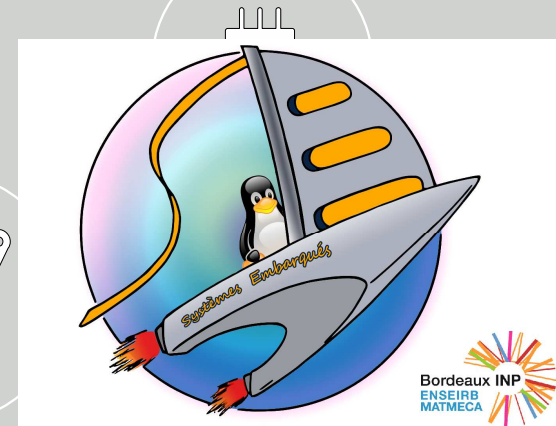


Présentation de l'option Systèmes Embarqués SE

L'option SE, le tremplin vers le monde du numérique !



2026-2027

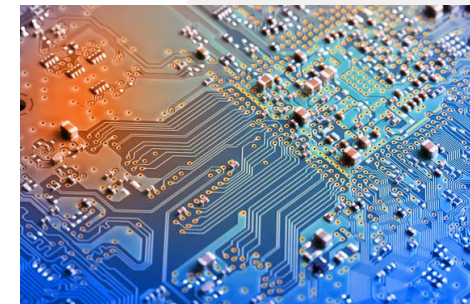
pk 05/26

Dr Ing. Patrice KADIONIK
MCF-EX-HDR

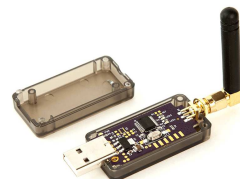
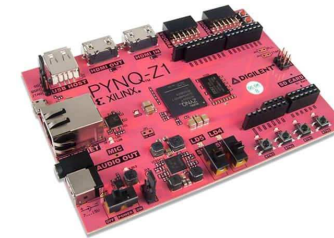
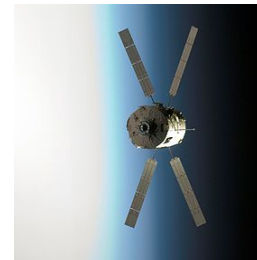
kadionik.enseirb-matmeca.fr/se/

Qu'est-ce que l'embarqué ?

- Un système embarqué est un système électronique et informatique autonome qui est dédié à une tâche bien précise.
- Le système matériel et l'application sont intimement liés et noyés dans le matériel et ne sont pas aussi facilement discernables comme dans un PC classique.



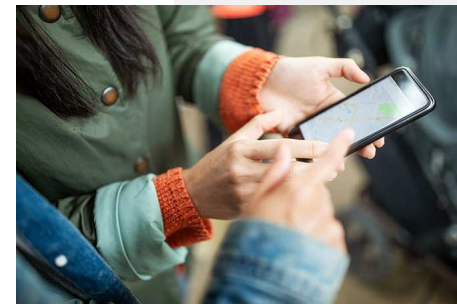
Qu'est-ce que l'embarqué ?



Qu'est-ce que l'embarqué ?

Embedded systems are everywhere!

All is embedded!



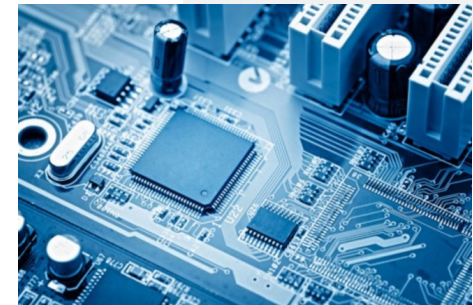
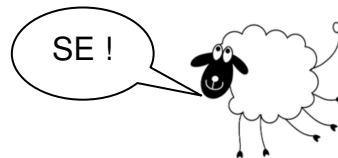
Introduction

➤ Créée en 2004, l'option **Systemes Embarqués (SE)** essaye de tenir compte de l'évolution du métier d'ingénieur électronicien dans le domaine du numérique et de l'embarqué. Il s'agit de maîtriser les technologies nécessaires (les **moyens**) au métier d'ingénieur dans l'embarqué aujourd'hui et demain.

➤ L'approche **systeme** est privilégiée.

➤ L'option SE vise ainsi l'acquisition de **compétences multiples** : matériel, logiciel, réseaux et sécurité.

Vous deviendrez le « mouton à 5 pattes » !



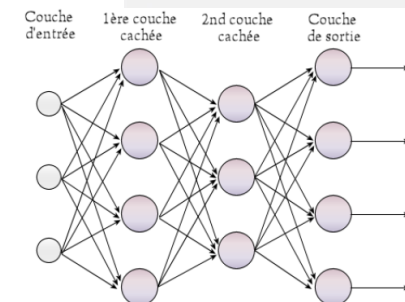
Introduction



➤ Le **fil rouge** de l'option SE est la mise en œuvre du **libre : logiciel libre et matériel libre**. Cela en fait une formation unique en France.

➤ Le contenu pédagogique de l'option SE évolue constamment pour coller au mieux aux évolutions et aux défis technologiques : IoT, IA...

➤ Nombre de places pour 2026/27 : **24 ?**



Introduction

- Ce n'est pas que l'on devient électronicien que l'on ne fait pas d'informatique.
- Alors si vous aimez l'informatique technique en général et l'informatique embarquée en particulier, l'option SE est faite pour vous !
- La plupart d'entre vous fera de l'informatique technique...



Introduction

➤ Un effort régulier est fait par l'équipe enseignante pour avoir les cours les plus à jour possibles.

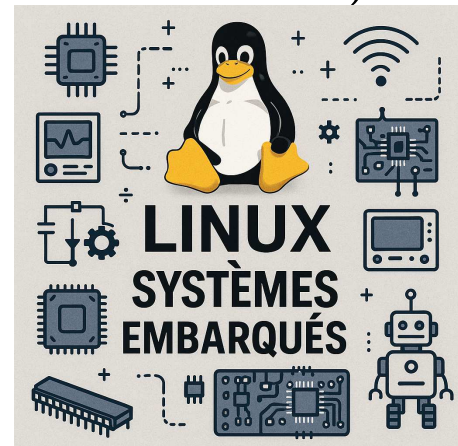
➤ Les thèmes émergents ne sont pas oubliés :

➤ Un effort particulier a été réalisé pour proposer un enseignement unique en France sur l'Intelligence Artificielle (IA) embarquée alliant :

➤ IA classique (suite de ce qui a été étudié au semestre S8).

➤ IA sur circuit FPGA. Approche par HLS.

➤ IA sur microcontrôleur : TinyML.



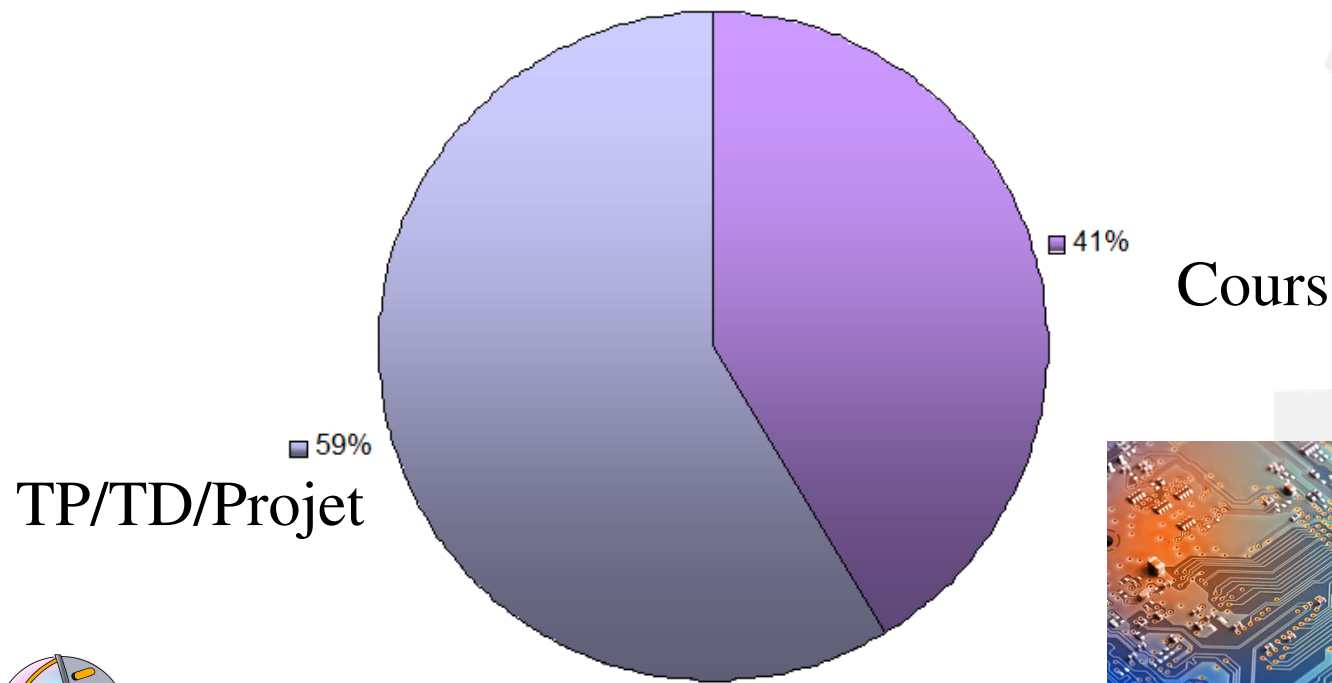
Enseignements

➤ Une part non négligeable de l'enseignement est consacrée à la pratique :

➤ Cours (**savoirs**) : 114 h

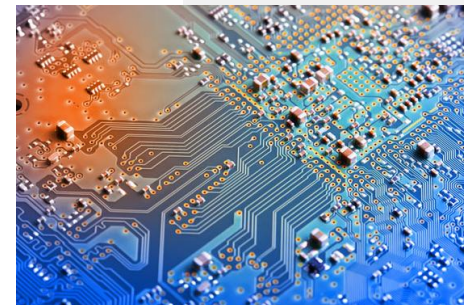
➤ TP/TD/Projet (**savoirs faire**) : 166 h

280 h de présentiel



Cours

TP/TD/Projet



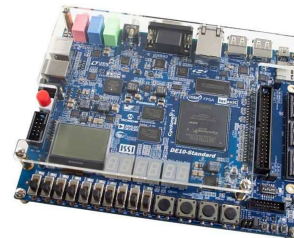
Architecture matérielle et conception conjointe

UE A	INTITULÉS	ECTS
EEL9- NUME2	Conception conjointe matérielle/logicielle. Matériels libres pour l'embarqué	2
EEL9- NUME1	Flot de conception numérique avancée	2
EEL9- NUP1	Calcul haute performance pour les systèmes embarqués	2

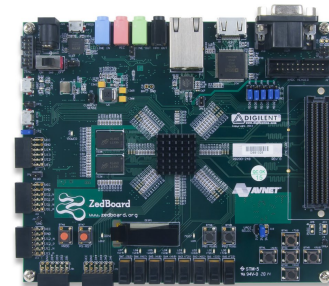
- ME357 : codesign, VHDL, FPGA, Xilinx, Intel, Vivado, Quartus Prime, Linux, Xenomai, PC sous Linux, carte Intel DE10-Standard, carte Xilinx ZedBoard
- EN325 : électronique numérique, conception conjointe, modélisation de systèmes, FPGA, High-Level Synthesis, HLS, Vivado, Vitis HLS, Vitis
- SE301 : parallélisme, SIMD, processeur x86, OpenMP, CPU, GPU



DE10-Standard



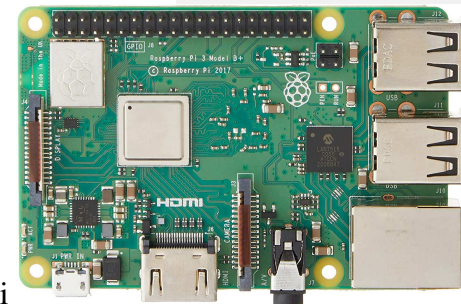
ZedBoard



Architecture logicielle et systèmes d'exploitation

UE B	INTITULÉS	ECTS
EEL9- NUMP2	Systèmes embarqués. Logiciels libres pour l'embarqué	2
EEL9- NUMR1	Systèmes d'exploitation Temps Réel	2
EEL9- NUMP3	Outils de construction pour l'embarqué	2

- IT363 : systèmes embarqués, Linux, Linux embarqué, IoT, HTTP, MQTT, LoRa, LoRaWAN, PC sous Linux, carte Raspberry Pi, carte Raspberry Pi Pico W
- IT332 : systèmes Temps Réel, μ C/OS II, Linux, PREEMPT-RT, Xenomai, programmation Temps Réel, API POSIX, PC sous Linux, carte Blackfin, carte Raspberry Pi
- IT394 : build systems, Linux, Buildroot, Yocto, qemu, PC sous Linux, carte Raspberry Pi



Réseaux et sécurité des systèmes

UE C	INTITULÉS	ECTS
EEL9- NUMR3	Réseaux et services	1.5
EEL9- NUMR2	Internet des objets	2
EEL9- NUME3	Sécurité matérielle	1
EEL9- NUMR4	Cybersécurité et cryptographie	1.5

RE304 : architecture des réseaux, évolutions d'Internet, accès au canal de communication, interconnexion des réseaux, QoS

IT352 : réseaux de capteurs, Internet des objets (IoT), MCU/MPU, ARM, Cortex-M, GPIO, IRQ, Timer, UART, I2C, SPI, GPOS/RTOS, Bare Metal, 6LoWPAN. IPv4 et IPv6, TCP, UDP, MQTT, LoRa, plateforme 6TRON du CATIE

ME330 : sécurité des systèmes embarqués, sécurité matérielle, cryptographie appliquée

NEW RE305 : Cyber sécurité, architecture réseau, cloisonnement réseau, Linux, Kali Linux, cryptographie, hachage, chiffrement symétrique et asymétrique, certificats, attaques



Approfondissement

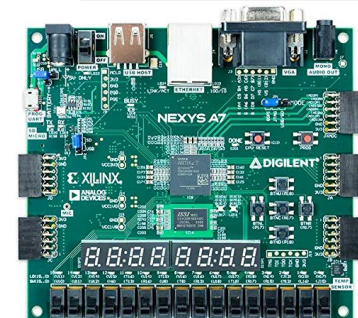
UE D	INTITULÉS	ECTS
EEL9- NUMP5	Java pour l'embarqué. Application pour l'Internet des objets	1
EEL9- NUMP6	Intelligence Artificielle pour l'embarqué	2
EEL9- NUMP4	Développement de pilotes de périphériques	1
EEL9- PRJP1	Projet avancé en Systèmes Embarqués	3

IT365 : langage Java, SDK Java, Java ME, IoT, objet connecté, PC sous Linux, carte Raspberry Pi

NEW IT398 : Intelligence Artificielle, *Machine Learning, Deep Learning, Tiny Machine Learning, Tensorflow, Keras, Tensorflow Lite, Tensorflow Lite for Micro*, CPU, GPU, FPGA, SoPC, microcontrôleur, circuits neuromorphiques, Python, C/C++, VHDL, Vitis, HLS, HLS4ML, carte Digilent Nexys A7, Arduino Nano 33 BLE Sense

IT326 : Linux, driver Linux, PC sous Linux, gadget USB

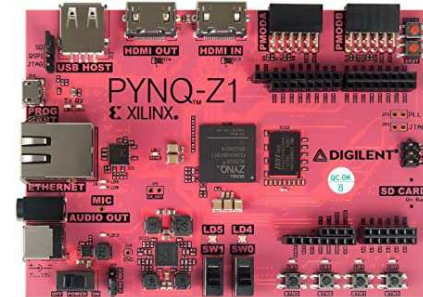
PR310 : diverses cartes et logiciels...



Nexys A7

Projet avancé

- Le projet avancé s'articule autour d'un sujet de l'embarqué. Il permet la mise en pratique (la **finalité**) des enseignements suivis :
 - Conception matérielle, codesign, HLS, FPGA...
 - Informatique embarquée, IoT, IA...
 - Traitement du signal pour l'embarqué...
- Un étudiant chef de projet coordonne une équipe de 4 étudiants.
- La soutenance se fait en anglais.



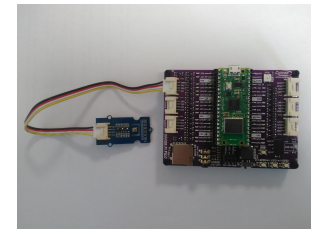
Projet avancé et PFE

➤ Liste des sujets de projet avancé 2024/25 :

- Linux embarqué : étude et mise en œuvre de Linux embarqué sur carte BeagleV
- IA embarquée : étude et mise en œuvre de TensorFlow Lite sur carte Raspberry Pi
- Concours RISC-V : extension de l'ISA pour intégrer l'opération FFT
- Conception d'un système embarqué pour piloter une barre de leds tournante

➤ Page réservée d'offres de PFE et d'offres d'emploi :

- 15 offres de stage pour 2025/26
- 28 offres de stage pour 2024/25
- 24 offres de stage pour 2023/24



Débouchés professionnels

➤ L'insertion professionnelle est rapide comme ingénieur dans les domaines de l'électronique et l'informatique embarquées :

➤ Grandes entreprises

➤ PME

➤ ESN (anciennement SSII)

➤ ENL (anciennement SSLL)

➤ La poursuite d'étude en thèse de doctorat est possible.

SSII : Société de Services en Ingénierie Informatique

ESN : Entreprise de Services du Numérique

SSLL : Société de Services en Logiciel Libre

ENL : Entreprise du Numérique Libre



Devenir des dernières promotions

➤ Promotion 24-25 (6 réponses) :

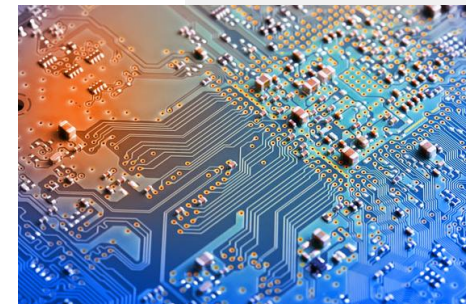
- Moyenne : 39,6 k€ bruts ($\sigma = 2,6$ k€)
- Minimum : 36,7 k€ Maximum : 42 k€
- 1 salaire à 55 k€ en Allemagne (mis hors statistiques) !!!

➤ Promotion 23-24 (4 réponses) :

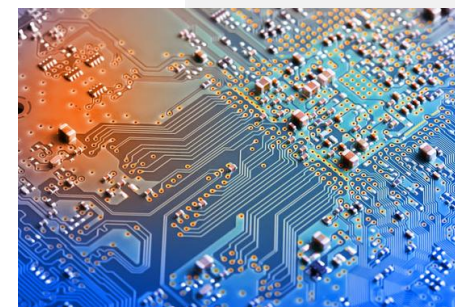
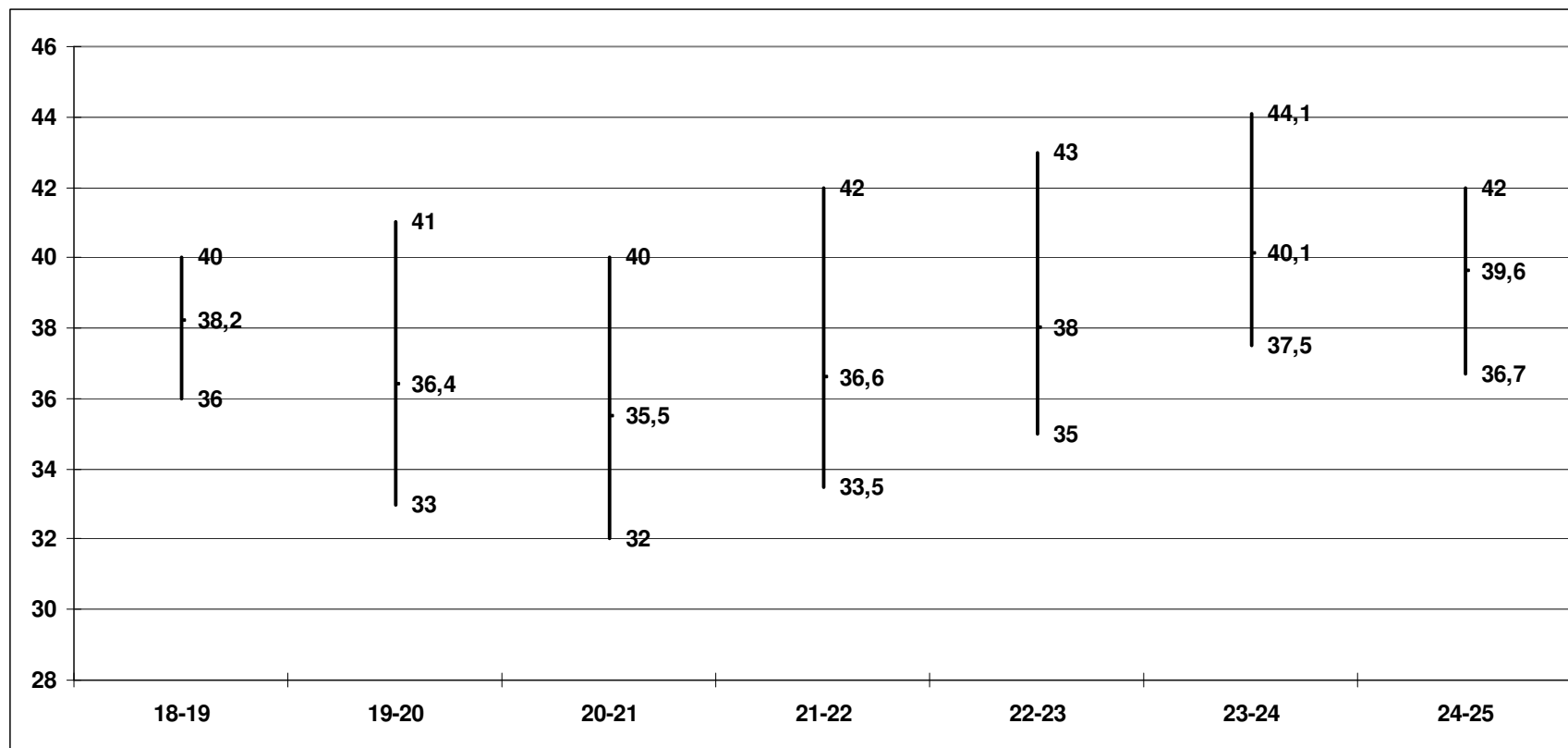
- Moyenne : 40,6 k€ bruts ($\sigma = 3,3$ k€)
- Minimum : 37,5 k€ Maximum : 44,1 k€

➤ Promotion 22-23 (11 réponses) :

- Moyenne : 38 k€ bruts ($\sigma = 2,9$ k€)
- Minimum : 35 k€ Maximum : 43 k€
- 2 salaires à 62 k€ en Allemagne (mis hors statistiques) !!!



Devenir des dernières promotions



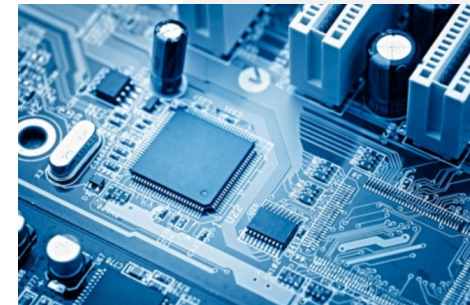
Devenir des dernières promotions

Entreprises :

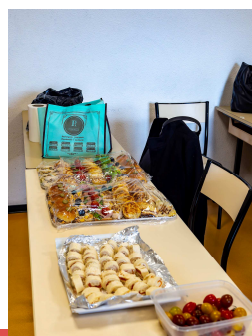
- Grands groupes : Atos, Thalès, Airbus, NXP, ARM, SNCF, Nokia, Leica...
- ESN/ENL : Capgemini, Akka Technologies, Atlantic Group, CGI, Axileo, Elsys Design, Atos, SII, Vector...
- PME : Arelis, Nalys, Celad, Axileo, Trustonic, TinyAI, BayBridgeDigital, Novasparks, Vegetal Signals, Ausy, Baylibre, Tehtris, Insight, Serma, TDM, Inetum, Hexa-H, Avisto Telecom, MBDA, Dunasys, AW2S...

Lieux de travail :

- Bordeaux, Toulouse, Brest, Valbonne, Nice, Cholet, Viré, Rosny-sous-Bois, Nice, Nantes, Sèvres, Palaiseau, Gradignan, Cagnes sur mer, Cannes, Valbonne, Paris, Gennevilliers, Bruxelles, Mannheim, München...



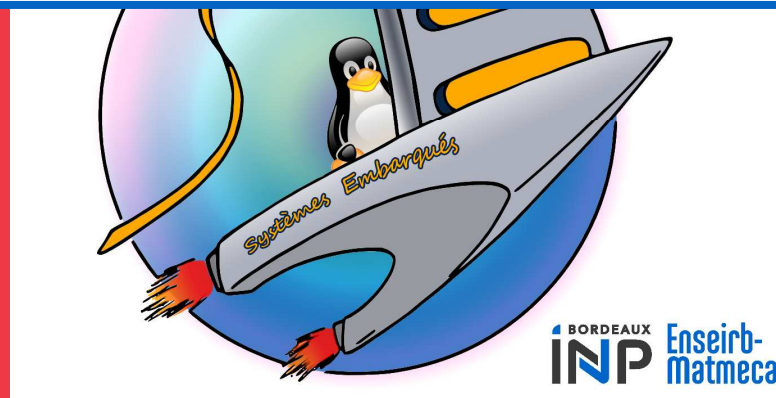
Promotion 2025/2026 et remise des prix SE



Questions ?

L'option SE, le tremplin vers le monde du numérique !

A la rentrée, intégrez la SE Academy !



kadionik.enseirb-matmeca.fr/se/

#ENSEIRB #EMMK #systèmes_embarqués #option_se #SE