

## L70 - Les projets temps réel

### Conduire un projet temps réel embarqué en C, C++ ou Java(TM).

Java est une marque déposée de Sun Microsystems

#### Objectifs

- Découvrir les concepts de base du multi-tâches et du temps réel
- Découvrir la méthode de conception temps-réel UML-RT
- Comprendre le fonctionnement d'une chaîne de compilation
- Maîtriser les difficultés de la programmation concurrente
- Connaître les standards applicables
- Découvrir les contraintes temps réel (déterminisme, interruptions, préemption...)
- Comprendre les implications des architectures des processeurs en contexte temps-réel (cache, pipeline,...)

*Cette formation est particulièrement adaptée aux personnes ayant à conduire des projets d'informatique embarquée et temps-réel, ou devant participer à toutes les étapes de ces projets, de l'analyse et la conception à la réalisation.*

*Les personnes désireuses d'un cours plus orienté vers le développement peuvent regarder également notre cours référence cours [L71 - Programmation temps réel](#)*

#### Matériel

- Un PC et une carte ColdFire par binôme
- Chaîne de compilation croisée et sonde d'émulation BDM
- Machine virtuelle Java
- Manipulations et exercices en environnements natif et croisé
- Un support de cours ainsi que la disquette contenant les exemples

#### Pré-requis

- Connaissance de la programmation en C, C++ ou Java (niveau cours L2, L3 ou L4)
- Connaissance d'un microprocesseur souhaitée
- Connaissance de la programmation embarquée utile

#### Environnement du cours

- Cours théorique
  - Support de cours au format PDF (en anglais) et une version imprimée lors des sessions en présentiel
  - Cours dispensé via le système de visioconférence Teams (si à distance)
  - Le formateur répond aux questions des stagiaires en direct pendant la formation et fournit une assistance technique et pédagogique
- Activités pratiques
  - Les activités pratiques représentent de 40% à 50% de la durée du cours
  - Elles permettent de valider ou compléter les connaissances acquises pendant le cours théorique.
  - Exemples de code, exercices et solutions
  - Pour les formations à distance:
    - ▶ Un PC Linux en ligne par stagiaire pour les activités pratiques, avec tous les logiciels nécessaires préinstallés.
    - ▶ Le formateur a accès aux PC en ligne des stagiaires pour l'assistance technique et pédagogique
    - ▶ Certains travaux pratiques peuvent être réalisés entre les sessions et sont vérifiés par le formateur lors de la session suivante.

- Pour les formations en présentiel:
  - ▶ Un PC (Linux ou Windows) pour les activités pratiques avec, si approprié, une carte cible embarquée.
  - ▶ Un PC par binôme de stagiaires s'il y a plus de 6 stagiaires.
- Pour les formations sur site:
  - ▶ Un manuel d'installation est fourni pour permettre de préinstaller les logiciels nécessaires.
  - ▶ Le formateur vient avec les cartes cible nécessaires (et les ramène à la fin de la formation).
- Une machine virtuelle préconfigurée téléchargeable pour refaire les activités pratiques après le cours
- Au début de chaque session (demi-journée en présentiel) une période est réservée à une interaction avec les stagiaires pour s'assurer que le cours répond à leurs attentes et l'adapter si nécessaire

## Audience visée

- Tout ingénieur ou technicien en systèmes embarqués possédant les prérequis ci-dessus.

## Modalités d'évaluation

- Les prérequis indiqués ci-dessus sont évalués avant la formation par l'encadrement technique du stagiaire dans son entreprise, ou par le stagiaire lui-même dans le cas exceptionnel d'un stagiaire individuel.
- Les progrès des stagiaires sont évalués de deux façons différentes, suivant le cours:
  - Pour les cours se prêtant à des exercices pratiques, les résultats des exercices sont vérifiés par le formateur, qui aide si nécessaire les stagiaires à les réaliser en apportant des précisions supplémentaires.
  - Des quizz sont proposés en fin des sections ne comportant pas d'exercices pratiques pour vérifier que les stagiaires ont assimilé les points présentés
- En fin de formation, chaque stagiaire reçoit une attestation et un certificat attestant qu'il a suivi le cours avec succès.
  - En cas de problème dû à un manque de prérequis de la part du stagiaire, constaté lors de la formation, une formation différente ou complémentaire lui est proposée, en général pour conforter ses prérequis, en accord avec son responsable en entreprise le cas échéant.

## Plan

### Introduction au temps réel

- concepts temps réel de base
- contraintes particulières du temps réel
- programmation structurée et objet
- apports des techniques objets

### L'approche temps réel avec UML

- genèse d'UML
- modèles UML standards
- cycle de développement Objet
- contraintes liées à l'interprétation des diagrammes
- interprétation des diagrammes
- définition de nouveaux diagrammes
- cycle de développement avec RT UML

### Le langage de modélisation UML

- modélisation statique
  - cas d'utilisation
  - modèles de classes
- modélisation dynamique
  - diagrammes de Séquence
  - diagrammes de Collaboration
  - diagrammes Etats Transitions

## **Les extensions pour le temps réel**

- environnement / diagramme de contexte système
- contraintes / diagramme de contraintes
- comportement / diagramme d'états
- timings / diagramme de séquence étendu
- parallélisme / diagramme architecture logicielle
- architecture / diagramme architecture matérielle

## **Analyse des éléments constitutifs d'une chaîne de compilation**

- Explication des étapes du processus de génération de code en natif et en croisé
- Rôle du compilateur, de l'assembleur et du linker
- Paramétrage en fonction d'un mapping mémoire
- Découpage d'une application en fichiers distincts
- Le préprocesseur
- Les instructions define et include
- Ecriture de macros
- Précautions à prendre dans les headers pour éviter les redéclarations de variables
- Notion de projet, réalisation de bibliothèques

## **Particularités de la programmation dans le contexte embarqué**

- Les tableaux de pointeurs
- Accès aux champs d'une structure
- Déclaration de variables et de pointeurs sur type structuré
- Les formats big et little endian
- Les structures à champ de bits : modélisation des périphériques
- Les unions : une même zone mémoire peut être envisagée de différentes manières
- Utilité des tableaux de pointeurs sur des fonctions

## **Principe de fonctionnement d'un système Temps réel et embarqué**

- Notion de tâche
- Cadencement des tâches selon leur priorité, préemption
- Sauvegarde de contexte
- Nécessité d'un tick temps réel pour déclencher les commutations de tâches

## **Les standards du temps réel**

- Les standards d'environnements temps réel
  - POSIX
- Les langages à sémantique temps-réel
  - Java
  - Ada

## **Les traitements concurrents**

- Recensement des champs d'un descripteur de tâche
- Réalisation d'une structure chaînée des tâches en attente d'exécution
- Insertion d'un nouveau descripteur lors du chargement d'une nouvelle tâche
- Exemple de règles d'ordonnement: priorité évoluant en fonction du temps
- Réorganisation de la file lors de l'invocation de l'ordonnateur: préemption

## **Mise au point**

- Communication avec la cible
- Les différents niveaux de mise au point : C, assembleur
- Les fenêtres du debugger : source, mémoire, pile et variables
- Positionnement de points d'arrêt

- Analyse de la pile et extraction des stacks frames correspondant aux fonctions imbriquées

## La programmation dans le contexte multi-tâches

- Structures de données:
  - Listes simplement chaînées
  - Listes doublement chaînées
  - Listes circulaires
  - Files d'attentes
  - Piles

### *Exercice : réalisation de listes chaînées utilisables en contexte multi-tâches*

- Gestion des accès concurrents
  - Variable simple
  - Structure de données
  - Entre tâches
  - Entre tâches et routines d'interruption

### *Exercice : synchronisation et communication entre tâches*

- Gestion de la mémoire
  - Algorithmes
  - Gestion des fuites mémoire

### *Exercice : mise en évidence et détection de fuites mémoire*

## Renseignements pratiques

**Durée : 4 jours**  
**Prix : 1850 € HT**