

# École Polytechnique de Montréal

Département de génie informatique et de génie logiciel

## INF6500 Structures des ordinateurs

Automne 2017

### Plan de cours

#### **Professeur coordonnateur du cours:**

Nom : Sylvain Martel  
Bureau : M-4408 (Pavillon Lassonde)  
Téléphone : (514) 340-4711 poste 5098  
Courriel : sylvain.martel@polymtl.ca

**Site Internet du cours:** [www.nano.polymtl.ca/inf6500](http://www.nano.polymtl.ca/inf6500)

**Horaire :** Cours : Vendredi 12h45-15h45 au M-2103 (et dans certains cas le mercredi 8h30-11h30 au L-4818 – voir horaire dans ce plan de cours, ou dans une autre salle qui sera annoncée durant un cours précédent). Laboratoire (travaux pratiques) : Mercredi 8h30-11h30 au L-4818 ou au laboratoire de nanorobotique au M-4505.

#### **Description du cours**

Concepts de base en architecture des ordinateurs (ex. mémoire cache, etc.) et principaux composants d'un ordinateur contemporain: processeurs, mémoire, interconnexions et communications. Architectures pour applications spécialisées, industrielles et médicales. Structures complexes à plusieurs processeurs. Plateformes d'implémentation incluant FPGA et CPLD. Caractéristiques des ordinateurs pour des applications critiques et/ou en temps réel. Périphériques et interfaces aux processeurs incluant le choix des convertisseurs et méthodes de conversions analogique-numérique. Avantages et désavantages des principales architectures d'interface analogique pour ordinateurs.

#### **1. Introduction**

Le cours INF6500 « Structures des ordinateurs a pour objet l'étude de l'organisation interne des ordinateurs et des interfaces d'entrée/sortie, des différents choix des unités fonctionnelles par rapport à des applications données, et un survol des différentes structures matérielles de systèmes informatiques modernes.

Le cours se base sur une vision moderne des structures d'ordinateurs où les structures ne sont pas seulement à l'intérieur d'un boîtier indépendant mais plutôt constituées de réseaux de systèmes

informatiques interconnectés. Dans cette perspective, le cours couvre les aspects du matériel à plusieurs niveaux de hiérarchie et peut couvrir les sous-systèmes d'un processeur jusqu'aux fonctions matérielles d'interface avec l'extérieur. Le cours ne comporte aucun examen et l'apprentissage se base sur des présentations orales et débat en classe sur des systèmes et/ou problèmes réels et des séances de cours magistraux. Ces cours seront donnés pour couvrir les connaissances de base nécessaires aux étudiants pour l'évaluation de systèmes informatiques modernes qu'ils présenteront devant la classe.

## 2. Objectifs d'apprentissage

Au terme de ce cours, l'étudiant devra:

- Avoir une compréhension générale du fonctionnement du point de vue architectural et des options ou choix architecturaux des principales unités matérielles d'un ordinateur telles que les processeurs, les mémoires, les interfaces entrée/sorties et les différentes structures d'acquisition de signaux analogiques et numériques, incluant le choix des convertisseurs, des filtres actifs, etc., les interconnexions, structures à plusieurs processeurs, et le choix de composantes dans les structures modernes d'ordinateurs telle que la logique programmable.
- Avoir une compréhension générale et une vue d'ensemble des différents aspects du matériel à plusieurs niveaux de hiérarchie d'un système informatique moderne.
- Démontrer une capacité à rechercher et présenter des informations relatives à la structure des ordinateurs de manière efficace et d'identifier les raisons des choix relatifs aux technologies et architectures utilisées.

## 3. Modes d'évaluation

Voir Horaire

L'évaluation de la performance des étudiants se fera de la façon suivante :

*Remarque : Les critères d'évaluation pour les présentations sont les suivants :*

*Contenu et connaissance du sujet (6pts), organisation de la présentation et clarté des aides visuelles (2 pts), susciter l'intérêt de l'audience (2 pts) – Note : 10 points par présentation*

## 4. Horaire par semaine consécutive (la semaine de relâche n'est pas comptabilisée)

Il y aura 5 cours généraux donnés par le professeur. Ces cours couvriront les aspects fondamentaux des structures des ordinateurs modernes pour donner les informations requises pour les études de cas concrets qui seront présentés par les étudiants.

Cours 1 – Processeur et unité centrale de traitement  
Cours 2 – Mémoires  
Cours 3 – Bus, contrôleurs et réseaux d'interconnexion  
Cours 4 – Multiprocesseurs  
Cours 5 – Interfaces analogiques

Chaque cours sera suivi plus tard de présentations données par les étudiants sur une étude de cas avec emphase sur ce qui a été couvert au cours précédent suivi d'un court débat. Cette approche permettra aux étudiants d'approfondir la théorie sur des exemples concrets de structures informatiques modernes.

**1 Sept.**

- Bienvenue et introduction au cours, description du fonctionnement du cours et de la méthode d'évaluation
- Cours général : Cours 1 – Processeur et unité centrale de traitement

**8 Sept.**

- Initiation projet équipe (au laboratoire de nanorobotique)

**15 Sept.**

- Cours général : Cours 2 première partie - Mémoires
- Présentations individuelles - processeur et unité centrale de traitement (**10 pts**)
- Présentation – Progression du projet équipe

**22 Sept.**

- Projet équipe

**29 Sept.**

- Projet équipe

**6 Oct.**

- Cours général : Cours 2 dernière partie - Mémoires
- Présentation – Progression du projet équipe

**13 Oct.**

- Semaine de relâche – pas de cours

**20 Oct.**

- Présentations individuelles – Mémoires (**10 pts**)
- Présentation – Progression du projet équipe

**27 Oct.**

- Cours général : Cours 3 – Bus, contrôleurs et réseaux d'interconnexion

**3 Nov.**

- Présentations individuelles – Bus, contrôleurs et réseaux d'interconnexion (**10 pts**)
- Présentation – Progression du projet équipe

**10 Nov.**

- Cours général : Cours 4 – Multiprocesseurs

**17 Nov.**

- Cours général : Cours 5 – Interfaces analogiques
- Présentations individuelles – Multiprocesseurs (**10 pts**)
- Présentation – Progression du projet équipe

**24 Nov.**

- Projet équipe

**1 Déc.**

- Présentations individuelles – Interfaces analogiques (**10 pts**)
- Remise du rapport équipe (**30 points sur présentation de chaque participant**)
- **Évaluation finale des connaissances de chaque étudiant (20 points)**

**Travaux Pratiques : Les mercredis****Contenu du cours**

## 2. Introduction

- Bienvenue et introduction au cours et systèmes informatiques, description du fonctionnement du cours et de la méthode d'évaluation
- Introduction aux caractéristiques des ordinateurs pour les différents modes d'opérations (critiques et en temps réel) (latence, déterminisme, etc.).
- Courtes présentations des étudiants sur un système informatique (processeur, mémoire, I/O, etc.). Évaluation du niveau de connaissance par sessions interactives.

## 3. Processeur et unité centrale de traitement

- Niveau du matériel
- Choix et niveau de l'interaction matériel-logiciel
- Architectures RISC et CISC
- Répertoires d'instructions et caractéristiques générales (registres, etc.).

## 4. Études de cas : processeurs et unité centrale de traitement

- Présentations par les étudiants
- Période de questions, débat, discussion et analyse

## 5. Mémoires

- Caractéristiques de l'antémémoire (mémoire cache) (niveau, dimensions, vitesse d'accès)
- Type d'antémémoires et avantages : correspondance directe, associative par ensemble, pseudo-associative, plus niveau d'associativité
- Dimensions et nombre de blocs : impacts sur la performance
- Algorithmes de remplacement (LRU, aléatoire, FIFO, etc.)
- Types d'implémentations
- Option d'écriture (écriture simultanée, réécriture)

- Tampon d'écriture, choix des caractéristiques et impact sur la performance
  - Types de mémoire (volatile et non-volatile)
  - Spécifications (ex. vitesse et débit)
  - Techniques d'augmentation du débit (mémoire entrelacée, mémoire élargie, etc.)
  - Systèmes de stockage et fiabilité
6. Études de cas : mémoires
- Présentations par les étudiants
  - Période de questions, débat, discussion et analyse
7. Bus, contrôleurs et réseaux d'interconnexions
- Types de bus
  - Options dans le design et choix d'un bus et impact sur la performance
  - Méthodes de synchronisation (asynchrone, synchrone, poignée de mains (handshake), transactions éclatées (split transactions), interrogation (polling) versus interruption, etc.)
  - Réseaux d'interconnexions de type MMD, LAN et WAN
  - Topologies et modes d'arbitration
  - Caractéristiques de performance
  - Différents types de contrôleurs que l'on retrouve dans les ordinateurs
  - Implémentations sur électronique programmable (FPGA, CPLD) ou non-programmable
8. Multiprocesseurs
- Types d'architectures multiprocesseurs (SISD, SIMD et MIMD)
  - Types de communication (mémoire partagée vs. envoi de message)
  - Architectures à mémoire partagée (SMP – UMA et DSM – NUMA)
  - Architectures « envoi de message » (RPC)
  - Protocoles de cohérence
  - Protocoles d'invalidation d'écriture et de mise à jour des écritures)
  - Techniques de synchronisation
  - Principales topologies
  - Granularités dans les architectures multiprocesseurs
9. Études de cas : multiprocesseurs
- Présentations par les étudiants
  - Période de questions, débat, discussion et analyse
10. Interfaces analogiques
- Choix des structures d'interfaces analogiques
  - Choix des spécifications
  - Types de convertisseurs analogue à numérique (parallèle « flash », à comptage d'impulsions, à approximations successives, Sigma-delta)
  - Conversion numérique à analogique
  - Choix d'un convertisseur pour une application spécifique

- Types et choix des filtres actifs (Tschebychev, Cauer, Bessel)

11. Études de cas : interfaces analogiques

- Présentations par les étudiants
- Période de questions, débat, discussion et analyse

12. Étude de cas en classe d'une structure d'ordinateur moderne.

---

+ Travaux pratiques (Séances de travaux pratiques (approx. 3 heures) à chaque semaine)