

## Formation stack réseau sous Linux embarqué

Durée de la formation –

 5 demi-journées – 20 h

Langue \_\_\_\_\_

Transparents Anglais


Présentation Français  
Anglais


Formateur \_\_\_\_\_

Un des ingénieurs suivants

- Maxime Chevallier

Contact \_\_\_\_\_

 training@bootlin.com

 +33 4 84 25 80 96



### Public visé

Ingénieurs travaillant sur le support réseau de systèmes Linux embarqués.

### Objectifs opérationnels

- Être capable de comprendre la pile réseau du noyau Linux dans son ensemble et de configurer des interfaces réseau complexes
- Être capable de comprendre le cheminement des paquets réseau dans un système Linux, d'utiliser différents types de sockets, de générer et de filtrer le trafic
- Être capable d'utiliser les technologies eBPF et XDP pour améliorer le traitement du trafic réseau
- Être capable de comprendre l'architecture des pilotes réseau du noyau Linux
- Être capable de comprendre comment les PHYs Ethernet et les switches sont pris en charge dans le noyau Linux
- Être capable de diagnostiquer et de résoudre des problèmes liés au réseau bas niveau

### Prérequis

- **Expérience minimale en développement Linux embarqué** : les participants doivent avoir une compréhension minimale de l'architecture d'un système Linux embarqué : rôle du noyau Linux par rapport à l'espace utilisateur, développement d'applications espace utilisateur en C. Suivre la formation Linux embarqué de Bootlin permet de remplir ce pré-requis.
- **Expérience en développement bas-niveau sous Linux et avec les interfaces matérielles** : les participants doivent avoir une compréhension minimale de la gestion mémoire, de l'interaction avec des interfaces matérielles (registres, interruptions) et de l'interaction entre les applications user-space Linux et le noyau Linux (appels systèmes). Suivre la formation Développement de pilotes de périphériques noyau Linux de Bootlin permet de remplir ce pré-requis.
- **Niveau minimal requis en anglais : B1**, d'après le *Common European Framework of References for Languages*, pour nos sessions animées en anglais. Voir la grille CEFR pour une auto-évaluation.

### Méthodes pédagogiques

- Présentations animées par le formateur, par visioconférence. Les participants peuvent poser des questions à tout instant.
- Démonstrations pratiques réalisées par le formateur, basés sur les travaux pratiques de la formation, par vidéo-conférence. Les participants peuvent poser des questions à tout instant. Optionnellement, les participants qui ont accès aux accessoires matériels de la formation peuvent reproduire par eux-même les travaux pratiques.
- Messagerie instantanée pour questions entre les sessions (réponse sous 24h, hors week-end et jours fériés)
- Version électronique des supports de présentation, des instructions et des données de travaux pratiques. Les supports sont librement disponibles ici.

### Modalités d'évaluation

Seuls les participants qui auront assisté à l'intégralité des journées de formation, et qui auront obtenu plus de 50% de réponses correctes à l'évaluation finale recevront une attestation individuelle de formation de la part de Bootlin.

## Handicap

Les participants en situation de handicap qui ont des besoins spécifiques sont invités à nous contacter à l'adresse [training@bootlin.com](mailto:training@bootlin.com) afin de discuter des adaptations nécessaires à la formation.

## Équipement nécessaire

Équipement obligatoire :

- Ordinateur avec le système d'exploitation de votre choix, équipé du navigateur Google Chrome ou Chromium pour la conférence vidéo.
- Une webcam et un micro (de préférence un casque avec micro)
- Une connexion à Internet à haut débit

Optionnellement, si les participants souhaitant pouvoir reproduire par eux-mêmes les travaux pratiques, ils doivent acheter séparément la carte de développement et les accessoires associés, et devront disposer d'un PC avec une installation native d'Ubuntu Linux 24.04.

## Plateforme matérielle pour les travaux pratiques

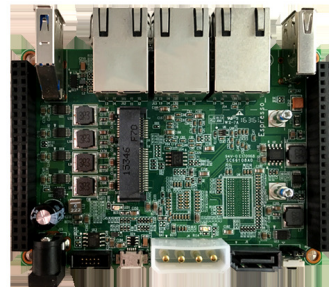
---

### Globalscale EspressoBin

---

Carte **Globalscale EspressoBin**

- SoC Marvell Armada 3720 SoC (CPU 2xARM Cortex A53)
- Switch Ethernet avec 2 interfaces Gigabit
- Interface Gigabit Ethernet additionnelle
- 1GB de RAM
- 1x interface SATA
- 1x interface USB 3.0



## Demi-journée 1

Cours	Pile réseau et interfaces réseau dans Linux	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Vue d'ensemble de la pile réseau dans le noyau Linux</li><li>▪ Qu'est-ce qu'une interface réseau, vue d'ensemble d'un <code>net_device</code></li><li>▪ Vue d'ensemble d'Ethernet, Wifi, CAN, Bluetooth, 802.15.4</li><li>▪ Interfaces réseau <i>stackées</i> et interfaces réseau virtuelles pour le VLAN, le pontage, l'agrégation (bonding)</li><li>▪ Interfaces Switchdev et DSA</li><li>▪ Interface de contrôle via <i>Netlink</i> et <i>ioctl</i></li></ul>
Démo	Configuration et mise en place des interfaces réseau	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Configuration de base avec <code>iproute2</code></li><li>▪ Création de <i>bridges</i> et d'interfaces VLAN avec <code>iproute2</code></li><li>▪ Utilisation des espaces de noms réseau (<i>network namespaces</i>) pour l'isolation et les tests des interfaces</li><li>▪ Utilisation de base de <code>tcpdump</code> et <code>wireshark</code></li><li>▪ Utilisation de <code>ethtool</code> et <code>iproute2</code> pour interroger les fonctionnalités des interfaces réseau</li></ul>

## Demi-journée 2

Cours	Parcours d'un paquet à travers la pile réseau Linux	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Découverte de l'<i>API Socket</i>, des différentes familles et types de sockets</li><li>▪ Envoi et réception de données en espace utilisateur via les sockets</li><li>▪ Utilisation de générateurs et analyseurs de trafic en espace utilisateur avec <i>Scapy</i> et <i>Wireshark</i></li><li>▪ Parcours d'un paquet dans le noyau, d'un socket jusqu'à un pilote réseau</li><li>▪ Filtrage du trafic avec <i>Netfilter</i> et <code>iptables</code></li><li>▪ Manipulation du trafic avec l'outil Traffic Control (<code>tc</code>)</li><li>▪ Contrôle de l'ordonnancement (queueing) avec <code>tc</code> pour l'optimisation des performances et le <i>Time-Sensitive Networking</i> (TSN)</li></ul>
Démo	Envoi et réception de trafic via les sockets	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Écrire un petit outil utilisant les différents types de sockets</li><li>▪ Analyser le trafic avec <code>wireshark</code> et <code>tcpdump</code></li><li>▪ Filtrer le trafic avec <i>Netfilter</i> et <code>tc</code></li><li>▪ Utiliser des générateurs de trafic et des outils de mesure de performance</li></ul>

## Demi-journée 3

Cours	eBPF pour le réseau	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Introduction à eBPF</li> <li>■ Compilation et chargement de programmes eBPF</li> <li>■ Points d'accroche BPF dans la pile réseau</li> <li>■ Introduction à XDP</li> </ul>
Démo	Écriture et utilisation d'un programme XDP	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Écrire et charger un programme XDP simple pour filtrer le trafic entrant</li> <li>■ Utiliser des maps pour configurer le filtre depuis l'espace utilisateur</li> </ul>

## Demi-journée 4

Cours	Pilotes de périphériques réseau	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Vue d'ensemble des composants matériels et interfaces utilisés dans le réseau : MAC, PHY, MII, MDI, etc.</li> <li>■ Infrastructure d'un pilote typique de contrôleur Ethernet</li> <li>■ Envoi et réception de paquets avec Napi</li> <li>■ Gestion des tampons et des files d'attente</li> <li>■ Horodatage des paquets pour le PTP</li> <li>■ Vue d'ensemble des opérations de pilote <i>ethtool</i> pour la configuration et le diagnostic</li> <li>■ <i>Offloading</i> du traitement réseau vers le matériel</li> </ul>
Démo	Configuration Ethernet avancée	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Analyse des paramètres Ethernet configurables avec <i>ethtool</i></li> <li>■ Utilisation des différentes fonctionnalités de déchargement</li> </ul>

## Demi-journée 5

Cours	Prise en charge des PHYs Ethernet et des switches	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Prise en charge des PHYs Ethernet dans le noyau avec <i>phylib</i></li> <li>■ Interaction avec les PHYs via MDIO</li> <li>■ Gestion de la connexion PHY vers MAC avec <i>phylink</i></li> <li>■ Prise en charge des switches via le framework <i>DSA</i></li> <li>■ Gestion de la configuration des switches avec <i>switchdev</i></li> </ul>
Cours	Débogage et dépannage réseau	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Analyse des performances et des pertes de paquets avec des outils de surveillance</li> <li>■ Techniques de débogage pour le dépannage des pilotes</li> <li>■ Utilisation des outils de traçage et de <i>perf</i> pour l'analyse des performances</li> <li>■ Diagnostic des problèmes liés au matériel</li> </ul>
Démo	Optimisation de la vitesse dans divers scénarios	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Diagnostiquer et optimiser la vitesse du trafic</li> <li>■ Analyser et résoudre les problèmes de latence</li> </ul>