

# **Interactions entre informations dans les processus de diffusion en ligne**

*(Prix de Thèse EGC 2025)*

Gaël Poux-Médard\*

\* Université Lyon 2

Il y a deux décennies de cela, nous sommes entrés dans l'ère de l'information. Acteurs indiscutables de cette transition, les réseaux sociaux ont considérablement modifié la manière dont les individus s'informent et interagissent avec les contenus qu'ils découvrent. Les flux gargantuesques de données qui en résultent nécessitent de nouvelles stratégies de récupération de l'information. Plutôt que de référencer individuellement chaque fragment d'information, comme le ferait une bibliothèque, une approche plus pertinente consiste à extraire les idées générales convoyées par ces flux d'informations, sans se focaliser sur le détail. Or, discerner des tendances au sein de telles masses de données requiert une compréhension fine des mécanismes de diffusion sous-jacents, qui peuvent être influencés par un grand nombre de facteurs.

Dans cette thèse, je m'intéresse en particulier à l'un de ces facteurs : l'interaction entre informations. On dit qu'une interaction a lieu lorsque la réaction d'une personne confrontée à une information (tweet, mème, post) est influencée par son exposition antérieure à d'autres informations. Bien que la modélisation de la diffusion d'informations sur les réseaux sociaux soit un domaine de recherche actif depuis de nombreuses années, la modélisation des interactions entre informations reste un aspect inexploré de cette littérature. Pourtant, ces considérations pourraient se révéler cruciales pour la compréhension des dynamiques de diffusion et des effets de contagion sur les réseaux sociaux, et des problématiques en découlant directement : mécanismes d'influence, désinformation en ligne, exploitation et prévention de nos propres biais cognitifs. Dans ce travail de thèse, je développe donc un éventail de nouvelles méthodes d'apprentissage automatique, permettant de dévoiler, d'interpréter, et de visualiser cet aspect particulier des mécanismes de diffusion de l'information en ligne.

En premier lieu, il est naturel de questionner l'existence de telles interactions. Sont-elles importantes, pertinentes, ou tout simplement présentes ? Afin d'examiner la fréquence et la force de telles interactions entre fragments d'information, je me suis basé sur de récentes avancées en Stochastic Block Modelling (SBM). Les informations sont représentées par des nœuds, et leurs interactions par des liens multinomiaux. Il s'agit de grouper ensemble les paires d'informations qui présentent des relations d'interaction « microscopiques » similaires, et de reconstruire le réseau d'interactions « macroscopique » entre ces groupes. Grâce à cette stratégie, la présupposée majorité d'informations qui n'interagissent pas du tout peut faire partie d'un unique groupe. Cela permet de discerner plus facilement d'autres groupes qui, eux, interagissent. J'ai ainsi exploré le rôle de ces interactions dans la génération d'informations sur des corpus provenant de plusieurs plateformes sociales en ligne – Twitter, Reddit et Spotify, comprenant environ 150 000 observations chacun. Cette première étude a révélé que les in-

teractions significatives sont peu fréquentes sur ces réseaux sociaux, mais que les prendre en compte permet néanmoins une meilleure description des mécanismes de diffusion.

Cependant, cette méthode est biaisée en ce qu'elle ne considère pas le temps qui s'écoule ; or un tweet ne reste généralement pas plus de quelques minutes à l'esprit. Il est donc possible que la rareté de ces interactions, établie à l'aide des modèles stochastiques en bloc, soit en vérité due à leur brièveté. Il s'agit donc d'établir dans quelle mesure la probabilité qu'un utilisateur réagisse (par exemple, un retweet) face à une information (un tweet) est modifiée par l'exposition antérieure à d'autres informations (d'autres tweets). Un modèle plus tard, les expériences, menées sur (notamment) un sous-réseau temporel de Twitter comptant 1 milliard d'observations, montrent que considérer des interactions temporelles permet une description plus fine des processus de diffusion. Typiquement, sur Twitter, la durée d'une interaction s'avère s'étendre sur trois tweets, tout au plus. Généralement, sur les réseaux étudiés, les interactions sont brèves : leur intensité temporelle décroît exponentiellement.

À ce stade, il est établi que les interactions significatives sont brèves et rares, mais néanmoins impactantes. Il faut donc élaborer un modèle considérant des interactions rares (en les regroupant) et brèves (considérant leur dynamique), tout en étant capable de traiter efficacement les gargantuesques flux de données évoqués en introduction. Mes recherches m'ont conduit à étudier des connexions peu explorées entre les processus de Dirichlet, fréquents dans les SBM, et les processus du point, fréquents dans les modèles dynamiques. Ce travail a abouti à la découverte d'une classe plus générale de processus, permettant à la fois le regroupement de nœuds et une modélisation dynamique de leurs liens : les processus de Dirichlet-Point. J'ai appliqué ces trouvailles à un jeu de données réel à grande échelle : l'intégralité des posts des subreddits de news sur l'année 2019. L'application des processus Dirichlet-Point a permis de conclure que les interactions jouent un rôle mineur dans ce corpus particulier. L'analyse des réseaux temporels d'interaction topicaux a néanmoins permis de quantifier cette absence en calculant la moyenne pondérée des liens inférés entre ces groupes. Ce résultat semble sensé (a posteriori), car ces publications émanent surtout d'événements externes, plutôt que de phénomènes de réplique et d'influence.

D'un point de vue plus global, ces travaux aboutissent à une collection de modèles flexibles en termes de champs d'applications, d'une part, et à une réflexion sur des concepts au cœur des méthodes d'apprentissage automatique actuelles, d'autre part. Qu'il s'agisse de modèles stochastiques en blocs, de modélisation dynamique, ou de processus de Dirichlet-Point, les applications potentielles de modèles développés au cours de ce travail s'étendent bien au-delà de la seule étude des interactions dans les processus de diffusion. Car comme cela arrive souvent en recherche, des trouvailles inattendues peuvent émerger de questions à priori sans rapport. Citons par exemple les innombrables systèmes à présent susceptibles d'être modélisés par des hypergraphes multinomiaux et dynamiques, par des réseaux de diffusion temporels autostimulés, ou encore par des clusters dont la population croîtrait sur/sub-linéairement, qui ont tous fleuri d'une question simple : existe-t-il des interactions entre informations dans les processus de diffusion en ligne ? Plutôt qu'une réponse unique, irrévocable, et nécessairement trop spécifique, ce travail de thèse s'est attaché à développer des outils afin de statuer sur le rôle des interactions au cas par cas. Mais, plus important à mon sens, cette recherche nous a menés à questionner et à revisiter des fondements de l'apprentissage automatique, et nous invite à reconsidérer sous un nouvel angle la plupart des modèles élaborés au cours des deux dernières décennies.