

## Stage de M2 – Simulations multi-agents des négociations sur le climat

L'étude des négociations sur le climat est un sujet d'une grande complexité, puisque celles-ci mettent en jeu de nombreux acteurs, interagissant à des niveaux différents, selon des modalités complexes, nécessitant la mise en place de mécanismes de délibération et de négociations originaux en vue d'aboutir à des accords dont le résultat est parfois difficile à évaluer (en particulier en ce qui concerne les conséquences sur le long terme).

Les modèles visent en particulier à aider à comprendre la dynamique de ces négociations et à concevoir des mécanismes facilitant l'obtention d'accords afin de réduire globalement le réchauffement climatique. Le sujet a été abordé dès la fin des années 90 selon plusieurs perspectives, en particulier sous l'angle de l'analyse économique et de la théorie des jeux.

Les modèles permettant d'intégrer les dynamiques à la fois économiques et climatiques sont connus sous le terme d'**Integrated Assessment Models (IAMs)**. On peut citer en particulier le modèle de Dynamic Integrated model of Climate and Economy (DICE) de Nordhaus [4]. Ces modèles permettent de simuler les effets de politiques publiques concernant le climat, et en particulier d'étudier les situations d'équilibre.

Il est toutefois reconnu que les IAMs actuels sont limités à bien des égards :

- la prise en compte limitée et très simplifiée de l'incertitude, en particulier liée aux effets à long terme du réchauffement climatique, avec une crainte de les sous-estimer de manière importante;
- l'incapacité à modéliser les boucles de rétro-action négatives provenant des actions réalisées au niveau micro-individuel par les agents, et de manière générale la difficulté à appréhender l'hétérogénéité et l'aspect multi-niveaux de ces systèmes;
- enfin, le manque d'adaptabilité des acteurs modélisés (chaque agent étant typiquement identifié à une politique fixe, ou suivant des hypothèses fortes de rationalité).

Face à ce constat, l'utilisation de **simulations multi-agents** (Agent-based Models, ABMs) peut être vue comme une alternative ou une approche complémentaire, permettant de mieux prendre en compte la complexité inhérente du problème (voir par exemple le chapitre 2 de [1] pour un état de l'art récent). De fait, de nombreux modèles à base d'agents ont été élaborés : par exemple un modèle de négociation multilatéral [7], avec de nombreux agents dotés de mécanismes simples d'apprentissage (de type *fictitious play*), mais permettant déjà de mettre en évidence des résultats notables (l'importance du nombre d'acteurs, et l'intérêt de recourir à des accords progressifs dans le but d'atteindre une situation d'équilibre coopératif).

Si ces travaux montrent tout le potentiel de l'approche, il reste de nombreux verrous et des pistes de perfectionnement possibles, comme la prise en compte de l'aspect hiérarchique des interactions avec la perspective de **modélisation multi-niveaux** (*two-level games* de Putnam [5]). Une telle modélisation permet d'articuler le comportement à la fois d'agents négociateurs (level I) et d'agents représentant les opinions publiques nationales ou régionales ('constituencies', level II). Des règles d'évolution des préférences permettent de prendre en compte la manière dont ces différents groupes peuvent s'influencer mutuellement.

L'étude de [6] met en œuvre ces notions dans un cadre de simulation multi-agents et montre la pertinence de cette approche pour une décision portant sur 3 alternatives. Une étude plus approfondie de cette simulation multi-agents a permis d'identifier certaines limitations et différentes pistes d'extension du modèle : modélisation plus riche des préférences, plus grande diversité des procédures de vote, des modèles d'influence entre agents, des formes de négociation, etc.

L'objectif de ce stage est d'approfondir la pertinence des modélisations multi-niveaux pour les simulations multi-agents des négociations sur le climat. En particulier, on cherchera à identifier et étudier les modèles d'influence ou de négociation plus pertinents. Ce stage s'inscrit dans le cadre du projet MITI NegoClim (<https://sites.google.com/view/negoclim/home>)

Dans le but d'élaborer des modélisations multi-niveaux adaptées au cadre des négociations sur le climat, le stage pourra suivre une des directions suivantes :

- Coupler les modèles multi-niveaux à des ABM afin de développer des protocoles de négociation dans le cadre du challenge AI for Global Climate Cooperation [2]
- Collecter les données sur les négociations climatiques disponibles sur les réseaux sociaux comme Twitter et analyser ces données afin d'apprendre des modèles de négociation utilisés en pratique entre les niveaux micro et macro de décision et les dynamiques de diffusion d'opinions.
- Étudier théoriquement et empiriquement les modèles d'influence et de négociation sur le climat. Ces modèles seront implémentés dans la simulation multi-agents basée sur le modèle de Earnest [6] qui a déjà été développée dans le cadre du projet NegoClim.

Durée du stage : 6 mois à partir de février 2024

Lieu du stage : LIP6 (Sorbonne Université) et CES (Paris 1)

Gratification de 614 euros / mois

Contacts : Aurélie Beynier ([aurelie.beynier@lip6.fr](mailto:aurelie.beynier@lip6.fr)), Arianna Novaro ([Arianna.Novaro@univ-paris1.fr](mailto:Arianna.Novaro@univ-paris1.fr))

Encadrement : Beynier Aurélie, Mandel Antoine, Maudet Nicolas, Novaro Arianna, Rusinowska Agnieszka, Zuber Antoine

Les candidatures seront traitées au fur et à mesure de leur réception.

## **Références**

1. Balint, T., Lamperti, F., Mandel, A., Napolitano, M., Roventini, A., Sapio, A. (2017) Complexity and the Economics of Climate Change: A Survey and a Look Forward. *Ecological Economics* 138

2. AI4ClimateCooperation: <https://www.ai4climatecoop.org/>
3. Zhang, Tianyu and Williams, Andrew and Phade, Soham and Srinivasa, Sunil and Zhang, Yang and Gupta, Prateek and Bengio, Yoshua and Zheng, Stephan, AI for Global Climate Cooperation: Modeling Global Climate Negotiations, Agreements, and Long-Term Cooperation in RICE-N (August 14, 2022). Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4189735> or [<http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4189735>](<http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4189735>%5D(<https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4189735>))
4. Nordhaus, W. (2018) Evolution of Modeling of the Economics of Global Warming: Changes in the DICE Model, 1992–2017. *Climatic Change* 148(4): 623–640
5. Putnam, Robert D. (1988) Diplomacy and Domestic Politics: The Logic of Two-Level Games. *International Organization* 42(3): 427–60, <http://www.jstor.org/stable/2706785>.
6. David C. Earnest (2008) Coordination in Large Numbers: An Agent-Based Model of International Negotiations. *International Studies Quarterly* 52(2): 363–382
7. Smead, R., Sandler, R.L., Forber, P., Basl, J. (2014) A Bargaining Game Analysis of International Climate Negotiations. *Nat. Clim. Change* 4 (6): 442–445