

4. Parcours *Logique et philosophie des sciences (Lophisc)*

Le parcours *Lophisc* offre une formation approfondie dans les différents domaines de la logique et de la philosophie des sciences contemporaines : logique, histoire et philosophie de la logique, des mathématiques, de la biologie, de la physique, de la psychologie, etc. Les approches de cette formation sont multiples : philosophiques, historiques, cognitivistes, études sociales de la science, etc.

Le parcours *Lophisc* est ouvert aux étudiants de différents parcours : non seulement les titulaires d'une licence de philosophie mais également les étudiants dont la formation principale relève des mathématiques, de l'informatique, de la physique, de la chimie, des sciences de la vie et de la Terre, des sciences humaines et sociales, des sciences médicales, des sciences de l'ingénieur, etc. Une attention particulière est donnée à l'accueil des étudiants étrangers.

Deux options sont offertes :

- option *Logique*
- option *Philosophie des sciences*.

Un panachage des cours des deux options est également possible.

Organisation des enseignements et horaires

Semestre 1 (30 ECTS)

UE1 (12 ECTS)

1- Philosophie générale des sciences (5 ECTS)

K4040115

Max Kistler	Mardi 10h-12h	Lalande
-------------	---------------	---------

2- Enseignement d'ouverture (5 ECTS)

Cours à choisir dans l'offre générale du master de philosophie
--

3- Langue vivante (2 ECTS)

Cours assuré par le département des langues

UE2 (9 ECTS)

Option logique

1- Histoire et philosophie de la logique et des mathématiques (4,5 ECTS)

K4040315

Jean Fichot	Vendredi 14h-16h	Lalande
-------------	------------------	---------

2- Théorie des ensembles (4,5 ECTS)

K4040515

Mirna Džamonja	Vendredi, 10h-12h	?
----------------	-------------------	---

Option philosophie des sciences

1- Histoire et philosophie d'une science particulière A : Philosophie de la biologie et de la médecine. Introduction à la philosophie de la biologie et du cancer (4,5 ECTS)

K4040715

Lucie Laplane/Guglielmo Militello	Mercredi 12-14	Cavaillès
-----------------------------------	----------------	-----------

2- Philosophie de la connaissance et du langage (parcours *Philo. contemporaine*) (4,5 ECTS)

K4040915

Jocelyn Benoist	Vendredi 14h-16h	Halbwachs
-----------------	------------------	-----------

UE3 (9 ECTS)

[Option logique](#)

1- Théorie des modèles (3 ECTS)

K4041115

Alberto Naibo	Mardi, 16h-18h	Halbwachs
---------------	----------------	-----------

2- Théorie de la démonstration (3 ECTS)

K4041315

Jean Fichot	jeudi, 16h30-18h30	Cavaillès
-------------	--------------------	-----------

3- Théorie de la calculabilité (3 ECTS)

K4041515

Alberto Naibo	Mardi, 8h-10h	Cavaillès
---------------	---------------	-----------

[Option philosophie des sciences](#)

1- Histoire et philosophie d'une science particulière B : philosophie des sciences cognitives (4,5 ECTS)

K4041715

Denis Forest	Lundi 14-16	Cavaillès
--------------	-------------	-----------

2- Logique pour non spécialistes (4,5 ECTS)

K4041915

Marianna Antonutti	Mercredi, 17-19	?
--------------------	-----------------	---

Semestre 2 (30 ECTS)

UE1 (14 ECTS)

1- Théorie de la connaissance (6 ECTS)

K4040215

Philippe Huneman	Jeudi, 14h-16h	?
------------------	----------------	---

2- Enseignement d'ouverture (6 ECTS)

Cours à choisir dans l'offre générale du master de philosophie
--

3- Langue vivante (2 ECTS)

Cours assuré par le département des langues

UE2 (4 ECTS)

[Option logique](#)

1- Logique des modalités

K4040415

Francesca Poggiolesi	Lundi 12h-15h, aux dates suivantes : 29 janvier, 12 février, 26 février, 11 mars, 25 mars, 2 avril (2 heures), 15 avril, 22 avril, 29 avril.	Cavaillès
----------------------	--	-----------

[Option philosophie des sciences](#)

1- Philosophie de la connaissance et du langage (cours du parcours *Philosophie contemporaine*).

K4040615

Ronan de Calan	Vendredi 14h-16h	Cavaillès
----------------	------------------	-----------

2- Histoire et philosophie d'une science particulière C : philosophie de la biologie (6 ECTS)

K4041015

Matteo Mossio	jeudi 9h - 12h	Sorbonne salle G307
---------------	----------------	---------------------

UE3 (6 ECTS)

[Option logique](#)

1- Complétude et indécidabilité (3 ECTS)

K4041215OK

Pierre Wagner	Mercredi 13h30-15h30	Cavaillès
---------------	----------------------	-----------

2- Logique et fondements de l'informatique (3 ECTS)

K4041415

Alberto Naibo	Mardi 12H-14H	Cavaillès
---------------	---------------	-----------

[Option philosophie des sciences](#). L'un des deux cours suivants au choix :

1- Histoire et philosophie d'une science particulière D : philosophie de la physique (6 ECTS)

K4040815

Vincent Ardourel	Vendredi 12h-14h	?
------------------	------------------	---

1bis- Philosophie de la logique (cours mutualisé avec M2) (6 ECTS)

K4041015

Pierre Wagner	Mercredi, 9h-11h	IHPST (13 rue du Four), salle de conférences
---------------	------------------	--

Travail encadré de recherche, ou TER (mémoire rédigé sous la direction d'un enseignant de l'UFR) (6 ECTS) **K404M215**

Descriptifs des enseignements de Master 1 (parcours Lophisc)

Marianna Antonutti

Logique pour non spécialistes (S1, UE3)

L'utilisation de méthodes formelles est souvent essentielle dans la philosophie des sciences des XXe et XXIe siècles. Le recours aux méthodes formelles facilite l'étude du raisonnement scientifique, de la méthode scientifique et de la représentation des connaissances scientifiques et de leur développement. Des méthodes formelles jouent aussi un rôle important dans de nombreuses disciplines scientifiques. Par exemple, on définit généralement les notions de théorie, de modèle, d'équivalence théorique, de loi de nature et de réduction d'une théorie scientifique à une autre, en faisant appel aux concepts et méthodes de la logique formelle. Ce cours vise à introduire les concepts et les techniques de base de la logique classique, sans présupposer de connaissances préalables en logique ou en mathématiques. Cela nous permettra ensuite d'aborder des sujets plus avancés qui sont pertinents pour la philosophie des sciences. Dans la dernière partie du cours, on présentera et expliquera des résultats métathéoriques importants de la logique classique, puis, en fonction du temps disponible, on présentera des logiques non classiques (comme par exemple la logique modale) et leurs propriétés fondamentales.

Vincent Ardourel

Histoire et philosophie d'une science particulière (S2, UE3)

Philosophie de la physique

Dans ce cours d'introduction à la philosophie de la physique, nous nous intéresserons à différents problèmes soulevés par la physique contemporaine, et en particulier par la théorie de la relativité, la mécanique quantique et la physique statistique. Nous aborderons notamment les questions suivantes : Quelle est la nature de l'espace et du temps ? Qu'est-ce que l'espace-temps ? Comment doit-on concevoir la matière ? Comment interpréter la mécanique quantique ? Peut-on expliquer la flèche du temps ? Qu'est-ce que le déterminisme en physique ?

Bibliographie

- Albert, D. *Quantum Mechanics and Experience*. Harvard University Press 1992.
- Barberousse, A., « Philosophie de la Physique » in, *Précis de philosophie des sciences* (dir. Barberousse, Bonnay, Cozic), Vuibert, 2011.
- Boyer-Kassem, T., *Qu'est-ce que la mécanique quantique ?* Vrin, 2015.
- Einstein, A., *La Théorie de la relativité restreinte et générale*, Dunod, 2000.
- Esfeld, M., *Physique et Métaphysique*, Presses polytechniques et universitaires romandes, 2012.
- Le Bihan, S. (dir.), *Précis de philosophie de la physique*, Vuibert, 2013.
- Maudlin, T. *Philosophy of physics - Space and Time*, 2012, Princeton University Press.
- Norton, J., *Einstein for Everyone*, HPS 410, [cours en ligne](#), 2007.
- Sklar, L. *Philosophy of physics*, Oxford University Press, 1992.

Mirna Džamonja

Théorie des ensembles (S1, UE2)

Au cours du 19^e siècle, une crise profonde toucha les mathématiques dans leurs fondements, soulevant plusieurs questions concernant la nature de cette discipline et le statut ontologique de ses entités. Cela a engendré le programme de Hilbert envisageant une axiomatisation complète des

mathématiques. Dans le cours, nous présenterons l'univers ensembliste développé par Cantor à travers lequel certaines réponses ont été envisagées.

La théorie des ensembles est en fait la science de l'infini ou au moins de sa manifestation mathématique. Nous analyserons notamment les infinis différents (!), la construction des ordinaux et des cardinaux, ainsi que leurs arithmétiques, dont la distinction est exigée dans le cas infini. Aux travaux précurseurs de Cantor succédèrent plusieurs tentatives de formalisation de la théorie des ensembles. Nous verrons les motivations à la source de ces entreprises, puis étudierons la plus célèbre : l'axiomatique de Zermelo-Fraenkel, en portant un regard attentif sur l'axiome du choix, un axiome à l'efficacité mathématique indéniable mais à la légitimité parfois contestée.

Bibliographie

- K. J. B. Devlin, *The joy of sets : Fundamentals of contemporary set theory*. Springer, 1993.
- Patrick Dehornoy, *Théorie des ensembles, Introduction à une théorie de l'infini et des grands cardinaux*, Calvage et Mounet, 2017.
- Mirna Džamonja, *Théorie des ensembles pour les philosophes*, Éd. universitaire européenne, 2017.
- Mirna Džamonja, *Fast Track to Forcing*, Cambridge University Press, 2020.
- H. B. Enderton, *Elements of set theory*. Academic Press, 1977.

Jean Fichot

Histoire et philosophie de la logique et des mathématiques (S1, UE2)

Logique et mathématiques constructives.

Résumé

L'accent sera mis sur les questions suivantes (entre autres) : comment peut-on justifier le rejet d'une loi logique ? Ce refus peut-il se fonder uniquement sur des arguments de nature mathématique ? Si d'autres arguments, conceptuels et philosophiques, sont en plus nécessaires, quels sont-ils ? De la logique et des mathématiques, laquelle de ces deux disciplines est première ? Quels rapports entretiennent les notions d'effectivité humaine et de calculabilité mécanique ? Etc.

Bibliographie sommaire

Des textes, ainsi qu'une bibliographie plus complète, seront donnés sur l'EPI du cours.

Dummett M. *Elements of Intuitionism*. Clarendon Press.

Largeault J. *Intuition et intuitionisme*. Vrin.

Stigt van W.P. *Brouwer's intuitionism*. Studies in the History and Philosophy of Mathematics, North-Holland.

Jean Fichot

Théorie de la démonstration (S1, UE3)

Résumé

Variantes et fragments de la déduction naturelle classique du premier ordre. Propriétés des preuves sans coupures. Elimination des coupures et applications : démonstrations de cohérence et d'indépendance, constructivité (le cas intuitionniste: arithmétique de Heyting ; aspects constructifs de la logique classique : déduction naturelle multi-conclusions).

Bibliographie

Un polycopié et des exercices seront donnés sur l'EPI du cours.

David R., Nour K., Raffalli C., *Introduction à la logique : Théorie de la démonstration*, Dunod, Paris, 2001.

Negri S., von Plato J., *Structural proof theory*, Cambridge University Press, 2001.

Prawitz D., *Natural Deduction*, Almqvist et Wiksell, Stockholm, 1965. Réédition Courier Dover Publications, 2006.

Philippe Huneman

Théorie de la connaissance (S2, UE1)

Ce cours abordera un certain nombre de problèmes fondamentaux de la connaissance : la notion de connaissance ; le défi sceptique et les solutions; la généralisation et l'induction; le principe de raison.

Le fil directeur sera la question de la raison comme fondement (des croyances, des événements) et le cours considérera des débats contemporains en les rapportant parfois à leurs formulations traditionnelles, qui constituèrent souvent la base de la réflexion ultérieure (Platon et la connaissance, Hume et l'induction, Kant et l'a priori)

Une attention sera portée d'une part au rapport entre théorie de la connaissance (ou : épistémologie en anglais) à et philosophie des sciences (ou: épistémologie, en français), de l'autre à l'unité de la raison ou de la rationalité, donc au rapport entre connaissance et champs pratiques.

Bibliographie indicative.

Descartes. *Règles pour la direction de l'entendement*

Dutant J, Engel P (Dir) *Textes clés de théorie de la connaissance. croyance, connaissance, justification*. Paris, Vrin, 2005

Pascal Engel. *Manuel de survie rationaliste*. Paris, Agone. 2021

Susan Haack. *Evidence and Inquiry : Towards Reconstruction in Epistemology*, New Jersey, Wiley-Blackwell, 1993.

David Hume. *Enquête sur l'entendement humain*.

Philippe Huneman. *Pourquoi ?* Flammarion/ Autrement, 2020.

Kant. *Introduction à la Critique de la faculté de juger*.

Leibniz. *Discours de métaphysique; Monadologie*

Max Kistler

Philosophie générale des sciences (S1, UE1)

Concepts fondamentaux de la philosophie des sciences

Ce cours porte sur quelques concepts et problèmes fondamentaux de la philosophie des sciences. On commencera par « le problème de l'induction » : peut-on connaître des régularités universelles ou lois de la nature (ou au moins confirmer des hypothèses qui portent sur ces lois) à partir d'un nombre fini d'expériences ? Voilà déjà quatre concepts fondamentaux de la philosophie des sciences : hypothèse, loi de la nature, confirmation, induction. L'explication des phénomènes et la découverte de leurs causes sont traditionnellement considérées comme des buts primordiaux de la science. Nous examinerons la question de savoir en quoi ces deux buts consistent et s'ils sont différents. Les observations faites dans le cadre de théories - ou « paradigmes » - différentes sont-elles comparables, ou sont-elles au contraire tout aussi « incommensurables » que les différents paradigmes ? Nous aborderons aussi les questions suivantes : est-ce que les théories scientifiques nous donnent accès à la structure de la réalité, ou ne s'agit-il que d'instruments utiles pour prédire les phénomènes ? Enfin, est-ce que la physique a un statut privilégié par rapport aux autres sciences, au sens où toutes les théories scientifiques sont en principe réductibles à la physique ? Qu'est-ce qu'on entend par une telle réduction ?

Evaluation

Analyse et présentation orale d'un ou plusieurs articles ou chapitres de livres, choisis avec l'accord de l'enseignant. Ce travail doit également être rédigé.

Bibliographie :

- Anouk Barberousse, Denis Bonnay et Mikael Cozic, *Précis de philosophie des sciences*, Vuibert 2011.
- Anouk Barberousse, Max Kistler, Pascal Ludwig, *La philosophie des sciences au XXI^e siècle*, Flammarion, Collection Champs Université, 2000.
- Carl Hempel, *Philosophy of Natural Science*, Prentice Hall, 1966, trad. *Éléments d'épistémologie*, A. Colin, 1972.
- Michael Esfeld, *Philosophie des sciences*, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 2006.

Denis Forest

Histoire et philosophie d'une science particulière B (S1, UE3)

Introduction à la philosophie des neurosciences : explications, modélisations, promesses

Bien que les philosophes se soient intéressés de longue date au cerveau, au système nerveux et à leurs pouvoirs, la philosophie des neurosciences, entendue comme la philosophie d'une science particulière, ne s'est développée que très récemment. Son objet (les neurosciences, équivalent de l'anglais *neuroscience* au singulier) est en fait une famille de champs scientifiques dont l'unité est loin d'être évidente. Dès lors, de quoi exactement la philosophie des neurosciences est-elle la philosophie ? Et pour aborder une production scientifique si diverse, quels outils mobiliser ?

Les objectifs du cours seront les suivants. 1. Présenter la constitution du champ neuroscientifique et les textes fondateurs de la philosophie des neurosciences. 2. Inviter à réfléchir à l'identité des neurosciences en étant attentif à la pluralité des objets et des problèmes, des instruments scientifiques, des traditions de recherche et des relations à des sciences connexes qui les constituent. 3. Préciser quel est l'apport de la philosophie par rapport à d'autres approches des neurosciences, de type sociologique ou anthropologique en particulier. 4. S'intéresser à la recherche actuelle et aux promesses des neurosciences (explications, perspectives thérapeutiques, connaissance de soi).

NB. Le cours ne présuppose aucune connaissance en neurosciences.

- Agid (Yves) et Magistretti (Pierre), 2018. *L'homme glial. Une révolution dans les sciences du cerveau*. Paris, Odile Jacob.
- Adolphs (Ralph), Anderson, 2018. *The neuroscience of emotion. A new synthesis*. Princeton University Press.
- Anderson (David J.), Adolphs (Ralph), 2014. A framework for studying emotions across species. *Cell*, p. 187-200.
- Bechtel (William) et Richardson (Robert C.), 2000/2010. *Discovering complexity, Decomposition and localization as Strategies in scientific research*, MIT Press.
- Bickle, (John) 2016. Revolutions in neuroscience: tool development *Hypothesis and theory* (Doi :[10.3389/fnsys.2016.00024](https://doi.org/10.3389/fnsys.2016.00024))
- Churchland (Patricia), 1986, *Neurophilosophy. Towards a unified science of Mind/ Brain*. Cambridge, MA, MIT Press.
- Craver (Carl), 2007. *Explaining the brain*, Oxford University Press.
- Cummins (Robert), 1975, Functional analysis. *The Journal of Philosophy*, Vol. 72, No. 20, p. 741-64..
- Ehrenberg (Alain), 2018. *La mécanique des passions*. Paris, Odile Jacob.
- Forest (Denis), 2022. *Neuropromesses. Une enquête philosophique sur les frontières des neurosciences*. Paris, Ithaque.
- Machamer (Peter), Darden (Lindley), Craver (Carl F.), 2000. "Thinking of mechanisms", *Philosophy of science*, 67/1, p. 1-25.
- Prkachin (Yvan), 2021, "The Sleeping Beauty of the Brain": Memory, MIT, Montreal, and the Origins of Neuroscience, *Isis*.
- Squire (Larry) et Kandel (Eric), 2002, *La mémoire, de l'esprit aux molécules*, Champs Flammarion.

Matteo Mossio

Histoire et philosophie d'une science particulière C (S2, UE2) : Philosophie des sciences de la vie

Le cours se propose d'explorer les principes théoriques et philosophiques de la conception de la vie centrée sur l'autonomie.

On situera d'abord l'autonomie dans une tradition organiciste, qui s'est élaborée à partir d'une critique du mécanisme et de l'analogie classique entre les êtres vivants et les machines. On analysera ensuite de quelle façon la théorie contemporaine de l'autonomie se construit comme une alternative à la fois au réductionnisme et à toute forme d'antinaturalisme. L'autonomie se veut ainsi comme une posture naturaliste non-réductionniste.

Le cours détaillera les concepts fondamentaux de l'autonomie : organisation, agentivité, régulation adaptative et variation. On parviendra ainsi à caractériser un être vivant comme un être autonome, c'est-à-dire un agent naturel qui est capable de s'adapter et de se modifier de sorte à déterminer ses conditions d'existence dans son environnement. L'autonomie est capacité d'autodétermination.

On montrera de quelle façon la théorie de l'autonomie permet d'adopter une position originale vis-à-vis d'un grand nombre de problèmes au cœur du débat philosophique dans les sciences du vivant. On abordera en particulier l'explication et la téléologie, la fonction et la dysfonction, la normativité, l'individualité, ainsi que l'historicité et l'évolution.

- Indications bibliographiques -

Pour se familiariser avec le sujet, les étudiants peuvent consulter :

Gayon, J. et Ricqlès, Armand de (éd) (2010). *Les fonctions : des organismes aux artefacts*. Paris: PUF (notamment l'introduction, et les chapitres de la première partie).

Kant, E. (1790/2000). Critique de la Faculté de Juger. Paris, Flammarion (notamment la deuxième partie, sur la critique de la faculté de juger téléologique).

Mossio, M., Bich, L. (2014). La circularité biologique: concepts et modèles. Dans: F. Varene et al. (Eds.). Modéliser et simuler, tome 2. Paris, Editions Matériologiques, 137-170.

Varela, F. (1989). Autonomie et Connaissance, Paris, Seuil.

Des références additionnelles seront données pendant le cours.

Lucie Laplane et Guglielmo Militello

Histoire et philosophie d'une science particulière (S1, UE2) : Philosophie de la biologie et de la médecine

Introduction à la philosophie de la biologie et du cancer

Résumé

Ce cours offrira une introduction à des concepts centraux de la philosophie de la biologie tels que la théorie de l'évolution, le réductionnisme ou encore les fonctions. Au-delà de cette introduction à la philosophie de la biologie, le cours aura pour objectif de montrer que les outils de la philosophie de la biologie et, plus généralement les méthodes philosophiques, peuvent être mobilisés pour contribuer à la science et peuvent trouver des applications très concrètes. Pour cela nous nous concentrerons sur le cas du cancer où s'imbriquent les enjeux philosophiques, scientifiques et thérapeutiques.

Les notions de biologie cellulaire et de cancérologie nécessaires au suivi du cours seront enseignées avec les notions philosophiques.

Bibliographie

Hoquet, T. et Merlin, F. *Précis de philosophie de la biologie*. Vuibert, 2014.

Plutynski, A. *Explaining Cancer: Finding Order in Disorder*. Oxford University Press, 2018.

Laplane, L. *Cancer Stem Cells: Philosophy and Therapies*. Harvard University Press, 2016.

Alberto Naibo

Théorie de la calculabilité (S1, UE3)

Dans ce cours on se propose d'étudier, d'un point de vue formel, des notions comme celles de calcul et d'algorithme. Plus précisément, il s'agira de fournir une analyse logico-mathématique de notions qui concernent l'exécution d'une action de manière purement mécanique, c'est-à-dire sans faire appel à des formes d'intuition ou d'ingéniosité quelconques. Les instruments privilégiés pour poursuivre cette étude seront les fonctions récursives, suivant la tradition de K. Gödel et S.C. Kleene. Après avoir défini la classe de ces fonctions, on démontrera des théorèmes qui les concernent. D'une part, on établira des résultats positifs, comme la possibilité de ramener chacune de ces fonctions à une certaine forme normale, en donnant ainsi la possibilité d'avoir un modèle abstrait et universel de représentation des processus mécaniques de calcul. De l'autre, on établira des résultats négatifs – ou mieux limitatifs –, comme l'impossibilité de décider à l'avance si chaque processus mécanique s'arrêtera ou pas.

Bibliographie :

- Polycopié distribué en cours, couvrant l'ensemble du programme et contenant une sélection d'exercices.
- Boolos, G., Burgess, J. & Jeffrey, R. (2007). *Computability and Logic* (5ème édition). Cambridge: Cambridge University Press.
- van Dalen, D. (2001). Algorithms and decision problems: A crash course in recursion theory. Dans D.M. Gabbay et F. Guenther (dir.), *Handbook of Philosophical Logic* (2ème édition), Vol. 1, p. 245-311. Dordrecht: Kluwer.
- van Dalen, D. (2004). *Logic and Structure* (5ème édition). Berlin: Springer (chap. 8).
- Epstein, R.L. & Carnielli, W.A. (2008). *Computability: Computable functions, logic and the foundations of mathematics* (3ème édition). Socorro (New Mexico): Advanced Reasoning Forum.
- Odifreddi, P. & Cooper, B. (2012). "Recursive functions". Dans E.N. Zalta (dir.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, <<http://plato.stanford.edu/entries/recursive-functions/>>.
- Odifreddi, P. (1989). *Classical Recursion Theory*. Amsterdam: Elsevier.
- Rogers, H. (1987). *Theory of Recursive Functions and Effective Computability*. Cambridge (Mass.): MIT Press.
- Terwijn, S. (2008). *Éléments de théorie de la calculabilité*, trad. fr. M. Cadilhac, manuscrit, <http://www.math.ru.nl/~terwijn/publications/syllabus_fr.pdf>.

Alberto Naibo

Logique et fondements de l'informatique (S2, UE3)

Ce cours consiste en une introduction à des problèmes fondamentaux de l'informatique théorique, abordés d'un point de vue logique. Le cours sera plus précisément centré autour de l'étude d'un langage de programmation abstrait introduit au début des années trente par A. Church: le lambda-calcul. On présentera d'abord une version pure de ce calcul. Puis, en focalisant l'attention sur le problème de la terminaison des programmes, on introduira une version typée. On montrera ensuite que les propriétés fondamentales de cette version typée peuvent être étudiées d'un point de vue purement logique, grâce à la correspondance dite de Curry-Howard. Cette correspondance assure en effet l'existence d'un isomorphisme entre les règles de réécriture (ou règles d'exécution) pour les programmes écrits en lambda-calcul typé et les règles de réduction (ou règles de normalisation) pour les preuves écrites en déduction naturelle minimale ou intuitionniste. On terminera par la présentation d'une extension du lambda-calcul typé à des systèmes non logiques, comme le système de déduction naturelle pour l'arithmétique constructive.

Bibliographie :

- Polycopié distribué en cours, couvrant l'ensemble du programme et contenant une sélection d'exercices.
- Barendregt, H. & Barendsen, E. (2000). *Introduction to Lambda Calculus*. Manuscrit disponible en ligne à l'adresse : <http://www.cse.chalmers.se/research/group/logic/TypesSS05/Extra/geuvers.pdf>
- Cardone, F. & Hindley R.J. (2009). « Lambda-calculus and combinators in the 20th century », dans D. Gabbay et J. Woods (dir.), *Handbook of the History of Logic*, vol. 5, p. 723-817. Amsterdam: North Holland (disponible en ligne à l'adresse: <http://www.di.unito.it/~felice/pdf/lambdacomb.pdf>).

- Girard, J.-Y. et al. (1989). *Proofs and Types*. Cambridge: Cambridge University Press (disponible en ligne à l'adresse: <http://www.paultaylor.eu/stable/prot.pdf>).
- Krivine, J.-L. (1990). *Lambda-calcul. Types et modèles*. Paris: Masson (la version anglaise est disponible en ligne à l'adresse: <https://www.irif.univ-paris-diderot.fr/~krivine/articles/Lambda.pdf>).
- Sørensen, M. H. & Urzyczyn, P. (2006). *Lectures on the Curry-Howard isomorphism*. Amsterdam: Elsevier.
- Wagner, P. (1998). *La machine en logique*. Paris: Presses Universitaires de France. (Chapitres IV et VIII)

Alberto Naibo

Théorie des modèles (S1, UE3)

Ce cours se propose d'étudier les langages et les théories formelles du point de vue de l'interprétation que nous pouvons en donner au moyen de structures mathématiques abstraites de type ensembliste. C'est grâce à ces structures que nous pouvons définir la vérité des énoncés des théories formelles et c'est pour cela que nous les appelons « modèles » de ces théories. Dans ce cours, il s'agira tout d'abord de rappeler le théorème de complétude pour la logique du premier ordre et d'étudier ensuite certains de ses conséquences, comme le théorème de compacité et les théorèmes de Löwenheim-Skolem. Nous emploierons ensuite ces théorèmes pour étudier la question de l'axiomatisabilité des théories et des structures mathématiques, mais aussi pour définir des modèles non standard de l'arithmétique et des nombres réels. Cela nous amènera à étudier la question de savoir quelles sont les relations entre les différents modèles d'une théorie et c'est en ce sens que nous étudierons la question de la catégoricité et de la décidabilité d'une théorie. Nous verrons ainsi que la théorie des modèles nous fournit des outils et des techniques essentiels pour classer et comparer des théories formelles.

Références bibliographiques

- Bridge, J. (1977). *Beginning Model Theory: The completeness theorem and some consequences*. Oxford, Clarendon Press.
- Button, T. et Walsh, S. (2018). *Philosophy and Model Theory*. Oxford, Oxford University Press.
- Cori, R. et Lascar, D. (2003). *Logique mathématique*, vol. 2, Paris, Dunod.
- van Dalen, D. (2013). *Logic and Structure* (5ème éd.). Berlin, Springer.
- Kirby, J. (2019). *An Invitation to Model Theory*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Manzano, M. (1999). *Model Theory*. Oxford, Clarendon Press.

Francesca Poggiolesi

Logique des modalités (S2, UE2)

Résumé

Le terme logique modale est aujourd'hui employé pour indiquer un domaine d'investigation très vaste et très varié. Dans ce domaine on a pourtant isolé

un certain nombre de systèmes qui représentent la base et le fondement de toute étude concernant la logique modale. Nous allons analyser ces systèmes dans le détail.

- d'un point de vue formel, nous allons étudier les principaux systèmes de logique modale à travers trois diverses formalisations : les axiomes à la Hilbert, la sémantique de mondes possibles et les systèmes de preuves. Nous allons examiner les relations entre ces trois différentes formalisations et nous allons aussi mettre en relief le lien avec la logique du premier ordre.

- d'un point de vue conceptuel, nous allons introduire les principales interprétations liées à nos systèmes de logique modale. Nous allons commencer par le concept de nécessité et de possibilité, puis nous allons nous arrêter sur une interprétation en termes d'obligation et de permission. Finalement nous allons consacrer une analyse approfondie à une interprétation épistémique, c'est-à-dire en termes de connaissance et de croyance. Cette dernière interprétation nous permettra de dire quelques mots sur les derniers développements de logique modale, à savoir la logique dynamique.

Bibliographie

- P. Blackburn, M. de Rijke, et Y. Venema. *Modal Logic*. Cambridge University Press, 2001.
H. van Ditmarsch, W. van der Hoek, et B. Kooi. *Dynamic Epistemic Logic*. Springer, 2008.
M. Fitting et R. L. Mendelsohn. *First-Order Modal Logic*. Springer, 1998
G. E. Hughes et M. J. Cresswell. *A New Introduction to Modal Logic*. Routledge, 1996
J. Garson, *Modal Logic*, The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Spring 2016 Edition), Edward N. Zalta (ed.)
F. Poggiolesi. *Gentzen Calculi for Modal Propositional Logic*. Springer, 2010.

Pierre Wagner

Philosophie de la logique (S2, UE3), enseignement mutualisé M1-M2 (mercredi 9h-11h, IHPST)

K. Gödel : logique, mathématiques, philosophie. Ce séminaire est consacré à la pensée de Kurt Gödel touchant plusieurs questions relatives aux relations entre logique, mathématiques et philosophie, sur la base d'un choix de textes de Gödel. Il sera notamment question des sens de la complétude, de la critique gödelienne de l'empirisme logique, des axiomes, de l'imprédictivité, ou encore du réalisme mathématique, considérés d'un point de vue historique et théorique.

Bibliographie :

- K. Gödel, *Collected Works*, vol. III, *Unpublished essays and lectures*, éd. S. Feferman *et al.*, Oxford University Press, 1995.
- K. Gödel, *Collected Works*, vol. IV et V, *Correspondence*, ed. S. Feferman *et al.*, Oxford University Press, 2003.
- K. Gödel, "Russell's mathematical logic", dans P. A. Schilpp, éd., *The Philosophy of Bertrand Russell*, Evanston & Chicago, Northwestern University, 1944.
- H. Wang, *Kurt Gödel*, Paris, A. Colin, 1990.
- Dawson, Jr., John W., 1997, *Logical dilemmas: The Life and Work of Kurt Gödel*, Wellesley, MA: A. K. Peters.

Pierre Wagner

Complétude et indécidabilité (S2, UE3)

L'objectif de ce cours est d'exposer la démonstration du premier théorème d'incomplétude de Gödel en distinguant plusieurs versions. Selon ce célèbre théorème, dont une première version paraît en 1931, toute théorie formelle de l'arithmétique est incomplète, pourvu qu'elle soit

axiomatisable et cohérente, et qu'elle ne soit pas trop faible. Cela signifie qu'il existe des énoncés du langage de l'arithmétique qui ne sont ni démontrables ni réfutables dans une théorie de l'arithmétique dès lors que celle-ci satisfait les conditions qui en sont généralement attendues. L'intérêt de ce théorème ne réside pas seulement dans ses conséquences, mais également dans les méthodes utilisées pour sa démonstration. Le second théorème de Gödel, dont l'intérêt philosophique n'est pas moindre, sera également discuté. L'un et l'autre font partie d'une série de célèbres résultats négatifs obtenus en logique dans les années trente du XX^e siècle.

Bibliographie :

- Boolos (G.) et Jeffrey (R.), *Computability and Logic*, Cambridge University Press, 3^e éd., 1989.
- Franzén (Torkel), *Gödel's theorems. An incomplete guide to its use and abuse*, Wesley, A K Peters, 2005.
- Gödel, K., 1931, "Über formal unentscheidbare Sätze der Principia Mathematica und verwandter Systeme I," *Monatshefte für Mathematik Physik*, 38: 173–198. English translation in van Heijenoort, éd., *From Frege to Gödel*, Cambridge, MA: Harvard University Press., 596-616, and in Gödel, *Collected Works I*, S. Feferman et al. (eds.), Oxford, Oxford University Press., p. 144-195.
- Gödel, K., 1934, "Sur les propositions indécidables des systèmes mathématiques formels", trad. fr. dans M. Bourdeau et J. Mosconi, éd. *Anthologie de la calculabilité*, Paris, Cassini, 2022.
- Raatikainen (Panu), "Gödel's Incompleteness Theorems", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Spring 2015 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL = <<https://plato.stanford.edu/archives/spr2015/entries/goedel-incompleteness/>>.
- Smith (Peter), *An Introduction to Gödel's Theorems*, Cambridge U. P., 2007, 2^e éd. 2013.
- Wagner (Pierre), "Le phénomène d'incomplétude", dans F. Poggiolesi et P. Wagner, éd., *Précis de philosophie de la logique et des mathématiques*, vol. 1, *Philosophie de la logique*, Paris, Editions de la Sorbonne, 2021.