



HAL
open science

Un modèle de théorie des jeux pour l'étude de stratégies de réduction de l'impact environnemental humain

Aurélien Delage, Christine Solnon

► To cite this version:

Aurélien Delage, Christine Solnon. Un modèle de théorie des jeux pour l'étude de stratégies de réduction de l'impact environnemental humain. 26ème congrès annuel de la société française de recherche opérationnelle et d'aide à la décision (ROADEF), Feb 2025, Marne-la-Vallée, France. pp.226-227, <10.1086/226707>. <hal-05321562>

HAL Id: hal-05321562

<https://hal.science/hal-05321562v1>

Submitted on 19 Oct 2025

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons CC BY 4.0 - Attribution - International License

Un modèle de théorie des jeux pour l'étude de stratégies de réduction de l'impact environnemental humain

Aurélien Delage¹, Christine Solnon¹

INSA Lyon, CITI, équipe EMERAUDE
{aurelien.delage,christine.solnon}@insa-lyon.fr

Mots-clés : *Théorie des jeux, jeux d'émission, diffusion d'opinion.*

1 Introduction

Face à l'urgence climatique et environnementale, certains acteurs académique et industriel adoptent une posture réflexive et parfois critique vis-à-vis de leur impact sur l'environnement. De nombreuses questions non triviales émergent alors. On peut, par exemple, se demander : *“Est-il plus intéressant de (i) bifurquer afin de réduire le plus possible ses émissions, au prix d'un isolement de la communauté scientifique, ou (ii) s'investir dans la communication des enjeux climatiques et environnementaux, quitte à ne pas pouvoir réduire son impact sur l'environnement autant que possible ?”* Pour apporter des pistes de réflexion, nous proposons de coupler un modèle de diffusion d'opinion dans des graphes sociaux et un modèle de théorie des jeux permettant de caractériser les interactions stratégiques d'entités économiques, dans un contexte de partage de ressources communes.

Nous nous plaçons dans un contexte particulier de jeux d'émission [Finus, 2000] où (i) les joueurs, devant choisir un niveau d'émission de CO₂ par rapport à leurs préférences personnelles, sont situés sur un graphe social et (ii) nous ajoutons des possibilités pour ces derniers d'influencer la perception de leurs voisins concernant les enjeux environnementaux. Du point de vue d'un joueur sensible à ces enjeux, nous cherchons à déterminer s'il est plus intéressant de s'investir pleinement dans (i) la réduction de son impact sur l'environnement, ou dans (ii) la communication permettant de diffuser le plus possible le consensus scientifique dans le graphe. La dépendance d'une stratégie optimale aux paramètres du modèle, tels que la densité du graphe autour de l'acteur d'intérêt, l'horizon temporel du modèle et le temps caractéristique de la diffusion d'opinion, est un point d'intérêt particulier.

2 Modèle et contributions

Un jeu d'émission [Finus, 2000] est un tuple $J = \langle N, \Pi, (f_i)_{i \in \{1, \dots, N\}} \rangle$, où : (i) $N \in \mathbb{N}_{\geq 2}$ est le nombre de joueurs ; (ii) Π est l'espace des stratégies jointes des joueurs ; et (iii) les fonctions $f_i : e \mapsto \beta_i(e_i) - \phi_i(\sum_j e_j)$ spécifient la récompense perçue par le joueur i pour tout profil de stratégie e dans Π . Dans la suite, l'espace de stratégie du joueur i sera $\Pi_i = [0, d_i]$ (avec $d_i > 0$), et représente le niveau d'émission du joueur i .

Les fonctions β_i et ϕ_i sont des données du problème. β_i s'interprète comme le gain que reçoit un joueur i pour avoir émis une certaine quantité de CO₂, et ϕ_i correspond à la perte subie par le joueur i pour un profil d'émission de tous les joueurs (*e.g.* les conséquences du réchauffement climatique sur i). Plus ϕ_i est “important” par rapport à β_i , plus le joueur i pourrait avoir intérêt à maintenir un profil d'émission faible ($e_i \simeq 0$), même face à un profil de stratégies des autres joueurs connu et fixé. A l'inverse, un cas limite avec ϕ_i indistinctement nul et β_i positif poussera le joueur i à maximiser ses émissions ($e_i \simeq d_i$). A titre d'exemple, on trouve dans la littérature le profil suivant : $\phi_i : (e_1, \dots, e_N) \mapsto -\frac{c_i}{2}(\sum_j e_j)^2$ et $\beta_i : e_i \mapsto b_i(d_i \cdot e_i - \frac{1}{2}e_i^2)$.

La caractérisation (i) des équilibres de Nash dans de tels jeux d'émission ainsi que (ii) des fonctions de meilleure réponse permettent d'étudier certains comportements non-triviaux d'agents économiques sous l'angle de la théorie des jeux. Les jeux d'émissions ont ainsi été étendus pour inclure, par exemple, une dynamique du système climatique et des dynamiques d'opinion fonctions des niveaux de pollution au cours du temps [Couthures et al., 2024].

2.1 Contributions

Nous proposons d'envisager plusieurs extensions du modèle classique de jeu d'émission, pour y intégrer des dynamiques d'influence d'opinion, via l'ajout : (i) d'une structure de graphe social représentant les possibilités de communication immédiates entre les joueurs, (ii) de la possibilité pour les joueurs de s'investir dans la communication, et (iii) d'une évolution (déterministe) des paramètres $((\phi_i, \beta_i))_i$ des joueurs représentant l'évolution de leurs perceptions des risques liés à l'impact de l'homme sur son environnement. Nous décrivons plus formellement ci-dessous les modifications apportées au jeu d'émission classique pour intégrer ces trois extensions.

On considère un tuple $\langle \tilde{J}, G = (V, E) \rangle$ où G est non orienté, $|V| = N$ et où il existe une arête $e_{u,v}$ entre le joueur u et le joueur v si et seulement si ils peuvent communiquer directement. \tilde{J} est un jeu d'émission modifié. Le joueur i a maintenant accès à une autre action $c_i \in [0, 1]$ modélisant l'investissement du joueur i dans l'influence d'opinion qu'il exerce sur ses voisins. Mais s'investir dans l'influence a un coût environnemental. ϕ_i est alors modifiée pour inclure ce coût, et on définit alors $\tilde{\phi}_i : (e_i, c_i)_{i \in \{1, \dots, N\}} \mapsto \phi_i((e_i + c_i)_i)$. β_i reste inchangé, les émissions liées à la communication ne constituant pas un gain immédiat pour le joueur i . En revanche, un joueur i , s'il arrive à convaincre son entourage, poussera ce dernier à moins émettre et i souffrira alors moins du changement climatique à long terme. Enfin, \tilde{J} est répété un nombre $H \in \mathbb{N}^*$ de fois, mais en considérant que les paramètres $((\phi_i, \beta_i))_i$ caractérisant les joueurs, évoluent au cours du temps, suivant un modèle de diffusion d'opinion inspiré par les travaux de Granovetter (1978). Les paramètres ϕ_j et β_j d'un joueur j évoluent en fonction des stratégies de ses voisins immédiats, selon (i) la quantité d'influence $\sum_{i \in \mathcal{N}(j)} e^{-\kappa e_i} \cdot c_i$ (avec $\kappa > 0$) et (ii) le seuil $\text{thr}_j > 0$ nécessaire pour convaincre j . Si la quantité d'influence est supérieure au seuil, les fonctions caractéristiques ϕ_i et β_i sont mises à jour, de manière à respectivement augmenter la perte du joueur i face à un profil constant d'émission de tous les joueurs et de diminuer le gain du joueur i vis-à-vis de ses propres émissions. Par exemple, nous pouvons imaginer faire diminuer b_i et d_i d'une constante $\delta_{b,d}$ et augmenter c_i d'une autre constante δ_c . Ainsi, la perception de i des dommages liés à un profil d'émission e de l'ensemble des joueurs est augmentée, là où le gain que reçoit i pour ses émissions e_i sont réduits.

Du point de vue du joueur i , il peut être intéressant de s'investir fortement dans la communication, au détriment de son investissement dans la réduction de ses émissions propres, car influencer les fonctions ϕ_i et β_j de ses voisins pourrait, à plus ou moins long terme, faire diminuer leurs émissions. Mais l'efficacité de cette stratégie dépend, a priori, de la topologie du graphe autour du joueur i , ainsi que du nombre de répétitions du jeu \tilde{J} . Nous nous proposons alors, en fonction des paramètres de \tilde{J} et de G , de (i) simuler l'évolution de certaines stratégies, puis de (ii) caractériser l'existence et/ou l'unicité d'équilibre(s) de Nash dans le jeu décrit.

Références

- Anthony Couthures, Vineeth Satheeskumar Varma, Samson Lasaulce, and Irinel-Constantin Morărescu. Analysis of an opinion dynamics model coupled with an external environmental dynamics. *Chaos, Solitons & Fractals*, 189 :115719, 2024.
- Michael Finus. *Game theory and international environmental cooperation : any practical application ?* Fernuniv., Fachbereich Wirtschaftswiss., 2000.
- Mark Granovetter. Threshold Models of Collective Behavior. *American Journal of Sociology*, 1978. doi : 10.1086/226707.