

Gestion intelligente et automatisée de la qualité de l'eau d'un aquarium scientifique

Dans les centres de recherche en biologie aquatique, les poissons vivent dans des aquariums scientifiques éloignés de leur habitat naturel, les rendant sensibles aux variations des paramètres d'eau, ce qui réduit leur durée de vie. Ce constat m'a motivé à concevoir un système de surveillance et de régulation adapté.

Le sujet est étroitement lié au thème «cycles et boucles ». En effet, il repose sur une boucle fermée de surveillance et de régulation, les capteurs collectent en continu les données, qui sont ensuite analysées pour ajuster automatiquement les paramètres. Ce cycle permanent assure un équilibre stable et durable.

Le candidat atteste avoir travaillé en groupe.

Liste des membres du groupe :

- EL IDRISSI Zakariae

Positionnement thématique (ÉTAPE 1) :

- SCIENCES INDUSTRIELLES (Génie Energétique)
- SCIENCES INDUSTRIELLES (Génie Mécanique)
- INFORMATIQUE (Informatique pratique)

Mots-clés (ÉTAPE 1) :

Mots-clés (en français) Mots-clés (en anglais)

Régulation automatique Automatic regulation

Surveillance en temps réel Real-time monitoring

Température de l'eau Water temperature

Turbidité Turbidity

Qualité de l'eau Water quality

Bibliographie commentée

La surveillance de la **qualité de l'eau** est un enjeu crucial pour le bien-être et la survie des poissons dans un aquarium scientifique, un milieu fermé où les conditions physico-chimiques

évoluent constamment. Des études montrent que **la température et la turbidité** influencent directement la croissance, le métabolisme et le comportement des poissons. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), la température de l'eau et la clarté de l'eau, liée à la turbidité, sont des indicateurs fondamentaux de la qualité de l'environnement aquatique [1]. Des valeurs de température comprises entre 23 °C et 28 °C, associées à une faible turbidité (inférieure à 15 NTU), favorisent un développement stable des poissons, tandis que des variations importantes peuvent entraîner un stress physiologique, une baisse d'activité et une vulnérabilité aux maladies et à la mortalité [2].

Pour assurer des conditions de vie stables aux poissons, il est indispensable de **mesurer et réguler** automatiquement la température de l'eau. La température influence directement le métabolisme, la croissance et le système immunitaire des poissons. Selon plusieurs études en aquaculture, une variation thermique supérieure à 2–3 °C sur une courte durée peut provoquer un stress physiologique important, augmentant le risque de maladies et de mortalité [2]. La plupart des espèces d'eau douce tropicales nécessitent une température comprise entre 24 °C et 28 °C, avec une stabilité élevée. Un système de régulation en **boucle fermée**, basé sur un capteur de température numérique, permet d'ajuster automatiquement le chauffage ou le refroidissement afin de maintenir l'eau dans une plage optimale. Ce principe est largement utilisé dans les systèmes industriels et domotiques pour garantir une régulation fiable [3].

La turbidité de l'eau constitue un autre paramètre clé de la qualité de l'environnement aquatique. Elle traduit la présence de particules en suspension, telles que les déchets organiques ou les micro-algues. Une turbidité élevée réduit la pénétration de la lumière, perturbe l'alimentation et favorise la prolifération bactérienne. Des travaux scientifiques montrent qu'une augmentation durable de la turbidité peut réduire l'efficacité de l'oxygénation et altérer le comportement des poissons [4]. L'utilisation d'un capteur de turbidité optique permet de détecter en temps réel toute dégradation de la qualité de l'eau. Lorsque la valeur mesurée dépasse un seuil critique, le système déclenche automatiquement **une pompe associée à un dispositif de filtration**, rétablissant ainsi la clarté de l'eau. Cette stratégie optimise la consommation énergétique, car la filtration n'est activée que lorsque cela est nécessaire, tout en prolongeant la durée de vie des équipements [5].

Enfin, du point de vue **structurel et mécanique**, un aspect fondamental d'ingénierie du système concerne le dimensionnement mécanique de l'aquarium. L'eau exerce une pression hydrostatique croissante avec la profondeur, ce qui impose des contraintes importantes sur les parois. Une étude de **résistance des matériaux** permet de déterminer l'épaisseur minimale du verre ou du matériau choisi en fonction du volume et de la hauteur d'eau, afin d'éviter toute déformation ou rupture. L'ensemble du système est piloté par un microcontrôleur, qui centralise les mesures des capteurs et commande les actionneurs. Cette architecture modulaire facilite la maintenance et permet l'évolution future du dispositif.

Des publications scientifiques sur des systèmes IoT pour l'aquaculture, telles que MDPI Sensors et des projets scientifiques sur ScienceDirect, confirment que la combinaison de capteurs adaptés, de microcontrôleurs et de traitements algorithmiques permet de fiabiliser la mesure des

paramètres et d'automatiser la régulation. Cette approche réduit les erreurs, filtre le bruit et assure une interprétation correcte des variations, garantissant ainsi un environnement stable et favorable aux poissons.

En conclusion, ce projet montre l'application des sciences industrielles à la biologie grâce à la conception d'un aquarium intelligent assurant la gestion automatique d'un micro-écosystème. Il utilise des capteurs et un microcontrôleur pour créer un système fiable, automatisé et adapté à la gestion durable des milieux aquatiques artificiels.

Problématique retenue

Comment concevoir un système automatique fiable capable de maintenir en temps réel les paramètres vitaux d'un aquarium et assurer aux poissons des conditions de vie optimales, en garantissant en permanence la qualité de l'eau nécessaire à leur bien-être et en contribuant ainsi à prolonger leur durée de vie.

Objectifs du TIPE du candidat

- Mesurer et réguler la température de l'eau.
- Surveiller la turbidité et filtrer afin d'assurer une eau claire.
- Dimensionner et choisir le matériau de l'aquarium.
- Réaliser une interface de communication avec l'utilisateur
- Réalisation d'un prototype

Références bibliographiques (ÉTAPE 1)

- [1] KAISHENG ZHANG : Water Quality Impact on Fish Behavior: A Review From an Aquaculture Perspective : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/raq.12985>
- [2] CLAUDE E. BOYD : Water Quality Requirements for Aquaculture : <https://www.fao.org/3/T8598E/T8598E00.htm>
- [3] ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS : Real-Time Water Quality Monitoring and Control Systems in Aquaculture : <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/water-quality-monitoring>
- [4] CAPTEURS JOURNAL – MDPI : Water Quality Monitoring Using Sensors and IoT Systems : <https://www.mdpi.com/1424-8220>
- [5] BOQUWATER : Comment fonctionne un capteur de turbidité : <https://www.boquwater.com/fr/a-how-does-a-turbidity-sensor-work.html>

DOT

[1] : En avril 2025, après la publication du thème de TIPE « Cycle et Boucle », j'ai abandonné le sujet sur lequel je m'étais entraîné aux différentes étapes du TIPE. Après plusieurs réflexions et analyses, j'ai choisi d'étudier un système intelligent de surveillance de la qualité de l'eau.

[2] : Durant les mois de mai et juin 2025, nous avons élaboré la motivation et formulé la problématique de notre sujet. Nous avons ensuite établi les exigences fonctionnelles du système, fixé les objectifs à atteindre pour répondre à la problématique et élaboré le cahier des charges.

[3] : Au cours du mois d'octobre 2025, nous avons effectué des recherches bibliographiques approfondies et étudié divers rapports et articles scientifiques relatifs à notre sujet. Ces travaux nous ont permis de préciser l'intérêt de l'étude, de rédiger la motivation, puis d'élaborer le cahier des charges à l'aide de diagrammes SysML.

[4] : En novembre 2025, après une analyse approfondie du système, nous avons réparti les différentes tâches du projet et organisé le travail en deux parties complémentaires, adaptées aux contributions de chacun.

[5] : Durant les mois de décembre 2025 et janvier 2026, j'ai choisi les capteurs de température et de turbidité les plus adaptés aux besoins du système. J'ai ensuite testé leur fonctionnement et développé le programme d'acquisition des données.

[6] : En février 2026, j'ai réalisé des simulations de flux sous SolidWorks afin d'étudier la propagation de l'eau chaude et de l'eau froide dans la cuve et de garantir un mélange homogène. J'ai également effectué une étude de dimensionnement de la cuve en verre.

[7] : En mars 2026, nous avons acheté le matériel nécessaire à la réalisation du prototype. J'ai ensuite mené plusieurs expériences afin de valider la fiabilité des mesures obtenues, puis affiné l'algorithme de traitement pour améliorer les performances du système.

[8] : Durant les mois mai et juin 2026, j'ai ajouté une interface de communication entre l'utilisateur et le système, puis rédigé le programme de fonctionnement. J'ai également finalisé la présentation de mon sujet de TIPE.