaux, 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 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. Une partie du cours consiste donc en une initiation à l'épistémologie 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. L'épistémologie, 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.

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

Quelques notions d'épistémologie. La préhistoire. Magie et pseudo-science (Frazer, Mauss). Les sciences de l'Antiquité et le rationalisme. Le Moyen Âge et l'intégration des sciences dans la doctrine chrétienne. Les XVI<sup>e</sup> et XVII<sup>e</sup> siècles, la naissance des sciences expérimentales. Les XVIII<sup>e</sup> et XIX<sup>e</sup> siècles, la construction des fondements des sciences. Logique mathématique et axiomatique des ensembles au 20<sup>e</sup> siècle. La science moderne. L'informatique et le transport de l'information.

## 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 PHQ-399 :

**Compétence n°1 :** « *Agir en tant que professionnelle ou professionnel héritier, critique et interprète d'objets de savoirs ou de culture dans l'exercice de ses fonctions.* » Il est clair que le contenu de ce cours (voir ci-dessous) favorise une approche multidisciplinaire des sciences naturelles, 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.

**Compétence n°2 :** « *Communiquer clairement et correctement dans la langue d'enseignement, à l'oral et à l'écrit, dans les divers contextes liés à la profession enseignante.* » 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 des idées scientifiques, de l'Antiquité à nos jours.

### Sommaire

- 1. Introduction générale :** L'appel de Francis Bacon pour une histoire des connaissances, pourquoi l'histoire des sciences et comment la faire (Sarton), les quatre paradigmes en histoire des sciences, introduction à l'épistémologie (Popper, critère de démarcation, Kuhn, l'hypothèse Duhem-Quine, Lakatos), caractère inné de l'arithmétique approximative et de la géométrie élémentaire (travaux de P. Pica, S. Dehaene et al.), rôle du langage dans l'élaboration d'une arithmétique exacte (travaux de P. Pica, S. Dehaene et al.), le sens des probabilités en l'absence d'éducation mathématique (travaux de Fontanari et al.).
- 2. Les origines :** histoire et 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.
- 3. La science grecque :** périodes archaïque, classique et 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.
- 4. L'Orient et le moyen-âge :** 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<sup>ème</sup> siècle, science et numération romaines, la science arabe et l'héritage grec dans l'Empire byzantin, Al-Kwarizmi, Al-Kashi, féodalité et scolastique, Aristote au Moyen Âge (thomisme, averroïsme, nominalisme), Roger Bacon, Nicole Oresme.
- 5. La révolution scientifique :** une révolution sur quatre plans (mathématiques, astronomie, mécanique, méthode expérimentale), 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, Brahé, 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, le mythe de la Terre plate, 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).

6. **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<sup>ème</sup> et XVIII<sup>ème</sup> siècles, Volta, Coulomb, Ampère, Faraday, la théorie électromagnétique de Maxwell, la technologie électromagnétique, l'électromagnétisme classique et la relativité (Michelson, Poincaré, Minkowski).
7. **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).
8. **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.
9. **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, Rutherford, Bohr), les ondes de matière de de Broglie, la mécanique quantique (Schrödinger, Heisenberg, Pauli, Dirac), la radioactivité et de nouveaux rayons (X,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , cosmiques), structure du noyau atomique et isotopes (Soddy, Chadwick), l'énergie nucléaire (Hahn, Strassman, Fermi), le projet Manhattan, l'énergie des étoiles (Bethe), les particules subatomiques.
10. **L'expansion de l'Univers** : l'évolution des instruments d'observation depuis Galilée jusqu'au XXI<sup>ème</sup> 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.
11. **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 de Lamarck, théorie des archétypes de Geoffroy Saint-Hilaire, la génération spontanée de la vie (Aristote, van Helmont, Pasteur), l'abiogenèse (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, le procès du singe, le créationnisme, la zététique.

**12. 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, Harvey et la circulation sanguine, les maladies infectieuses (variolisation, vaccination), les observations au microscope réalisées par Hooke, retour sur la génération spontanée (Pasteur, Pouchet), préformation et épigénèse (homoncule de Hartsoeker), ovistes et spermatistes, la fécondation (Spallanzani, Rostand), dissémination et emboîtement, 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.

**13. Fondements des mathématiques :** Qu'entend-on par *fondements* ?, la tradition (Platon, Aristote, Descartes), la recherche de la rigueur (Leibniz, pragmatisme du XVIIIe siècle, la rénovation de l'analyse, Bolzano), la logique mathématique contemporaine (arithmétisation de l'analyse, paradoxes, théorie des types, axiomatisation de la géométrie), Zermelo et la théorie axiomatique des ensembles (axiomes de Zermelo, axiome du choix), les problèmes d'existence (intuitionnisme, formalisme, « échec » des méthodes finitistes).

**14. La révolution informatique et le transport de l'information :** abaquas/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. A chaque cours, pendant les pauses, livres, articles, objets, artefacts sont parfois exposés pour permettre aux étudiants de découvrir dans le texte certains auteurs, ou découvrir une iconographie peu connue.
- Les questions posées par les étudiants et les étudiantes sont encouragées.

## ÉVALUATION

1. **Un contrôle continu** (deux évaluations consistant en tests d'une heure ou bien en mini-devoirs d'analyse de textes) comptant pour 30% de la note totale. De plus, chaque étudiant aura à faire une mini-présentation (maximum 5-10 minutes) pour résumer le contenu d'un court texte.
2. **Un examen partiel** comptant pour 30% de la note totale.

3. **Un examen final de 3 heures** 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 à partir du chapitre sur la lumière et l'électromagnétisme).

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

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, M. Bunge, G.-G. Granger, G. Hottois, B. Latour, R. Nadeau, S. Robert, S. Toulmin, J. Bricmont), textes historiques (notamment Boèce, Cicéron, Pline 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 C. Ronan, 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 est obligatoire.

Le site web du cours contient un certain nombre de liens 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 étudiants et des étudiantes. 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. A cette fin 10% de la note de chaque évaluation sera 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 PHQ-399 est fortement 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 étudiants et étudiantes du baccalauréat en sciences physiques 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. Sur demande, Yves Grosdidier peut conseiller des livres supplémentaires.

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