

SUJET DE THÈSE

Alignement, raisonnement normatif et robustesse cognitive dans les petits modèles de langage juridiques

Vers un Small Legal Language Model (SLLM) compact, spécialisé et intégrable pour l'assistance aux professionnels du droit

Entreprise d'accueil : Contractzlab
Durée : 3 ans | Financement : Convention CIFRE
Laboratoire d'accueil : DVRC, De Vinci Higher Education.

Description synthétique du sujet de la thèse

Contexte

L'essor des grands modèles de langage (Large Language Models, LLM) a profondément transformé le traitement automatique du langage naturel, ouvrant des perspectives inédites pour de nombreux secteurs d'activité. Le domaine juridique constitue à cet égard un terrain d'application stratégique : il est caractérisé par une production normative croissante, une complexité textuelle élevée et des exigences fortes en matière de fiabilité, de traçabilité et de justification argumentative.

Les professionnels du droit, avocats, juristes d'entreprise, services de conformité, sont quotidiennement confrontés à l'analyse de volumes importants de textes normatifs, de contrats et de décisions jurisprudentielles. Cette réalité opérationnelle crée une demande croissante pour des outils d'assistance capables d'automatiser partiellement ces processus tout en garantissant une fiabilité juridique suffisante pour un usage professionnel.

Les solutions génériques actuelles fondées sur des LLM (GPT-4, Claude, Gemini) permettent des tâches élémentaires ,recherche d'information, résumé, rédaction assistée ,mais présentent des limites structurelles importantes dans ce contexte :

- un manque de spécialisation dans le raisonnement juridique normatif, caractérisé par des hiérarchies de normes, des exceptions et des conflits réglementaires ;

- une fiabilité juridique insuffisante, se traduisant par des hallucinations factuelles et des erreurs d'interprétation normative ;
- une incapacité à justifier explicitement les conclusions produites, pourtant essentielle à l'usage professionnel ;
- une empreinte computationnelle et énergétique élevée, incompatible avec une intégration directe dans des workflows SaaS ou des environnements à ressources contraintes.

Ces constats soulignent l'intérêt de développer des modèles de langage spécialisés, plus compacts, désignés Small Legal Models (SLM), capables d'intégrer les structures logiques et normatives propres au droit tout en étant économes en ressources et directement intégrables dans des logiciels métiers. C'est dans ce contexte que s'inscrit le projet de recherche et développement porté par Contractzlab.

Ce projet répond à un besoin industriel concret : améliorer l'efficacité des cabinets juridiques et des entreprises soumises à des obligations réglementaires strictes, tout en proposant une alternative fiable, sécurisée et économe en énergie aux grands modèles généralistes. Il s'inscrit également dans une perspective scientifique plus large, visant à comprendre comment la spécialisation et l'apprentissage progressif permettent à un modèle compact d'atteindre des performances comparables à celles de modèles massifs sur des tâches de raisonnement normatif complexes.

Objectifs

L'objectif principal de cette thèse est de concevoir, d'entraîner et de valider un Small Legal Model (SLM) spécialisé dans le raisonnement juridique, capable de surperformer les modèles généralistes commerciaux sur des tâches normatives complexes tout en restant économe en ressources computationnelles.

Ce modèle doit fonctionner comme un assistant expert pour les professionnels du droit, juristes, avocats, services de conformité, en les aidant à analyser, interpréter et mettre en relation des textes normatifs, aussi bien pour des consultations rapides que pour des cas nécessitant un raisonnement structuré et une justification explicite.

Les travaux de recherche s'articulent autour de quatre axes scientifiques originaux, chacun répondant à un verrou identifié dans la littérature :

Conception de méthodes d'alignement adaptées au raisonnement juridique normatif

Les approches classiques d'alignement par préférences (RLHF, DPO, ORPO) sont conçues pour améliorer la conformité comportementale des modèles, non pour structurer leur raisonnement formel. L'objectif est de proposer de nouvelles méthodes d'alignement intégrant des contraintes logiques explicites, respectant la hiérarchie des normes (constitution, loi, règlement, jurisprudence) et permettant la traçabilité des chaînes d'inférence juridique. Cela implique notamment de définir des signaux de récompense capables de représenter la cohérence normative et la validité argumentative des réponses produites.

Construction d'un cadre d'évaluation unifié pour le raisonnement juridique

L'absence de benchmark représentatif, multilingue et orienté vers la structure argumentative constitue un frein majeur à la progression scientifique dans ce domaine. L'objectif est de construire un cadre d'évaluation unifié couvrant plusieurs niveaux de raisonnement juridique qualification, interprétation, mise en relation de normes, résolution de conflits ,applicable à plusieurs systèmes juridiques européens, et s'appuyant sur des métriques capables de mesurer la cohérence logique interne et la validité normative au-delà de la simple correspondance textuelle.

Développement d'une stratégie d'entraînement progressif pour modèle compact

La réduction du nombre de paramètres d'un modèle limite mécaniquement sa capacité à encoder des connaissances juridiques étendues et des chaînes de raisonnement profondes. L'objectif est de concevoir une stratégie d'entraînement progressif (continual / curriculum learning) permettant à un SLM d'acquérir des compétences juridiques croissantes sans subir d'oubli catastrophique, tout en conservant la cohérence globale de son raisonnement. Des approches telles que DUMP (Dynamic Upper-confidence-based Model Progression) constituent des pistes prometteuses qui seront explorées et adaptées au contexte juridique.

Analyse de la robustesse cognitive sous alignement par préférences

L'impact de l'alignement par préférences sur la diversité argumentative et la robustesse cognitive des modèles en contexte juridique reste largement inexploré. L'objectif est de caractériser empiriquement et théoriquement les effets de différentes méthodes d'alignement (DPO, ORPO, KTO, RLAIIF) sur la capacité d'un modèle compact à maintenir une pluralité interprétative, à résister aux ambiguïtés normatives et à justifier ses conclusions dans des cas complexes ou contradictoires. Cette analyse vise à établir les fondements d'un alignement à la fois conforme et cognitivement robuste pour les domaines régulés.

Profil et compétences recherchées :

Ingénieurs / Master 2, spécialisé en science des données, Intelligence Artificielle, NLP
Personnes à contacter par mail : envoyez votre **candidature avant le 25 avril** avec vos bulletins de notes M1/M2, une lettre de motivation, des lettres de recommandation aux :

Nédra Mellouli : nedra.mellouli@devinci.fr ;

Nicolas Travers : nicolas.travers@devinci.fr

Rafik Hwimli : rafik@contractzlab.com

Bibliographie sélective

Alignement des modèles de langage

Ouyang, L. et al. (2022). Training language models to follow instructions with human feedback. NeurIPS 2022.

Bai, Y. et al. (2022). Training a helpful and harmless assistant with reinforcement learning from human feedback. NeurIPS 2022.

- Rafailov, R. et al. (2023). Direct Preference Optimization: Your Language Model is Secretly a Reward Model. NeurIPS 2023.
- Ethayarajh, K., Xu, W., & Jurafsky, D. (2024). RLAI: Reinforcement Learning from AI Feedback. ICML 2024.
- Casper, S. et al. (2023). Open problems in the theory of AI alignment. NeurIPS 2023.
- Gao, L., Wang, L., & Cho, K. (2024). Preference optimization reduces diversity and harms robustness. ICML 2024.
- Burnell, R. et al. (2023). The false promise of reinforcement learning from human feedback. arXiv:2306.14070.

Raisonnement dans les modèles de langage

- Turpin, M. et al. (2023). Language models don't always reason. NeurIPS 2023.
- Valmeekam, K. et al. (2023). Large language models still can't plan. NeurIPS 2023.
- Lanham, T. et al. (2023). Measuring and improving chain-of-thought reasoning in language models. ACL 2023.
- Saparov, A., & He, H. (2023). Large language models struggle to solve basic algebra. NeurIPS 2023.
- Nye, M. et al. (2021). Show your work: Scratchpad reasoning in neural networks. NeurIPS 2021.
- Bilbao, M., Nye, M., & Andreas, J. (2024). Tracing reasoning in large language models. AAAI 2024.
- Lin, S. et al. (2023). Measuring the robustness of language models under ambiguity. NeurIPS 2023.

Benchmarks et évaluation juridique

- Chalkidis, I. et al. (2022). LexGLUE: A Benchmark Dataset for Legal Language Understanding in English. ACL Findings 2022.
- Niklaus, C. et al. (2023). LEXTREME: A Multilingual and Multi-Jurisdictional Benchmark for Legal NLP. EMNLP 2023.
- Sharp, R. et al. (2024). LawBench: Evaluating the Legal Capabilities of Large Language Models. ACL 2024.
- Fan, Y. et al. (2023). LEXam: Benchmarking Legal Reasoning on 340 Law Exams.
- Kocijan, V., Cretu, A.-M., & Hewitt, J. (2023). Measuring logical coherence in generated text. ACL 2023.
- Ye, S. et al. (2023). Evaluating coherence in natural language generation. EMNLP 2023.

Modèles compacts, PEFT et apprentissage continu

- Hu, E. et al. (2021). LoRA: Low-rank adaptation of large language models. ICLR 2022.
- Pfeiffer, J. et al. (2020). AdapterFusion: Non-destructive task composition for transfer learning. ACL 2020.
- Dettmers, T. et al. (2024). QLoRA: Efficient finetuning of quantized large language models. ICML 2024.
- Kirkpatrick, J. et al. (2017). Overcoming catastrophic forgetting in neural networks. PNAS, 114(13), 3521–3526.

- Parisi, G. I. et al. (2019). Continual lifelong learning with neural networks: A review. *Neural Networks*, 113, 54–71.
- Lomonaco, V. et al. (2023). Continual learning: A comparative study and a unifying framework. *IEEE PAMI*, 45(1), 120–139.
- Wang, Z. et al. (2025). Automated distribution-level curriculum learning for RL-based LLM post-training. [arXiv:2504.09710v3](https://arxiv.org/abs/2504.09710v3).

IA juridique et raisonnement normatif

- Ashley, K. D. (2017). *Artificial Intelligence and Legal Analytics: New Tools for Law Practice in the Digital Age*. Cambridge University Press.
- Branting, K. et al. (2021). The role of artificial intelligence in legal reasoning: A survey of past and present. *Artificial Intelligence and Law*, 29, 127–165.
- Weidinger, L. et al. (2021). Ethical and societal risks of language models. *ACL 2021*.