



# SOCIÉTÉ de l'ELECTRICITE, 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  
site web : [www.see.asso.fr](http://www.see.asso.fr)

**La Revue 3EI**  
publication trimestrielle  
de la SEE

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

## 3EI : Enseigner l'Electrotechnique et l'Electronique Industrielle

<p><b>La Revue 3EI, Édition SEE,</b> 17 rue de l'Amiral Hamelin 75116 PARIS</p> <p><b>Directeur de la publication</b> François GERIN Président de la SEE</p> <p><b>Rédacteur en Chef</b> Franck LE GALL</p> <p><b>Adresser les propositions d'article à :</b> <a href="mailto:revue3ei@gmail.com">revue3ei@gmail.com</a></p> <p><b>Communication :</b> Mme. Mélisande DE LASSENCE <a href="mailto:Communication1@see.asso.fr">Communication1@see.asso.fr</a> 01 56 90 37 17</p> <p><b>Promotion et Abonnements :</b> (4 numéros par an) Janvier, Avril, Juillet, Octobre. Tél : 01 56 90 37 17 <a href="mailto:abo@see.asso.fr">abo@see.asso.fr</a></p> <p><b>Tarifs 2022 :</b></p> <p>Version PAPIER :</p> <p>France et UE (TTC) ..... 40,00 € Pays hors UE (HT) ..... 49,18 €</p> <p>Version NUMERIQUE :</p> <p>France et UE (TTC) ..... 30,00 € Pays hors UE (HT) ..... 29,38 €</p> <p>Version DUO (Papier+Num.) :</p> <p>France et UE (TTC) ..... 50,00 € Pays hors UE (HT) ..... 58,97 €</p> <p><b>Impression :</b> Dupliprint 733 rue Saint-Léonard 53100 Mayenne Tel : 02 43 11 09 00 Couv : O.P. : All. – TFR : 0 – C. : PEFC Corp. : O.P. : Esp. – TFR : 0 – C. : PEFC</p> <p>Dépôt Légal : Juillet 2022 Commission Paritaire 1222 G 78028 ISSN 1252-770X</p>	<p style="text-align: right;">Sommaire du n° 109</p> <p>p. 2 <i>Éditorial,</i></p> <p><b>Thème : Intelligence Artificielle et Génie Electrique</b></p> <p>p. 3 <i>Introduction à l'apprentissage par renforcement</i> Anthony Juton, Valentin Noël, Rida Lali</p> <p>p. 16 <i>Séries temporelles et réseaux de neurones récurrents</i> Valentin Noël</p> <p>p. 22 <i>Introduction aux bibliothèques Gym et Stable Baselines pour l'apprentissage par renforcement</i> Guénolé Chérot, Augustin Godinot</p> <p>p. 25 <i>Apprentissage par renforcement de la conduite d'un véhicule sur Airsim</i> Ludovic de Matteis, Saša Radosavljevic</p> <p>p. 31 <i>Intégrer les connaissances physiques dans les réseaux de neurones : application à l'apprentissage de lois de comportement matériaux à partir de mesures de déformation par fibres optiques</i> Antoine Bénady, Ludovic Chamoin, Emmanuel Baranger</p> <p>p. 34 <i>Détection et classification automatique des documents pour l'application kyc</i> William Ketchantang, Dimitrios Tsolakidis, Kevin Meetooa</p> <p>p. 39 <i>Introduction aux méthodes d'accélération de réseaux de neurones</i> Edouard Yvinec Arnaud Dapogny Kévin Bailly</p> <p><b>Hors Thème :</b></p> <p>p. 48 <i>Conception et développement d'une voiture autonome</i> Ayoub Karine, Maher Jridi, Rémi Adde et Sébastien Demousselle</p> <p>p. 54 <i>Conception, réalisation, et étalonnage d'une cellule d'efforts 6 axes à bas coût</i> Yan Barabinot, François Louf</p> <p>p. 61 <i>Montre connectée Projet pédagogique Bluetooth Low Energy, STM32, application smartphone Xamarin</i> Thomas Mongaillard</p> <p>p. 71 <i>Mutualisation des ressources IoT par conteneurisation de passerelle</i> Sylvain Lefebvre, Maher Jridi</p> <p>p. 76 <i>Challenge extrême défi « Véhicule faible impact » (ADEME)</i> A. Sivert, B. Vacossin, F. Betin, G. Plassat</p>
--	---

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans la présente édition, faite sans l'autorisation de l'éditeur est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées. Toutefois des copies peuvent être utilisées avec l'autorisation de l'éditeur. Celle-ci pourra être obtenue auprès du Centre Français du Droit de Copie, 20, rue des Grands Augustins, 75006 Paris, auquel la Revue 3EI a donné mandat pour la représenter auprès des utilisateurs. (loi du 11 mars 1957, art.40 et 41 et Code Pénal art. 425).

## Numéro 109 de la revue 3EI

*C'est avec grand plaisir que nous sommes retrouvés à l'ENS Paris-Saclay pour la journée 3EI 2022 dédiée à l'enseignement du GE. Les présentations qui ont généré des échanges très fructueux sont maintenant disponibles sur le lien suivant :*

*<https://eduscol.education.fr/sti/si-ens-paris-saclay/actualites/journees-3ei-der-nikola-tesla>*

*Le numéro que vous découvrez aujourd'hui fait suite à celui d'avril 2022. Il poursuit la réflexion sur « Intelligence Artificielle et Génie Electrique »*

### « Thème : IA et Génie Electrique : partie 2 »

*Dans le numéro 108 de la revue 3EI, nous avons tenté de cerner l'intelligence artificielle, notamment l'IA non symbolique basée sur les réseaux de neurones. Les milliers de paramètres de ces réseaux sont optimisés grâce à l'apprentissage automatique. Par ailleurs, l'apprentissage supervisé à partir d'un jeu de données était lui aussi introduit.*

*Dans ce nouveau numéro (109), nous présentons une autre méthode d'apprentissage, basée sur des tests, nommée apprentissage par renforcement. Cette introduction à l'apprentissage par renforcement est accompagnée de deux articles proposant des travaux pratiques sur ce sujet autour des très puissantes bibliothèques Gym et Stable Baselines. Un dernier article sur les bases de l'IA présente les réseaux de neurones récurrents utilisés pour la prédiction.*

*Enfin, deux articles présentent des utilisations de l'IA dans le domaine de la recherche (modélisation de matériaux), et celui de l'industrie (traitement automatique de documents) et un dernier article s'attarde sur les méthodes de compression de réseaux de neurones pour accélérer leur traitement ou les implanter sur des systèmes embarqués peu puissants et peu gourmands.*

### « Hors Thème »

*Les articles hors-thème sont principalement orientés vers des applications pédagogiques axées sur les projets.*

*L'équipe de l'ISEN Yncréa Ouest rassemblée autour de Maher Jridi nous propose le fruit d'un travail réalisé par des étudiants. L'objectif est de rendre autonome une maquette de voiture en permettant d'estimer la vitesse, de gérer le stationnement ou de détecter puis reconnaître des panneaux de signalisation.*

*Yan Barabinot et François Louf de l'ENS Paris-Saclay présentent eux une solution très économe pour réaliser des TP avec une cellule 6 axes. Ils développent dans leur article la conception, la réalisation et un exemple d'utilisation d'une cellule 6 axes à faible coût utilisable dans le cadre de projets pédagogiques.*

*L'article de Thomas Mongaillard élève à l'ENS de Paris-Saclay, traite d'un projet de montre connectée qui permet la transmission des données de pulsation cardiaque vers un smartphone. Il étudie dans son article les différentes étapes permettant la mise en œuvre d'une connexion Bluetooth Low Energy entre un micro-contrôleur et un smartphone puis il détaille les étapes de la programmation du microcontrôleur et le développement d'une application Android avec l'outil Xamarin pour la réception des données sur smartphone.*

*Sylvain Lefebvre et Maher Jridi, nous décrivent quant à eux la plateforme FIT IOT Lab qui est une plateforme académique ouverte pour l'enseignement ou les expérimentations en IOT. Ce travail présente une méthode de réduction du nombre de composants matériels nécessaires à un déploiement.*

*Enfin, Arnaud Sivert et son équipe nous décrivent l'« Extrême défi » de l'ADEME qui nous lance le défi suivant : Comment produire des véhicules durables, équitables et viables à moindre coût ? Etes-vous tentés par l'aventure ?*

Le Comité de Publication de la Revue 3EI

---

Faites connaître notre revue  
Vous en assurez la pérennité

---

### La Revue 3EI

#### Comité de publication

Morgan ALMANZA

Hamid BEN AHMED

Arnaud BRUGIER

Jacques COURAULT

Jean FAUCHER

Gilles FELD

Jean Michel GAY

Jean-Philippe ILARY

Anthony JUTON

Chérif LAROUCI

Marie-Michèle LE BIHAN

Franck LE GALL

Denis LABROUSSE

Pascal LOOS

Marc PETIT

Sylvain PIETRANICO

Oviglio SALA

Jean-François SERGENT

Jean-Claude VANNIER