

# Apprentissage fédéré pour l'intelligence ambiante : une approche système embarqué, distribuée et intermittente

Antoine BONNEAU<sup>1,2</sup>, Frédéric LE MOUËL<sup>1</sup>, Fabien MIEYEVILLE<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Univ Lyon, INSA Lyon, Inria, CITI, EA3720, 69621 Villeurbanne, France

<sup>2</sup> Univ Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, INSA Lyon, Ecole Centrale de Lyon, CNRS, Ampère, UMR5005, 69622 Villeurbanne, France

antoine.bonneau@insa-lyon.fr

---

## Résumé

L'environnement, rendu intelligent par la pervasivité des systèmes embarqués se miniaturisant et s'insinuant jusque dans les objets du quotidien, offre autant de potentiels que de contraintes. En effet, l'intelligence ambiante (AmI) et l'intelligence artificielle (IA) sont intrinsèquement liées. L'augmentation de l'autonomie des dispositifs de l'AmI a encouragé le déploiement massif d'objets connectés produisant toujours plus de données exploitable pour l'IA. D'un autre côté, les besoins énergétiques actuels de calcul pour l'IA sont assez peu compatibles avec les faibles ressources des dispositifs de l'AmI et avec les enjeux sociétaux et planétaires.

Plusieurs travaux [6, 5] ont déjà réussi à s'adapter aux contraintes de mémoires des dispositifs de l'AmI. D'autres équipes [1, 4] se sont intéressées aux contraintes énergétiques imposant aux capteurs intelligents un fonctionnement intermittent. La distribution des calculs de l'IA sur systèmes embarqués aussi a été abordée [3, 2]. Mais aucun travail à notre connaissance n'a essayé de combiner ces différentes approches sur des cibles à faibles capacités et ultra faible consommation énergétique.

Nous proposons d'utiliser l'apprentissage fédéré entre plusieurs systèmes embarqués intermittents pour évaluer l'environnement de fonctionnement et évoluer avec lui. Une intelligence intégrée à son environnement passe par une attention particulière aux évolutions de ce dernier. Les capteurs intelligents doivent *ordonnancer* les différentes tâches (surveillance, apprentissage, inférence, communication) qui lui incombent en s'adaptant aux variations de la *disponibilité énergétique*. Les systèmes apprenants intermittents doivent également s'appuyer sur une *collection sélective pertinente* des données de leur environnement.

L'apprentissage fédéré est un paradigme souvent utilisé dans des scénarios où la confidentialité des données est importante. Dans notre proposition, il permet de *répartir la charge de calcul* entre les capteurs. Cela évite ainsi de surcharger certains capteurs, prolongeant leur durée de vie, un avantage significatif sur la durabilité et la viabilité économique de ces solutions. Les systèmes embarqués déployant un apprentissage fédéré devront maintenir un équilibre entre les *comportements locaux et globaux*. Cet apprentissage requiert la capacité de se *synchroniser* avec les dispositifs alentours et de *distribuer l'agrégation* des modèles obtenus parmi les participants.

**Mots-clés :** IA, apprentissage fédéré, systèmes intermittents, systèmes embarqués

---

## **Bibliographie**

1. Bakar (A.), Ross (A. G.), Yildirim (K. S.) et Hester (J.). – REHASH : A Flexible, Developer Focused, Heuristic Adaptation Platform for Intermittently Powered Computing. – In *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies*, septembre 2021.
2. Dai (R.), Shen (L.), He (F.), Tian (X.) et Tao (D.). – DisPFL : Towards communication-efficient personalized federated learning via decentralized sparse training. – In *Proceedings of the 39th International Conference on Machine Learning*, juillet 2022.
3. Jiang (J.), Hu (L.), Hu (C.), Liu (J.) et Wang (Z.). – BACombo Bandwidth-Aware Decentralized Federated Learning. *Electronics*, mars 2020.
4. Lee (S.), Islam (B.), Luo (Y.) et Nirjon (S.). – Intermittent Learning : On-Device Machine Learning on Intermittently Powered System. – In *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies*, décembre 2019.
5. Lin (J.), Zhu (L.), Chen (W.-M.), Wang (W.-C.), Gan (C.) et Han (S.). – On-Device Training Under 256KB Memory. – In *Advances in Neural Information Processing Systems*, juillet 2022.
6. Profentzas (C.), Almgren (M.) et Landsiedel (O.). – MiniLearn : On-Device Learning for Low-Power IoT Devices. – In *Proceedings of the International Conference On Embedded Wireless Systems And Networks*, septembre 2022.