BOOST-II: Simulation Symbolique de Stratégies de Contrôle de Convertisseurs Multi-niveaux

Journée de l'Institut Farman

G. Feld L. Fribourg S. Lefebvre B. Revol R. Soulat

26 novembre 2013

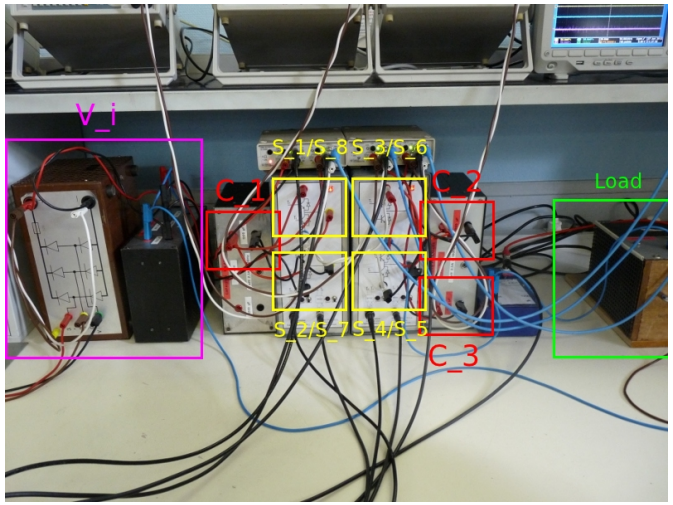
Le projet BOOST-II

Collaboration entre deux laboratoires

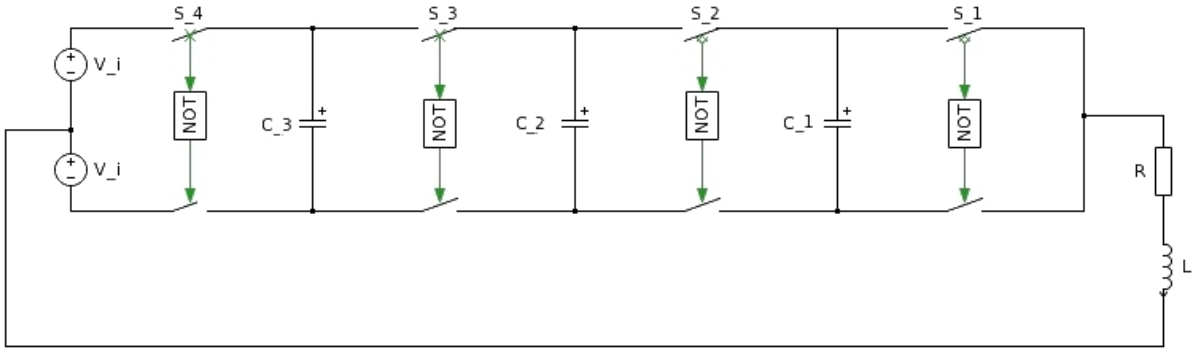
- LSV (Laboratoire Spécification et Vérification)
  - Laurent Fribourg
  - Romain Soulat
- SATIE (Systèmes et Applications des Technologies de l'Information et de l'Énergie)
  - Gilles Feld
  - Denis Labrousse
  - Stéphane Lefebvre
  - Bertrand Revol

Cadre

- Un systéme réel développé par le SATIE

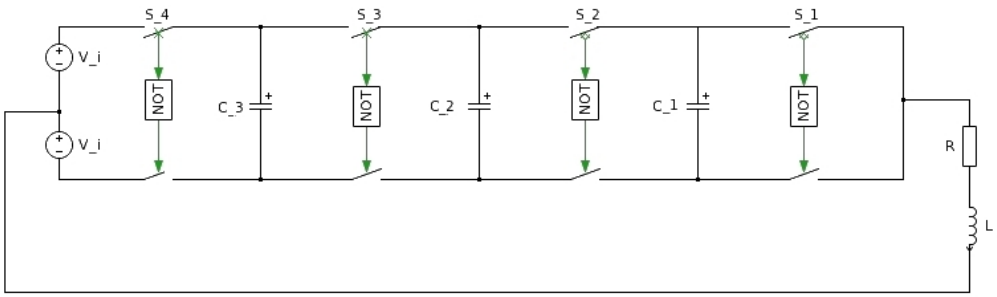


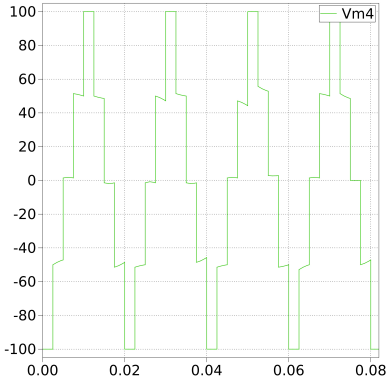
- Son modèle électrique



But

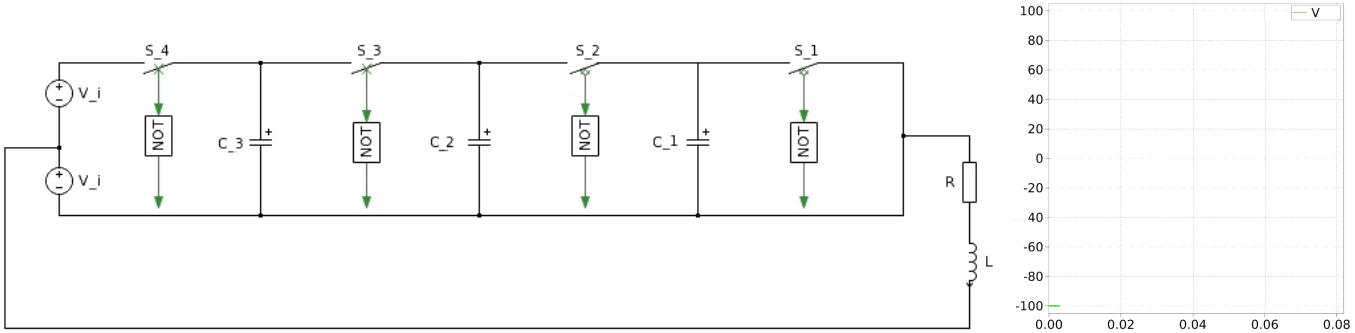
- À partir d'une source de tension constante, synthétiser, en sortie, une tension quasi-sinusoïdale, en jouant sur la position des interrupteurs





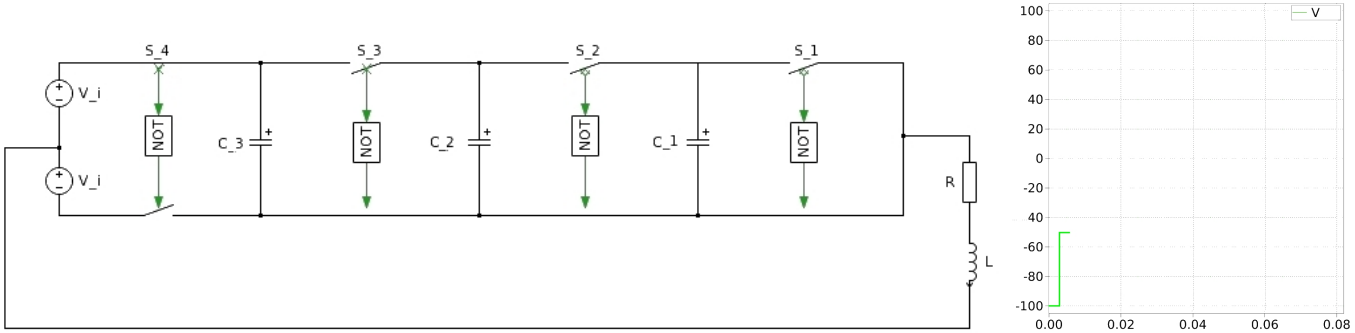
But

- À partir d'une source de tension constante, synthétiser, en sortie, une tension quasi-sinusoïdale, en jouant sur la position des interrupteurs



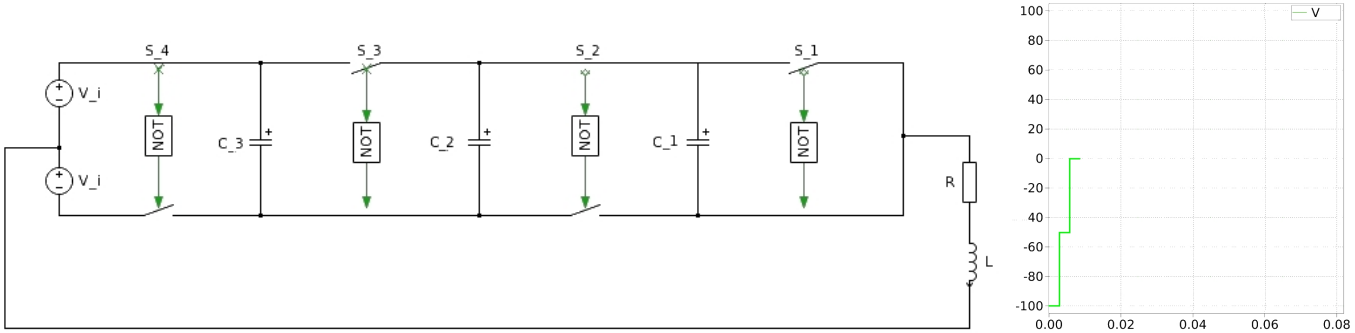
But

- À partir d'une source de tension constante, synthétiser, en sortie, une tension quasi-sinusoïdale, en jouant sur la position des interrupteurs



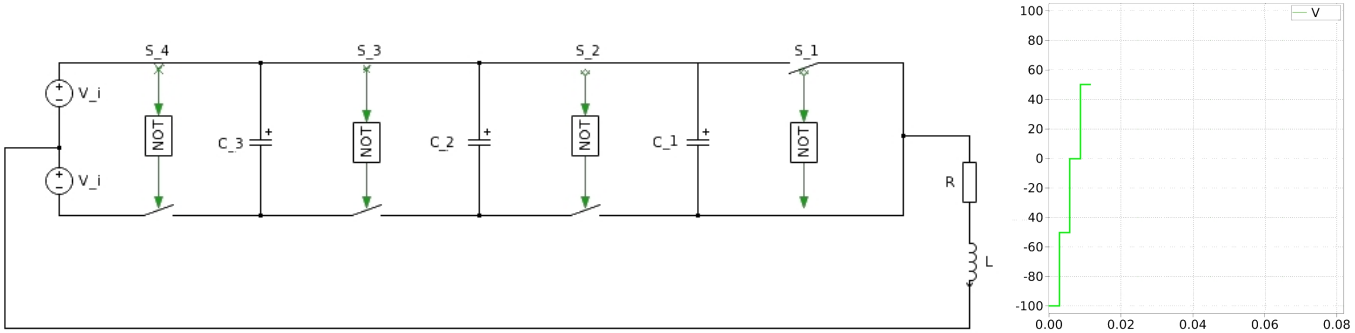
But

- À partir d'une source de tension constante, synthétiser, en sortie, une tension quasi-sinusoïdale, en jouant sur la position des interrupteurs



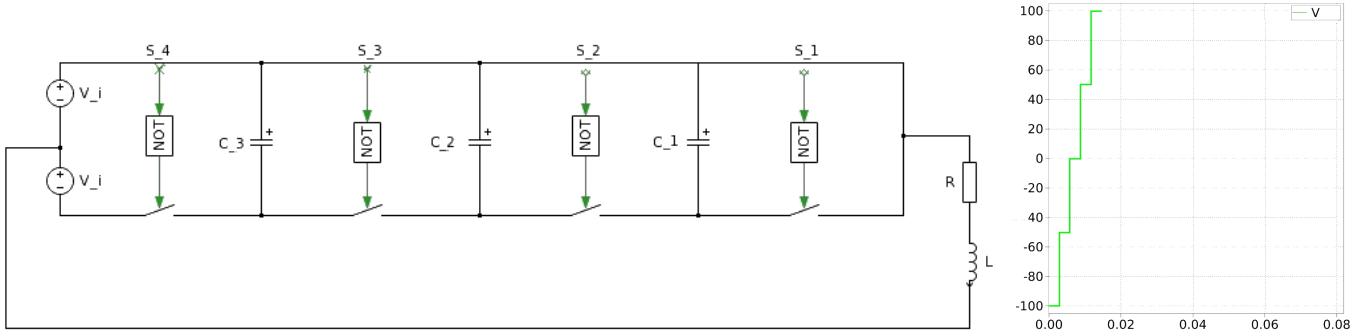
But

- À partir d'une source de tension constante, synthétiser, en sortie, une tension quasi-sinusoïdale, en jouant sur la position des interrupteurs



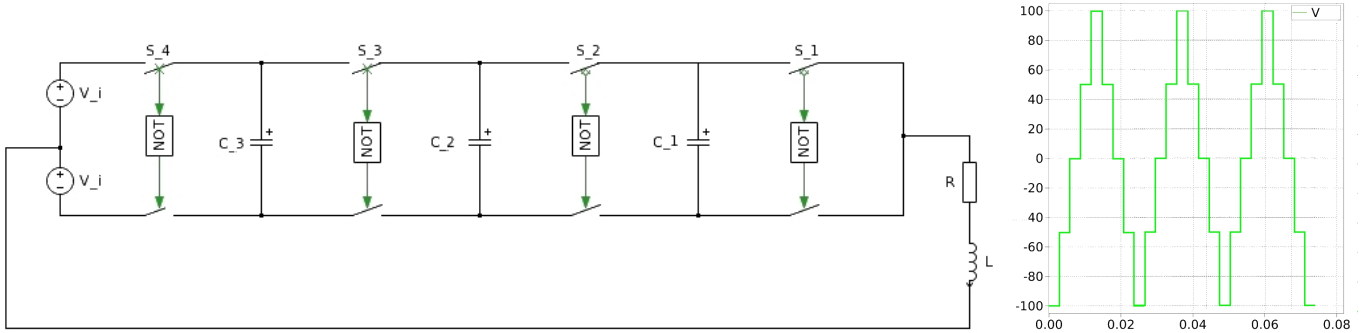
But

- À partir d'une source de tension constante, synthétiser, en sortie, une tension quasi-sinusoïdale, en jouant sur la position des interrupteurs



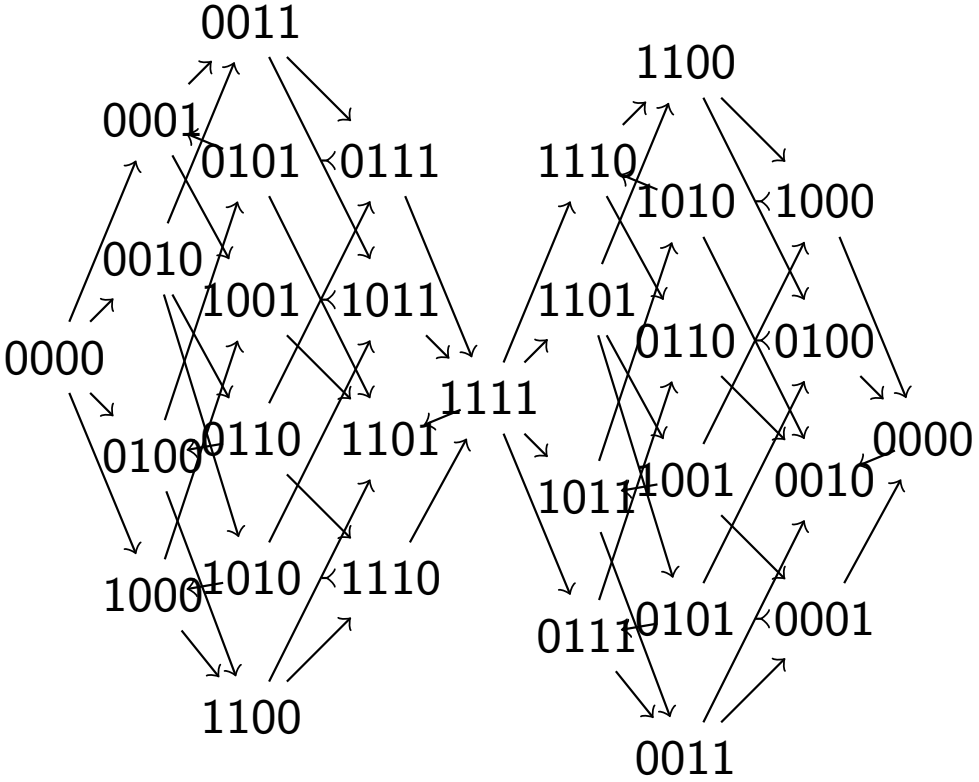
But

- À partir d'une source de tension constante, synthétiser, en sortie, une tension quasi-sinusoïdale, en jouant sur la position des interrupteurs



But

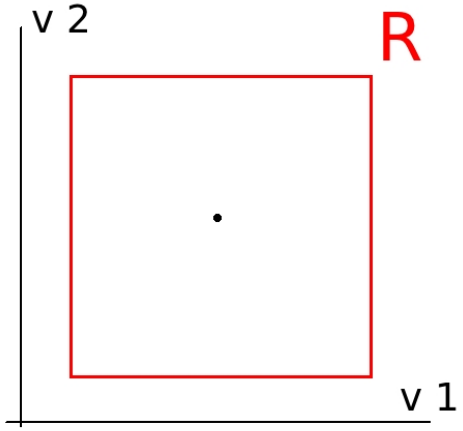
- Calculer une stratégie de contrôle qui :
  - Garantit la sortie quasi-sinusoïdale



  - Maintient les tensions des condensateurs autour d'une valeur optimale

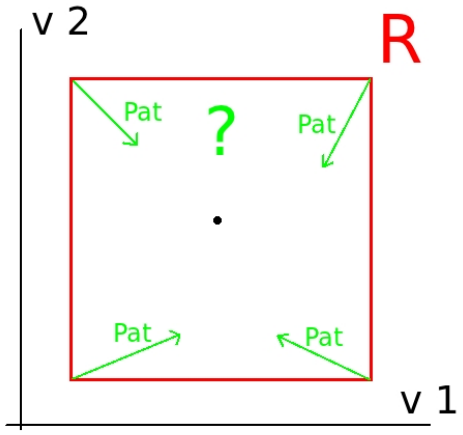
Méthodologie

- Définition d'une zone R de bon fonctionnement du système



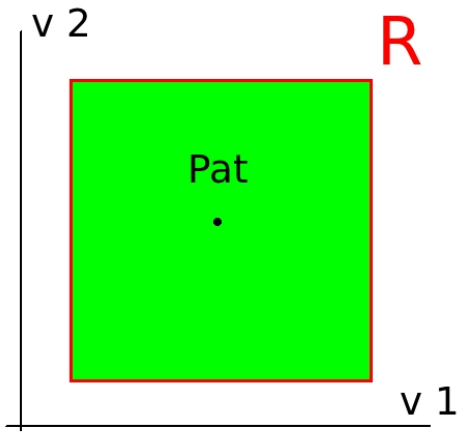
Méthodologie

- Définition d'une zone R de bon fonctionnement du système
- Recherche d'un chemin qui assure le retour dans R



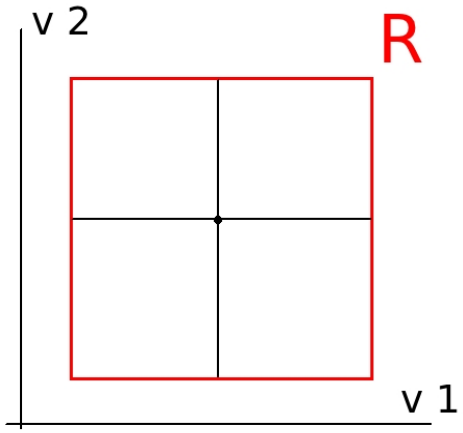
Méthodologie

- Définition d'une zone R de bon fonctionnement du système
- Recherche d'un chemin qui assure le retour dans R
- Si il en existe un, la stratégie de contrôle pour cette partie de l'espace est trouvée



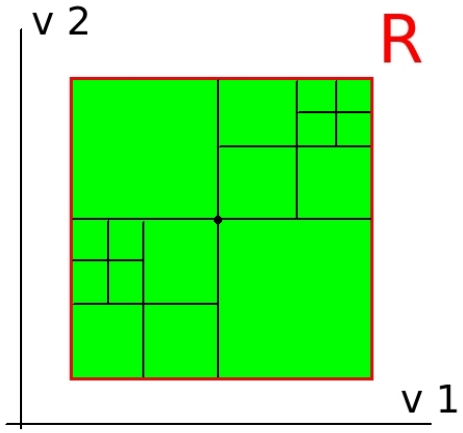
Méthodologie

- Définition d'une zone R de bon fonctionnement du système
- Recherche d'un chemin qui assure le retour dans R
- Si il en existe un, la stratégie de contrôle pour cette partie de l'espace est trouvée
- Sinon, on partitionne la zone



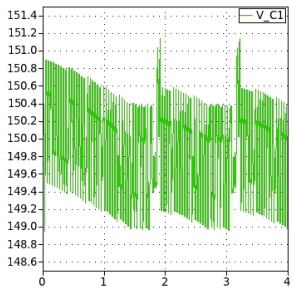
Méthodologie

- Définition d'une zone R de bon fonctionnement du système
- Recherche d'un chemin qui assure le retour dans R
- Si il en existe un, la stratégie de contrôle pour cette partie de l'espace est trouvée
- Sinon, on partitionne la zone

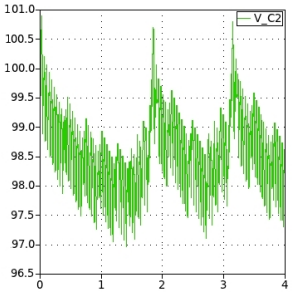


Application au convertissur multi-niveaux

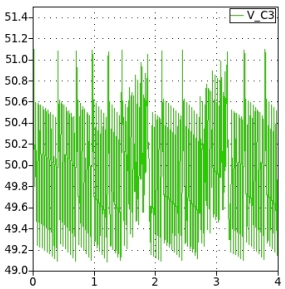
- Simulation de la stratégie de contrôle



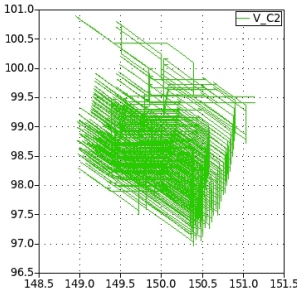
(a) Voltage $v_{C1} = f(t)$



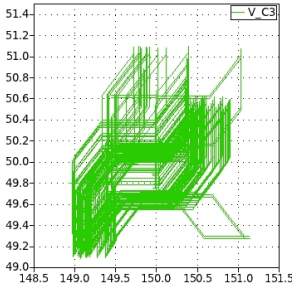
(b) Voltage $v_{C2} = f(t)$



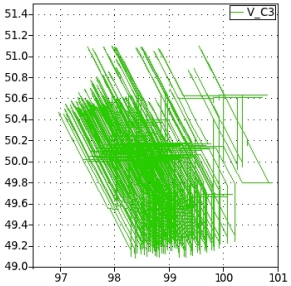
(c) Voltage $v_{C3} = f(t)$



(d) Plane $v_{C2} = f(v_{C1})$



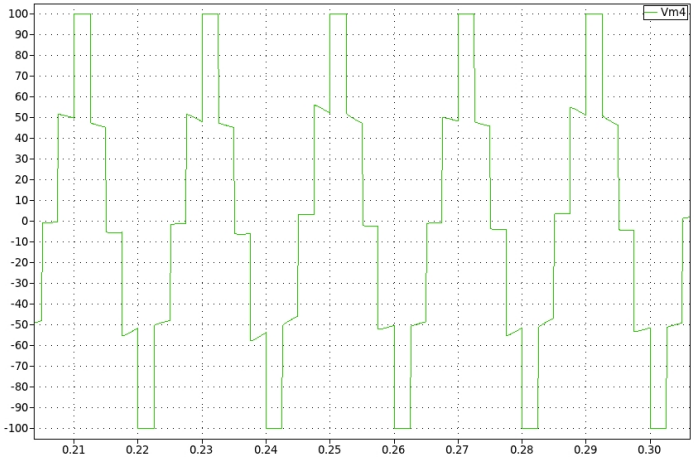
(e) Plane $v_{C3} = f(v_{C1})$



(f) Plane $v_{C3} = f(v_{C2})$

Application au convertissur multi-niveaux

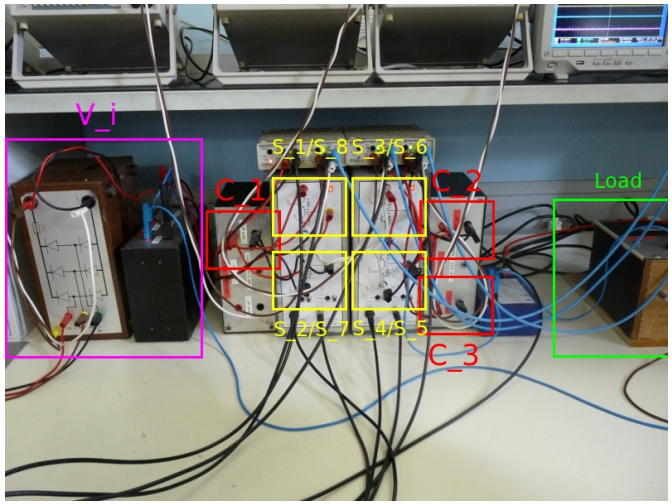
- Simulation de la stratégie de contrôle

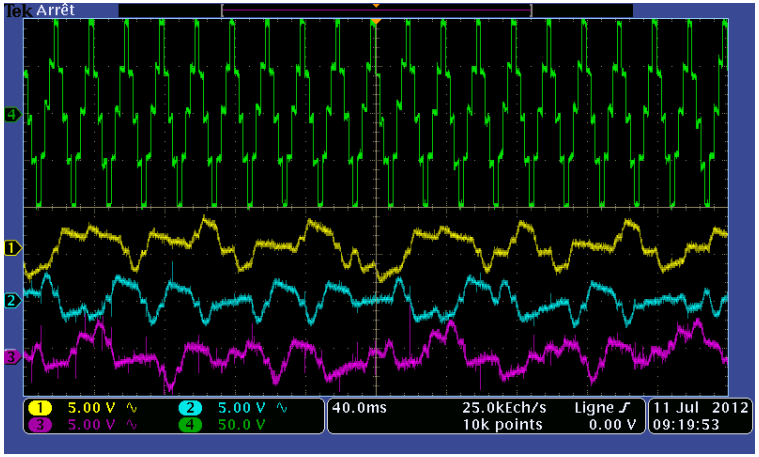


(g) Output voltage v_o

Validation expérimentale

- Montage réalisé par le laboratoire SATIE





Conclusion et travaux futurs

- Conclusion
  - Une méthode pour la synthèse de stratégies de commandes générale
    - Dynamiques linéaires
    - Dynamiques linéaires bruitées
    - Dynamiques non linéaires
  - Des résultats expérimentaux concluants
  - 4 publications en conférences internationale
    - *Use of a full wave correct-by-design command to control a multilevel modular converter. EPE'13*
    - *Stability Controllers for Sampled Switched Systems. RP'13*
    - *Constructing Attractors of Nonlinear Dynamical Systems by State Space Decomposition. FSFMA'13*
    - *Limit Cycles of Controlled Switched Systems : Existence, Stability, Sensitivity. NCMIP'13*
  - 1 livre
    - *Control of Switching Systems by Invariance Analysis : Application to Power Electronics. Wiley ISTE*

Conclusion et travaux futurs

- Travaux futurs
  - Extension aux systèmes gouvernés par des EDP
  - Extension aux systèmes autonomes