

Opal-RT: environnement de simulation et d'émulation

Catégorie	Conversion et utilisation de l'hydrogène / Simulation et émulation
Nom de l'équipement	Opal-RT – Environnement de simulation & d'émulation
Domaine	Systèmes de conversion d'énergie, électronique de puissance, contrôle-commande, émulation temps réel / matériel-dans-la-boucle (Hardware-in-the-Loop, HIL), simulation de réseaux électriques
Localisation	École de technologie supérieure (ÉTS), laboratoire d'électronique de puissance du GREPCI 1100, Notre-Dame Ouest, Montréal, Qc, H3C 1K3
Responsable de l'équipement	Professeur Kamal Al-Haddad, Département de génie électrique, ÉTS
Contact	Téléphone: 514-396-8874 Courriel: Kamal.Al-Haddad@etsmtl.ca
Accès	Disponible sur demande. Nécessite une formation / autorisation pour les utilisateurs (étudiants, chercheurs internes & externes). (À confirmer selon politique du laboratoire.)

Description de l'équipement

L'environnement Opal-RT est une plateforme avancée de simulation et d'émulation en temps réel utilisée pour tester et valider des systèmes de contrôle, convertisseurs / onduleurs, composants d'électronique de puissance, réseaux électriques, etc. Elle permet de faire de la simulation “software” mais aussi de l'émulation matérielle via des interfaces I/O, FPGA, HIL (matériel-dans-la-boucle), etc. Elle sert notamment à émuler le comportement de parties du système (par exemple la “plant” ou le réseau) pendant que d'autres composants (contrôleurs, électroniques de puissance) sont physiques, pour tester leur comportement dans des conditions réalistes.

Spécifications techniques

<i>Élément</i>	<i>Valeur / Capacité estimée / options possibles</i>
<i>Plateforme logicielle incluse</i>	RT-LAB, HYPERSIM pour simulation temps réel / HIL.
<i>Processeur / CPU</i>	fréquences entre ~2.3 à ~3.8 GHz selon le modèle.
<i>Mémoire & stockage</i>	Capacité RAM 16-32 Go ou plus selon configuration, SSD pour le stockage local.
<i>FPGA / I/O</i>	Cartes FPGA Xilinx Artix-7, etc. pour le traitement des signaux rapides et la gestion des E/S; modules mezzanine pour I/O; extension via chassis ou unité d'expansion pour plus d'entrées/sorties.
<i>Latences / pas de temps de simulation</i>	Variables selon la complexité du modèle: entre μ s et dizaines de ns selon les modèles / topologies. Par exemple l'outil eHS (FPGA-based) permet des pas de temps de simulation de ~70-200 ns à quelques μ s.
<i>Nombre d'entrées / sorties numériques/analogiques I/O</i>	certain simulateurs acceptent des centaines d'entrées/sorties (jusqu'à ~256 I/O pour OP5650; modules d'expansion)
<i>Alimentation / puissance électrique consommée</i>	environ 600 W.
<i>Format / taille physique</i>	Boîtier rackable ou de bureau (rack 19" possible selon le modèle), modules d'extension, connecteurs standard DB, RJ45, etc.

Modes opératoires et dispositifs de sécurité

Modes de fonctionnement: simulation continue, simulation en temps réel, simulation accélérée, émulation matériel-dans-la-boucle (HIL), cosimulation, test de contrôleurs, scénarios de défaut ou dynamiques, perturbations.

- Interfaces de communication: analogique/digitale, interfaces de puissance pour connecteurs externes (contrôleurs, convertisseurs) pour faire l'émulation du "plant" ou du réseau.
- Protection & sécurité: protection contre les surtensions, liaison à la terre, bonnes pratiques de câblage, isolation galvanique possible selon modules, sûreté dans la mise en route / arrêt, surveillance de température ou de surchauffe, sauvegarde des données, etc.

Applications expérimentales

- Développement et validation de contrôleurs temps réel d'électronique de puissance (ex: onduleurs, convertisseurs, alimentations, motor-drive)
- Études de stabilité, perturbations, réponse dynamique, performances sous défauts
- Études de réseau électrique ou microréseau en mode simulation ou PHIL
- Fonctionnement en mode iloté et en mode connecté
- Tester les convertisseurs électroniques de puissance
- Tester les chargeurs des batteries jusqu'à 30 kW
- Formation technique: permettre aux étudiants d'expérimenter des scénarios complexes sans endommager de matériel réel
- Co-simulation ou simulation de systèmes hybrides (électrique + contrôle + puissance)

Projets et collaborations

- Utilisation probable dans des projets liés à l'hydrogène / conversion d'énergie étant donné la description "conversion et utilisation hydrogène"
- Collaborations internes entre laboratoires GREPCI, autres départements en génie électrique

- Collaborations externes potentiellement avec d'autres universités ou industries intéressées par l'électronique de puissance, les systèmes embarqués, l'énergie renouvelable
- Collaboration internationale avec des universitaires des États-Unis, l'Europe, l'Asie et le moyen orient

Accessibilité et utilisateurs

- Étudiants de l'ÉTS pour travaux de laboratoire, projets de maîtrise / doctorat
- Chercheurs internes (GREPCI)
- Collaborateurs externes (universités, industrie), selon entente, financement, etc.
- Besoin d'autorisation / formation pour utiliser l'équipement

Nouvelles opportunités

- Possibilité de développer de nouveaux bancs de test pour simulateurs HIL et PHIL appliqués à l'électrolyse, pile à combustible, etc.
- Développement de scénarios complexes pour conversion d'énergie et intégration de l'hydrogène dans les réseaux électriques,
- Opportunités de partenariat avec l'industrie pour valider des prototypes (électronique, control, power electronics) dans des conditions réalistes,
- Possibilité d'enseignement avancé ou cours spécialisés utilisant l'équipement