



## Formation Comprendre la stack audio sous Linux embarqué

Durée de la formation —

⌚ 4 demi-journées – 16 h

Langue ——————

Transparents      Anglais

Présentation      Français  
                            Anglais

Formateur ——————

Un des ingénieurs suivants

- Alexandre Belloni

Contact ——————

✉️ [training@bootlin.com](mailto:training@bootlin.com)  
☎️ +33 4 84 25 80 96

### Public visé

Ingénieurs qui ont besoin d'une compréhension en détail des concepts audio, des composants matériels utilisés pour l'audio dans les systèmes embarqués et du fonctionnement de la stack audio sous Linux.

### Objectifs opérationnels

- Être capable de comprendre les bases de la théorie audio : analogique vs. numérique, échantillonage, formats audio, composants matériels audio
- Être capable de comprendre l'architecture de ASoC, le sous-système du noyau Linux pour les périphériques audio des systèmes embarqués, le rôle des différents drivers et la représentation Device Tree correspondante
- Être capable d'écrire un Device Tree décrivant la topologie des composants matériels audio dans un système Linux embarqué
- Être capable d'utiliser des possibilités de routage audio avancées, la gestion de l'énergie audio et des composants audio complexes tels que les périphériques auxiliaires et les amplificateurs
- Être capable de configurer les composants ALSA en espace utilisateur et les widgets ALSA
- Être capable de mettre en oeuvre les différentes APIs en espace utilisateur pour la lecture et l'enregistrement audio, ainsi que le serveur audio PipeWire et le framework multimedia GStreamer

### Prérequis

- Connaissance et pratique des commandes UNIX ou GNU/Linux** : les participants doivent être à l'aise avec l'utilisation de la ligne de commande Linux. Les participants manquant d'expérience sur ce sujet doivent se former par eux-mêmes, par exemple en utilisant nos supports de formation.
- 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.
- 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, par vidéo-conférence. Les participants peuvent poser des questions à tout instant.
- 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.

## Programme de la formation

### Demi-journée 1

Cours	Représentation audio numérique	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Qu'est-ce que le son ?</li><li>▪ Théorie de l'échantillonage</li><li>▪ Taille des échantillons, fréquence d'échantillonage</li><li>▪ Formats audio : I2S, LJ, RJ, DSPA, DSPB</li><li>▪ AC97</li><li>▪ IEC 61937 (S/PDIF and HDMI)</li><li>▪ PDM</li></ul>
Cours	Matériel	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Signaux</li><li>▪ Interfaces audio numériques sur les System-on-chip</li><li>▪ Interfaces audio numériques sur les codecs audio</li><li>▪ Amplificateurs</li><li>▪ Horloges et fournisseurs d'horloges</li></ul>
Cours	Le sous-système ASoC du noyau Linux	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ ASoC : le sous-système ALSA pour les System-on-chip dans le noyau Linux</li><li>▪ Description des cartes audio dans le Device Tree : <i>audio-graph-card</i>, <i>simple-audio-card</i></li><li>▪ Drivers dans le noyau Linux pour les cartes audio</li><li>▪ Drivers dans le noyau Linux pour les codecs audio</li><li>▪ Contrôles audio dans le kernel</li><li>▪ Drivers dans le noyau Linux pour les interfaces audio des System-on-chip</li></ul>

### Demi-journée 2

Cours	Mécanismes supplémentaires du noyau Linux relatifs à l'audio	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ <i>regmap</i>, <i>regcache</i></li><li>▪ Support DMA</li></ul>
Cours	Autres composants audio	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Périphériques auxiliaires, amplificateurs, muxing</li><li>▪ Détection Jack</li><li>▪ Convertisseur de fréquence d'échantillonage asynchrone</li></ul>
Cours	Routage	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Routage de flux audio</li><li>▪ DAPM : <i>Dynamic Audio Power Management</i></li></ul>

### Demi-journée 3

Cours	Espace utilisateur et configuration matérielle	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Plug-ins ALSA</li><li>▪ <i>asound.conf</i></li><li>▪ Configuration de cartes son en espace utilisateur</li></ul>
-------	--	--

Démo	Exemples de configuration de cartes audio	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Changement d'ordre des canaux audio</li> <li>▪ Séparation de canaux audio</li> <li>▪ Ré-échantillonage</li> <li>▪ Mixing</li> <li>▪ LADSPA</li> </ul>
Cours	Espace utilisateur et configuration des contrôles audio	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>amixer</i></li> <li>▪ <i>alsamixer</i></li> <li>▪ API en espace utilisateur</li> <li>▪ Sauvegarde de l'état des contrôles : <i>alsactl</i>, <i>asound.state</i></li> </ul>
Démo	Configuration des contrôles	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ TPnstration de <i>alsamixer</i></li> <li>▪ Exemples de fichiers <i>asound.state</i></li> <li>▪ Application custom</li> </ul>
Cours	Espace utilisateur : lecture et enregistrement audio	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ API de ALSA en espace utilisateur</li> </ul>

## Demi-journée 4

Cours	Résolution de problèmes	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Résolution de problèmes courants</li> <li>▪ <i>vividapm</i></li> </ul>
Démo	Résolution de problèmes	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Exemples de problèmes courants et leur résolution.</li> </ul>
Cours	Pipewire - Base	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Introduction à Pipewire</li> <li>▪ Configuration de Pipewire</li> <li>▪ Outils autour de Pipewire (<i>pwdump</i>, <i>pw-cli</i>, ...)</li> <li>▪ Gestion de session et de <i>policy</i> avec Pipewire</li> <li>▪ Modules de Pipewire et filtrage</li> <li>▪ <i>WirePlumber</i></li> </ul>
Démo	Pipewire - Configurations avancées	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lancer pipewire sur une cible embarquée</li> <li>▪ Inspecter la configuration et les propriétés</li> <li>▪ Routage dynamique et <i>patchbay</i></li> <li>▪ Utilisation des modules et de <i>Filter-Chain</i></li> </ul>
Cours	Le framework multimedia GStreamer	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>GStreamer</i></li> <li>▪ Pipelines GStreamer</li> <li>▪ Plugins GStreamer</li> </ul>
Démo	GStreamer	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lancer gstreamer sur une cible embarquée</li> <li>▪ Créer différents pipelines</li> </ul>