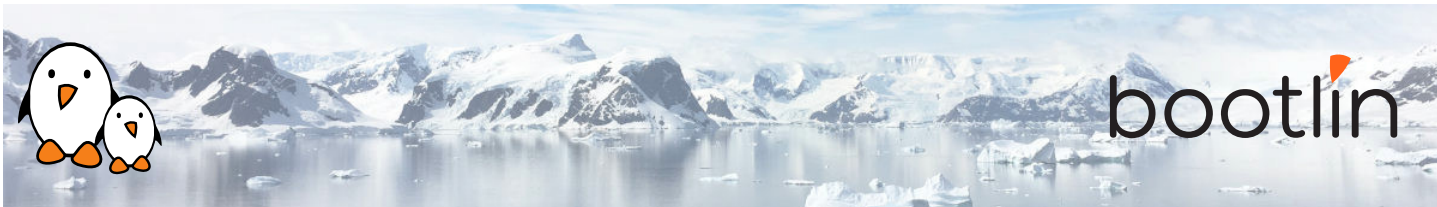




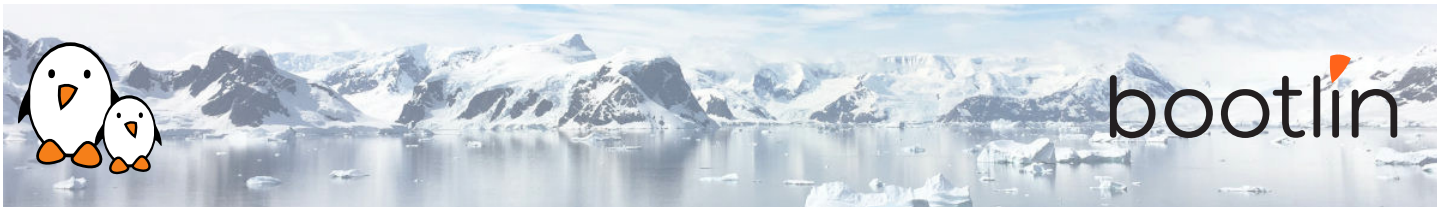
# Formation debugging, profiling, tracing et analyse de performance sous Linux

Formation sur site, 3 jours  
Dernière mise à jour : 26 April 2024

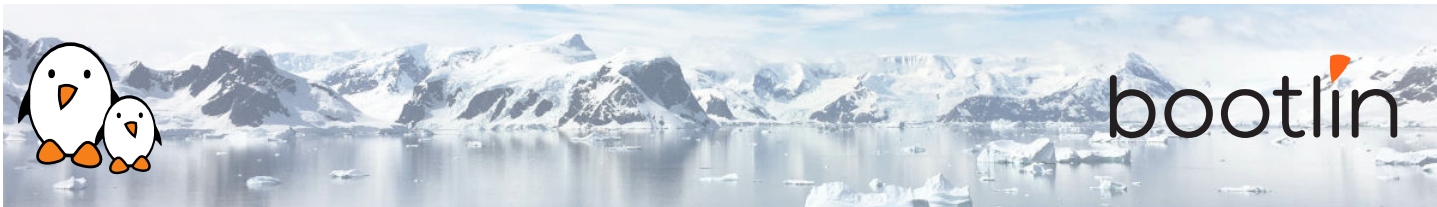
<b>Titre</b>	<b>Formation debugging, profiling, tracing et analyse de performance sous Linux</b>
<b>Objectifs opérationnels</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Être capable de comprendre les principaux concepts de Linux qui sont liés à l'analyse de performance : processus, threads, gestion de la mémoire, mémoire virtuelle, contextes d'exécution, etc.</li><li>• Être capable d'analyser pourquoi un système est chargé et quels sont les éléments qui contribuent à cette charge avec les outils usuels d'observabilité sous Linux.</li><li>• Être capable de déboguer une application espace utilisateur avec <i>gdb</i>, soit en direct soit <i>post-mortem</i> suite à un crash, et analyser le contenu de binaires ELF.</li><li>• Être capable d'utiliser le <i>tracing</i> et le <i>profiling</i> sur une application espace utilisateur et comprendre ses interactions avec le noyau Linux afin de corriger des bugs, en utilisant <i>strace</i>, <i>ltrace</i>, <i>perf</i> ou <i>Callgrind</i></li><li>• Être capable d'utiliser le <i>tracing</i> et le <i>profiling</i> le système Linux complet, en utilisant <i>perf</i>, <i>ftrace</i>, <i>kprobe</i>, les outils <i>eBPF</i>, <i>kernelshark</i> ou <i>LTTng</i></li><li>• Être capable de déboguer des problèmes au niveau du noyau Linux : debug de crash en direct ou post-mortem, analyse de problèmes mémoire au niveau noyau, analyse de problèmes de locks, utilisation de debuggers au niveau noyau.</li></ul>
<b>Durée</b>	<b>Trois jours - 24 h (8 h par jour)</b>
<b>Méthodes pédagogiques</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Présentations animées par le formateur : 40% de la durée de formation</li><li>• Travaux pratiques réalisés par les participants : 60% de la durée de formation</li><li>• Version électronique de supports de présentation, des instructions et des données de travaux pratiques. Les supports sont librement disponibles sur <a href="https://bootlin.com/doc/training/debugging">https://bootlin.com/doc/training/debugging</a>.</li></ul>



<b>Formateur</b>	Un des ingénieurs mentionnés sur : <a href="https://bootlin.com/training/trainers/">https://bootlin.com/training/trainers/</a>
<b>Langue</b>	Présentations : Français Supports : Anglais
<b>Public visé</b>	Sociétés et ingénieurs intéressés dans le debug, profiling et tracing de systèmes et d'applications Linux, afin d'analyser et résoudre des problèmes de performance ou de latence.
<b>Pré-requis</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Connaissance et pratique des commandes UNIX ou GNU/Linux</b> : 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 disponible à l'adresse <a href="https://bootlin.com/blog/command-line/">bootlin.com/blog/command-line/</a>.</li><li>• <b>Expérience minimale en développement Linux embarqué</b> : 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 <i>Linux embarqué</i> de Bootlin, disponible sur <a href="https://bootlin.com/training/embedded-linux/">bootlin.com/training/embedded-linux/</a>, permet de remplir ce pré-requis.</li><li>• <b>Niveau minimal requis en anglais : B1</b>, d'après le <i>Common European Framework of References for Languages</i>, pour nos sessions animées en anglais. Voir <a href="https://bootlin.com/pub/training/cefr-grid.pdf">bootlin.com/pub/training/cefr-grid.pdf</a> pour une auto-évaluation.</li></ul>



<b>Équipement nécessaire</b>	<b>Pour les sessions en présentiel dans les locaux de nos clients, notre client doit fournir :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Projecteur vidéo</li><li>• Un ordinateur sur chaque bureau (pour une ou deux personnes), avec au moins 8 Go de RAM et Ubuntu Linux 22.04 installé dans une <b>partition dédiée d'au moins 30 Go</b>.</li><li>• Les distributions autres que Ubuntu Linux 22.04 ne sont pas supportées, et l'utilisation de Linux dans une machine virtuelle n'est également pas supportée.</li><li>• <b>Connexion à Internet rapide et sans filtrage</b> : au moins 50 Mbit/s de bande passante en téléchargement, et pas de filtrage des sites Web et protocoles.</li><li>• <b>Les ordinateurs contenant des données importantes doivent être sauvegardés</b> avant d'être utilisés dans nos sessions.</li></ul>
<b>Modalités d'évaluation</b>	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.
<b>Handicap</b>	Les participants en situation de handicap qui ont des besoins spécifiques sont invités à nous contacter à l'adresse <a href="mailto:training@bootlin.com">training@bootlin.com</a> afin de discuter des adaptations nécessaires à la formation.



## Matériel utilisé pour les travaux pratiques

Une de ces cartes de STMicroelectronics :  
**STM32MP157A-DK1**, **STM32MP157D-DK1**,  
**STM32MP157C-DK2** ou **STM32MP157F-DK2**

- Processeur STM32MP157, double Cortex-A7, de STMicroelectronics
- Alimentée par USB
- 512 Mo DDR3L RAM
- Port Gigabit Ethernet port
- 4 ports hôte USB 2.0
- 1 port USB-C OTG
- 1 connecteur Micro SD
- Debugger ST-LINK/V2-1 sur la carte
- Connecteurs compatibles Arduino Uno v3
- Codec audio
- Divers : boutons, LEDs
- Écran LCD tactile (uniquement sur cartes DK2)



## 1<sup>er</sup> Jour - Matin

### Cours - Pile logicielle Linux

- Vue d'ensemble : comprendre l'architecture général d'un système Linux, aperçu des principaux composants
- Différence entre un processus et un thread, comment les applications fonctionnent de façon concurrente.
- Fichiers ELF et outils d'analyse associés.
- Organisation de l'espace d'adressage des applications : heap, stack, bibliothèques partagées, etc.
- MMU et gestion mémoire : espaces d'adressage physique et virtuel
- Contexte d'exécution dans le noyau : threads noyau, workqueues, interruptions, interruptions threadées, softirq



## Cours - Outils usuels d'analyse et d'observation

- Analyse d'un binaire ELF avec les outils GNU (*objdump*, *addr2line*)
- Outils pour monitorer un système Linux : processus, consommation et mapping mémoire, ressources
- Utilisation de *vmstat*, *iostat*, *ps*, *top*, *iotop*, *free* et compréhension des métriques qu'ils fournissent.
- Systèmes de fichiers virtuels : *procfs*, *sysfs* et *debugfs*

## 1<sup>er</sup> Jour - Après-midi

### Démo - Comprendre ce qui fonctionne sur un système et sa charge

- Observation des processus en cours d'exécution avec *ps* et *top*
- Observation des mappings mémoire avec *procfs* et *pmap*
- Monitoring d'autres ressources avec *iostat*, *vmstat* et *netstat*

### Cours - Debug d'une application

- Utilisation de *gdb* sur un processus en cours d'exécution.
- Comprendre l'impact des optimisations du compilateur sur la capacité à débayer un programme.
- Analyse post-mortem avec des fichiers *core*
- Debug à distance avec *gdbserver*.
- Étendre les capacités de *gdb* en utilisant des scripts Python.

### Démo - Résoudre un crash applicatif

- Analyse d'un code C compilé avec *compiler-explorer* pour comprendre les optimisations.
- Utilisation de *gdb* en ligne de commande, puis depuis un IDE.
- Utilisation des possibilités de scripting Python dans *gdb*.
- Debugger une application *post mortem* avec un *core dump* et *gdb*



## 2<sup>ème</sup> Jour - Matin

### Cours - Tracing d'une application

- Tracing des appels systèmes avec *strace*.
- Tracing des appels à des bibliothèques partagées avec *ltrace*.

### Démo – Débugger des problèmes applicatifs

- Analyser les appels à des bibliothèques partagées d'une application en utilisant *ltrace*.
- Débugger une application qui fonctionne de manière incorrecte en utilisant *strace*.

### Cours - Problèmes liés à la mémoire

- Problèmes classiques liés à la mémoire : *buffer overflow*, *segmentation fault*, fuite mémoire, collision pile/tas.
- Outils de détection/investigation de problèmes mémoires : *valgrind*, *libefence*, etc.
- Profiling de l'utilisation du tas en utilisant *Massif*

### Démo – Débugger des problèmes liés à la mémoire

- Fuites mémoire et détection de comportement incorrects avec *valgrind* et *vgdb*.
- Problèmes de performance liés à une sur-allocation.
- Visualisation de l'utilisation du tas par une application en utilisant *Massif*.

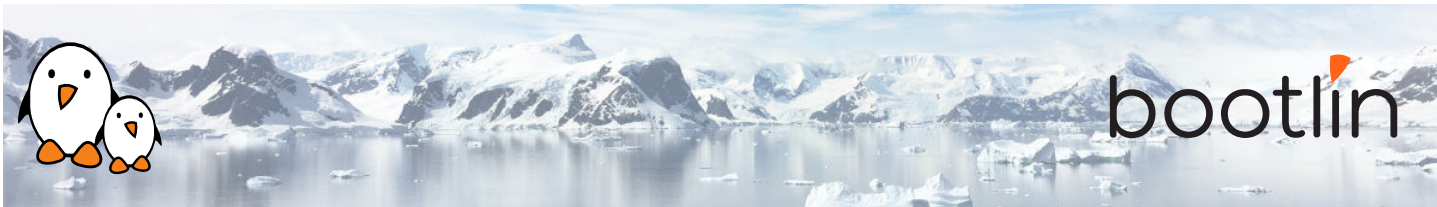
## 2<sup>ème</sup> Jour - Après-midi

### Cours – Profiling d'application

- Problèmes de performance.
- Récupération d'informations de profiling avec *perf*.
- Analyse du graphe d'appel d'une application avec *Callgrind* et *KCachegrind*.
- Filtrage du jeu de données récupéré.
- Interprétation, des données enregistrées avec *perf*.

### Démo - Profiling d'application

- Profiling d'une application avec *Callgrind/KCachegrind*.
- Analyse des performances d'une application avec *perf*.
- Générer un *flamegraph* avec *FlameGraph*.



## 3<sup>ème</sup> Jour - Matin

### Cours - Profiling et tracing de l'ensemble du système

- Profiling du système complet avec *perf*.
- Utilisation de *kprobes* pour ajouter des points de trace supplémentaires sans recompilation
- Outils *eBPF* (*bcctools*, *bpfftrace*, etc) pour les scénarios de tracing complexes.
- Tracing d'application et du noyau et visualisation des traces avec *ftrace*, *kernelshark* ou *LTTng*

### Démo - Profiling et tracing de l'ensemble du système

- Profiling du système complet avec *perf*.
- Latence d'interruptions avec *ftrace*.
- Tracing et visualisation de l'activité du système avec *kernelshark* ou *LTTng*

## 3<sup>ème</sup> Jour - Après-midi

### Cours - Debugging du noyau Linux

- Sorties de la compilation du noyau Linux utiles pour le debugging (*vmlinux*, *System.map*).
- Comprendre et configurer le comportement des *kernel oops*.
- Analyse post-mortem d'un crash kernel avec *crash*.
- Problèmes mémoire au niveau kernel (*KASAN*, *UBSAN*, *Kmemleak*).
- Debugging du noyau Linux avec *KGDB* et *KDB*.
- Options du noyau Linux pour le debug des problèmes de verrous (*lockdep*)
- Autres options de configuration du noyau Linux utiles pour le debug.

### Démo - Debugging du noyau Linux

- Analyse d'un *oops* après utilisation d'un module noyau incorrect, avec *objdump* et *addr2line*.
- Debugging d'un *deadlock* avec les options *PROVE\_LOCKING*.
- Détecter un *undefined behavior* avec *UBSAN* dans le noyau Linux.
- Trouver une fuite mémoire avec *kmemleak*.
- Débugger un module noyau avec *KGDB*.