



**La Revue 3E.I**  
Publication trimestrielle  
de la SEE

**SOCIÉTÉ de l'ELECTRICITÉ, de l'ELECTRONIQUE  
et des TECHNOLOGIES de l'INFORMATION  
et de la COMMUNICATION.**

17, rue de l'Amiral Hamelin, 75116 PARIS  
Tél : 01 56 90 37 17  
[www.see.asso.fr](http://www.see.asso.fr)

SEE, association reconnue d'utilité publique par le décret du 7 décembre 1886  
Siret 785 393 232 00042, APE 9412 Z, n° d'identification FR 44 785 393 232

Hébergé par :

**Culture Sciences  
de l'Ingénieur**

4 avenue des Sciences, 91190 Gif sur Yvette  
tel : 01 81 87 55 22  
<https://eduscol.education.fr/sti/si-ens-paris-saclay>

# La Revue 3E.I

**3E.I : Enseigner l'Electrotechnique et l'Electronique  
Industrielle**

La Revue 3E.I, Édition SEE,  
17 rue de l'Amiral Hamelin  
75116 PARIS

Directeur de la publication  
François GERIN  
Président de la SEE

Rédacteur en Chef  
Franck LE GALL

Adresser les propositions d'article à :  
[revue3ei@gmail.com](mailto:revue3ei@gmail.com)

Communication :  
Mme. Mélanie DE LASSENCE  
[Communication1@see.asso.fr](mailto:Communication1@see.asso.fr)  
01 56 90 37 17

Dépôt Légal : juin 2024  
ISSN 1252-770X

## Comité de publication

Morgan ALMANZA (ENS Paris-Saclay)  
Hamid BEN AHMED (ENS Rennes)  
Arnaud BRUGIER (IUT GIM Saint-Denis)  
François COSTA (SATIE UMR 8029, UPEC)  
Hervé DISCOURS (IUT GEII Cachan)  
Jean-Michel GAY (Retraité STI2D-BTS ET Versailles)  
Hélène HORSIN-MOLINARO (Culture Science de  
l'Ingénieur)  
Jean-Philippe ILARY (IUT GEII Ville-d'Avray)  
Anthony JUTON (ENS Paris-Saclay)  
Franck LE GALL (ISEN Brest)  
Ingrid MININGER (BTS CIEL ER Cachan)  
Emmanuel MONNOT (STI2D Versailles)  
Abir REZGUI (ESIEE Paris)  
Magali SAUVERGEAT (BTS CIEL IR Arpajon)  
Jean-François SERGENT (Retraité Univ Lille)

## Sommaire du n° 112

p. 2 *Éditorial*

### **Thème : Cybersécurité des systèmes industriels (partie 2)**

#### **Cybersécurité des systèmes automatisés industriels**

p. 4 *Louis Lalay, « OPC UA, un protocole sécurisé pour l'automatisme industriel  
Mise en œuvre d'un serveur OPC UA sécurisé et de sa supervision »*

#### **Cybersécurité des objets connectés**

p.27 *Maxime Secheyay, « Sécurité du protocole LoRaWAN »*

p. 34 *Maxime Secheyay, « Sécurité de ZigBee »*

### **Thème : Innovations en cours en électronique de puissance (partie 2)**

p. 41 *Modar Jomaa et al., « Choix d'une topologie de conversion adaptée à un  
système de dégivrage piézoélectrique »*

p. 53 *Adrien Voltaire, « Conception des onduleurs de tension : Comparaison entre une  
structure classique et une structure multiniveau NPC »*

### **Hors Thème :**

p. 71 *Rania Bennami et al., « Apprentissage par renforcement et transfert simulation  
vers réalité pour la conduite de voitures autonomes »*

p. 101 *Arnaud Sivert et al. « Gestion de la Charge de Batteries Lithium (BMS) »*