

Surveillance des ressources en eau du bassin de l'Allier

(sujet de recherche post-doctoral en informatique)

Durée : 18 mois

Financement : CPER IDEAL

Résumé du sujet :

La surveillance et la gestion de la ressource en eau est un enjeu sociétal majeur dans le contexte du réchauffement climatique. Une conséquence de ce réchauffement est l'aggravation de la réduction des débits moyens et d'étiage en période sèche, induisant à son tour des impacts sur la qualité des eaux, et l'augmentation des conflits d'usage. Les arrêtés de restriction d'eau en périodes de sécheresse sont basés sur la connaissance des seuils de débits permettant d'assurer l'exercice des usages prioritaires tout en respectant l'égalité entre usagers des différents départements et la nécessaire solidarité amont - aval des bassins versants. Une des clefs pour une décision éclairée est la disponibilité de données fiables sur le niveau des ressources et la dynamique d'approvisionnement ainsi que sur les postes de consommation.

Dans ce contexte, il est essentiel de disposer d'un réseau de capteurs permettant une surveillance continue des ressources et de leur évolution, en fonction de la météorologie et des usages. Le nombre de capteurs doit être suffisant pour mailler les relevés, et leur pérennisation donne accès à des historiques longs, indispensables pour qualifier les seuils de débit. Depuis cinq ans, les acteurs académiques du site clermontois ont développé une chaîne opérationnelle grâce à laquelle des nœuds communicants transmettent à l'aide d'un protocole de communication ouvert et sécurisé (LoRa) des données de capteurs de tous types jusqu'à un *cloud* hébergé au mésocentre Clermont-Auvergne [3]. Cette chaîne est déployée aujourd'hui pour les besoins de surveillance environnemental, et l'objectif de ce post-doctorat est d'explorer son extension grâce à des approches innovantes à la gestion de l'eau sur l'ensemble du bassin versant de l'Allier.

Le travail demandé concerne principalement le développement d'un réseau de capteurs sans fil pour l'acquisition, la collecte et l'analyse des données sur la qualité de l'eau, ainsi que la mise en place de protocoles de communication sobres en énergie, fiables et sécurisés pour assurer le bon fonctionnement de la plateforme à l'échelle du bassin versant. Les principales missions attenantes au poste proposé sont :

- Participer à l'animation de la communauté d'utilisateurs [1] de ce réseau de capteurs. Les utilisateurs incluent des spécialistes de la surveillance des ressources en eau, des spécialistes de la gestion des données, et des spécialistes des capteurs et réseaux de capteurs [2].
- Participer au développement et au déploiement de ce réseau de capteurs.
 - Analyser le cahier des charges de la surveillance continue des niveaux d'eau et des débits pour une gestion durable, et évaluer le nombre de capteurs suffisants. Cette analyse sera faite conjointement avec des spécialistes de la surveillance des ressources en eau.
 - Etudier des solutions techniques innovantes pour répondre aux enjeux de suivi hydrologique à l'échelle du bassin versant, notamment l'utilisation de réseaux longue distance (LoRaWAN – modulation LoRa) et satellites (LoRaWAN – modulation LR-FHSS). En effet de nouvelles technologies et infrastructures de communication

satellites bas coût (quelques dizaines d'euros d'équipement et quelques euros d'abonnement mensuel) et faible consommation (autonomie de plusieurs mois) portées par le secteur de l'Internet-des-Objets (IoT) se développent et deviennent accessibles. Ce type de communication devrait permettre de répondre aux enjeux de transfert des données des capteurs autonomes et isolés dans l'environnement, souvent inaccessibles via les moyens de communication terrestres. Ces technologies semblent donc particulièrement prometteuses pour l'instrumentation d'un vaste territoire comme celui du bassin versant de l'Allier, mais la qualité de service réelle obtenue doit être évaluée sur le terrain.

- Etudier les performances du réseau déployé, afin de pouvoir proposer aux utilisateurs finaux une bonne qualité de service.
- Mettre en place la collecte de données le long de cours d'eau grâce à des réseaux de communication linéaires, et évaluer la qualité de service d'un tel réseau linéaire. Si le principe de ce type de topologies a été largement étudié et documenté, peu d'implémentations effectives et opérationnelles sur site sont reportées dans la littérature au-delà de simples preuves de concept.
- Etudier les possibilités d'intégration d'intelligence artificielle aux différents niveaux de la chaîne de collecte et de traitement des données.

Les travaux menés conduiront à la soumission d'articles scientifiques dans des conférences internationales de très bons rangs, et dans des journaux internationaux de très bons niveaux.

Plusieurs déplacements sur le terrain seront organisés.

Compétences requises :

- Compétences humaines : autonomie, travail en équipe, travail sur le terrain.
- Compétences scientifiques : anglais.
- Compétences techniques : réseaux sans fil, connaissance de LoRa et de LoRaWAN, programmation embarquée, programmation en C et C++, programmation dans un langage de script (ex : Python), architecture des microcontrôleurs.

Des compétences en intelligence artificielle seront considérées comme un atout.

Salaire : environ ### euros bruts par mois

Lieu : Campus Universitaire des Cézeaux, Avenue Blaise Pascal, 63 170 Aubière

Encadrement : Laure Moiroux (laboratoire TSCF - INRAE), Laurent Royer (laboratoire LPC – CNRS), Alexandre Guitton (laboratoire LIMOS – CNRS)

Contacts : laure.moiroux@inrae.fr, laurent.royer@clermont.in2p3.fr, alexandre.guitton@uca.fr

Contexte : le projet CPER IDEAL

Le projet IDEAL (de l'intelligence distribuée à l'apprentissage automatique : approches innovantes pour la gestion des données massives de la recherche) est un projet clermontois centré sur la conception de détecteurs, la gestion et l'analyse de données massives. Ce projet s'intéresse à la fois à des questions fondamentales mais aussi appliquées, en particulier dans le cadre de grands projets dans les domaines de l'environnement et de l'agriculture, de la santé et celui de la cosmologie/physique des particules.

Le site clermontois est ainsi l'un des premiers sites universitaires en France sur lequel une plate-forme instrumentale de réseau de capteurs sans fil est déployée pour l'ensemble des acteurs. Développée notamment pour les besoins de surveillance des agroécosystèmes, elle propose une chaîne opérationnelle grâce à laquelle des nœuds communicants transmettent à l'aide d'un protocole de communication ouvert et sécurisé (LoRa) des données de capteurs de tous types jusqu'à un *cloud* hébergé au mésocentre Clermont-Auvergne.

S'appuyant sur ces solides fondements, l'objectif du projet IDEAL est de maîtriser la chaîne complète de collecte et de traitement de données, du capteur à l'apprentissage automatique, en se concentrant sur quatre champs d'investigation :

- L'intelligence distribuée. L'objectif est d'améliorer la fiabilité et l'efficacité des applications en déportant le traitement des données vers les objets connectés au sein d'infrastructures auto-adaptables.
- L'optimisation énergétique de toute la chaîne de collecte et de traitement des données, depuis les objets connectés à l'infrastructure de calcul. L'objectif est d'une part de réaliser des dispositifs connectés à faibles consommation pouvant devenir autonomes grâce aux développements récents dans le domaine de la récupération d'énergie ambiante, d'autre part d'améliorer les performances énergétiques des serveurs du mésocentre grâce à des innovations logicielles.
- La gestion et l'analyse des données massives à grande échelle. De nouveaux paradigmes émergent autour de la distribution des données ou de la parallélisation massive dans le cadre de nouveaux modèles de calcul, tandis que les enjeux de qualité de données et d'incertitude de mesure restent centraux.
- L'apprentissage à partir de données de grande dimension. L'enjeu est d'étudier l'architecture de réseaux pour l'analyse de données capteurs denses et hétérogènes, pour le traitement d'images de très haute résolution, de séries temporelles, et pour l'apprentissage multimodal.

Références :

[1] « ConnecSenS : du capteur au cloud », <https://www.uca.fr/recherche/presentation/lactualite-scientifique/institut-des-sciences/connecsens-%C2%AB-du-capteur-au-cloud-%C2%BB-linternet-des-objets-au-service-de-lenvironnement>

[2] <https://www.connecsens.org/>

[3] Moiroux-Arvis, L. ; Royer, L. ; Sarramia, D. ; De Sousa, G. ; Claude, A. ; Latour, D. ; Voldoire, O. ; Chardon, P. ; Vandaële, R. ; et al. ConnecSenS, a Versatile IoT Platform for Environment Monitoring: Bring Water to Cloud. Sensors 2023, 23, 2896. <https://doi.org/10.3390/s23062896>