

# CONVERSION ET UTILISATION DE L'HYDROGÈNE / SIMULATION ET ÉMULATION OPAL-RT ENVIRONNEMENT DE SIMULATION & D'ÉMULATION

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

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.

| ÉLÉMENT                                               | VALEUR / CAPACITÉ ESTIMÉE / OPTIONS POSSIBLES                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Plateforme logicielle incluse                         | RT-LAB, HYPERSIM pour simulation temps réel / HIL.                                                                                                                                                          |
| Processeur / CPU                                      | Fréquences entre ~2.3 à ~3.8 GHz selon le modèle.                                                                                                                                                           |
| Mémoire & stockage                                    | Capacité RAM 16-32 Go ou plus selon configuration, SSD pour le stockage local.                                                                                                                              |
| FPGA / I/O                                            | 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.          |
| Latences / pas de temps de simulation                 | Variables selon la complexité du modèle: entre µs 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 µs. |
| Nombre d'entrées / sorties numériques/analogiques I/O | certaines simulateurs acceptent des centaines d'entrées/sorties (jusqu'à ~256 I/O pour OP5650; modules d'expansion)                                                                                         |
| Alimentation / puissance électrique consommée         | environ 600 W.                                                                                                                                                                                              |
| Format / taille physique                              | Boîtier rackable ou de bureau (rack 19 po. possible selon le modèle), modules d'extension, connecteurs standard DB, RJ45, etc.                                                                              |

RESPONSABLE DE L'ÉQUIPEMENT :

**Professeur Kamal Al-Haddad**, Département de génie électrique - ÉTS

École de technologie supérieure (ÉTS), laboratoire d'électronique de puissance du GREPCI 1100  
Notre-Dame Ouest, Montréal, Qc, H3C 1K3

Kamal.Al-Haddad@etsmtl.ca - (514) 396-8874

## 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

## ACCESSIBILITÉ

- Disponible sur demande. Nécessite une formation / autorisation pour les utilisateurs (étudiants, chercheurs internes & externes). (À confirmer selon politique du laboratoire.)



www.rqei.ca



www.escouadeenergie.ca

Plan pour une  
économie  
verte

Partenaire financier

