

Chapitre 2 : Acquisition et structuration des données expérimentales

2.1 Introduction

L'acquisition des données expérimentales constitue la première étape opérationnelle permettant de relier un phénomène physique réel à une représentation numérique exploitable. Dans les systèmes électrotechniques dédiés à la production, à la conversion et au stockage de l'hydrogène vert, cette étape ne se limite pas à une simple mesure, mais représente une opération scientifique complexe impliquant des considérations métrologiques, instrumentales, environnementales et informatiques.

Une erreur introduite lors de l'acquisition — qu'elle soit liée au choix du capteur, à la fréquence d'échantillonnage, au bruit ambiant ou à une mauvaise structuration des données — se propage inévitablement dans toutes les étapes ultérieures de traitement et peut compromettre la validité scientifique des résultats.

Ainsi, ce chapitre présente de manière détaillée la chaîne complète d'acquisition, les paramètres critiques à considérer, ainsi que les méthodes rigoureuses de structuration et d'organisation des données dans le contexte spécifique des systèmes d'hydrogène vert.

2.2 Chaîne complète d'acquisition des données

L'acquisition des données repose sur une chaîne fonctionnelle allant du phénomène physique à la donnée numérique.

2.2.1 Grandeurs physiques mesurées

Dans les installations d'hydrogène vert, les grandeurs mesurées sont multiphysiques :

- grandeurs électriques : tension, courant, puissance, harmoniques,
- grandeurs thermiques : température des cellules, dissipateurs, ambiance,
- grandeurs mécaniques : vibrations des compresseurs et pompes,
- grandeurs chimiques : pression, débit, pureté de l'hydrogène,
- grandeurs environnementales : humidité, température ambiante.

2.2.2 Capteurs et transducteurs

Le choix du capteur dépend de la nature du signal et des conditions d'utilisation :

- capteurs à effet Hall pour les courants élevés,
- sondes PT100 et thermocouples pour la température,
- capteurs piézoélectriques pour les vibrations,

- capteurs de pression résistifs ou capacitifs,
- débitmètres massiques pour l'hydrogène.

Leur précision, bande passante et robustesse conditionnent directement la qualité des données.

2.2.3 Conditionnement analogique du signal

Le signal issu du capteur doit être conditionné par :

- amplification,
- filtrage anti-repliement,
- adaptation d'impédance,
- isolation galvanique.

2.2.4 Conversion analogique–numérique (CAN)

Les paramètres du CAN (résolution, fréquence, linéarité) déterminent la fidélité de la numérisation.

2.2.5 Systèmes d'acquisition, bus de terrain et supervision

Les données sont collectées via :

- cartes DAQ,
- automates PLC,
- bus industriels (CAN, Modbus, Profibus),
- systèmes SCADA pour la supervision en temps réel.

2.3 Paramètres critiques de l'acquisition

Fréquence d'échantillonnage

Doit respecter Nyquist et être adaptée aux transitoires rapides des convertisseurs.

Résolution

Impacte la finesse de représentation des variations faibles.

SNR

Conditionne la qualité de l'analyse fréquentielle et statistique.

Synchronisation temporelle

Indispensable pour l'analyse des corrélations multiphysiques.

2.4 Contraintes environnementales spécifiques aux installations d'hydrogène vert

Les environnements d'hydrogène vert imposent :

- humidité élevée,
- présence d'hydrogène sous pression,
- perturbations électromagnétiques,
- vibrations mécaniques continues,
- variations thermiques importantes.

Ces contraintes influencent fortement le choix des capteurs et la fiabilité des mesures.

2.5 Instrumentation industrielle et protocoles de communication

Les systèmes modernes utilisent :

- SCADA pour la supervision,
- protocoles Modbus, CAN, Ethernet industriel,
- multiplexeurs pour gérer plusieurs capteurs,
- enregistreurs de données haute capacité.

2.6 Synchronisation et acquisition multiphysique

L'analyse conjointe des phénomènes électriques, thermiques et mécaniques nécessite une synchronisation précise des acquisitions.

2.7 Structuration scientifique et organisation des données

Formats de stockage

CSV, MAT, HDF5, bases de données industrielles.

Nomenclature des fichiers

Incluant type de signal, condition expérimentale, date, configuration.

Métadonnées

Paramètres d'acquisition, capteur, environnement, opérateur.

2.8 Contrôle qualité et validation initiale des données

- détection des valeurs aberrantes,
- gestion des données manquantes,
- vérification de la cohérence temporelle.

2.9 Gestion du volume de données : Big Data industriel

Les systèmes de supervision génèrent de grands volumes nécessitant :

- archivage structuré,
- compression,
- edge computing,
- stockage long terme.

2.10 Sécurité et intégrité des données

- sauvegardes redondantes,
- protection contre les pertes,
- cybersécurité industrielle.

2.11 Conclusion

L'acquisition et la structuration des données expérimentales constituent une étape scientifique déterminante dans les systèmes d'hydrogène vert. La complexité multiphysique, les contraintes environnementales et la nécessité d'une exploitation fiable imposent une méthodologie rigoureuse intégrant instrumentation, métrologie, structuration, traçabilité et sécurité des données. Ces éléments forment la base indispensable pour les étapes ultérieures de prétraitement et d'analyse avancée qui seront abordées dans le chapitre suivant.