

# Étude des régulations en tension des réseaux de distribution



Rafael Accácio NOGUEIRA

M. Guéguen

13 septembre 2017

2017-09-13

# Étude des régulations en tension des réseaux de

Lembre-se : 15 minutos no total!!!

Étude des régulations en tension  
des réseaux de distribution



CentraleSupélec

Rafael Accácio NOGUEIRA

M. Guéguen

13 septembre 2017

# Introduction

---

- Stage 2A - 2 mois.
- Thème : Étude des régulations en tension des réseaux de distribution.

# Étude des régulations en tension des réseaux de

- Stage 2A - 2 mois.
- Thème : Étude des régulations en tension des réseaux de distribution.

# Sommaire

---

1 Introduction

2 Objectif

3 Division du travail

4 Méthodologie

5 Résultats

6 Difficultés et  
Conclusions

# Étude des régulations en tension des réseaux de

# Sommaire

---

## 2 Objectif

## Objectif du projet

---

- Simuler un réseau dans DIgSILENT PowerFactory

# Objectif du projet

---

- Simuler un réseau dans DIgSILENT PowerFactory
  - Prendre grandesses

# Objectif du projet

---

- Simuler un réseau dans DIgSILENT PowerFactory
  - Prendre grandesses
  - Envoyer des signaux

## Étude des régulations en tension des réseaux de

- Simuler un réseau dans DIgSILENT PowerFactory
  - Prendre grandesses
  - Envoyer des signaux

# Objectif du projet

---

- Simuler un réseau dans DIgSILENT PowerFactory
  - Prendre grandesses
  - Envoyer des signaux
- Implémenter régulateur de tension en utilisant les connaissances apprises.

# Étude des régulations en tension des réseaux de

- Simuler un réseau dans DIgSILENT PowerFactory
  - Prendre grandesses
  - Envoyer des signaux
- Implémenter régulateur de tension en utilisant les connaissances apprises.



# Summaire

---

## 3 Division du travail

## Division du travail

---

Divisé en 5 *workpackages* :

# Division du travail

---

Divisé en 5 *workpackages* :

1. Lecture

# Étude des régulations en tension des réseaux de

# Division du travail

---

Divisé en 5 *workpackages* :

1. Lecture
2. Mise en main

# Étude des régulations en tension des réseaux de

1. Lecture
2. Mise en main

# Division du travail

---

Divisé en 5 *workpackages* :

1. Lecture
2. Mise en main
3. Programmation

# Étude des régulations en tension des réseaux de

1. Lecture
2. Mise en main
3. Programmation

# Division du travail

---

Divisé en 5 *workpackages* :

1. Lecture
2. Mise en main
3. Programmation
4. Intégration

# Étude des régulations en tension des réseaux de

1. Lecture
2. Mise en main
3. Programmation
4. Intégration

# Division du travail

---

Divisé en 5 *workpackages* :

1. Lecture
2. Mise en main
3. Programmation
4. Intégration
5. Rédaction

# Étude des régulations en tension des réseaux de

1. Lecture
2. Mise en main
3. Programmation
4. Intégration
5. Rédaction

# Division du travail

---

Divisé en 5 *workpackages* :

1. Lecture
2. Mise en main ←
3. Programmation ←
4. Intégration ←
5. Rédaction

# Étude des régulations en tension des réseaux de

1. Lecture
2. Mise en main ←
3. Programmation ←
4. Intégration ←
5. Rédaction



# Summaire

---

## 4 Méthodologie

- Mise en main
- Programmation
- Intégration

# Étude des régulations en tension des réseaux de

## Mise en main

---

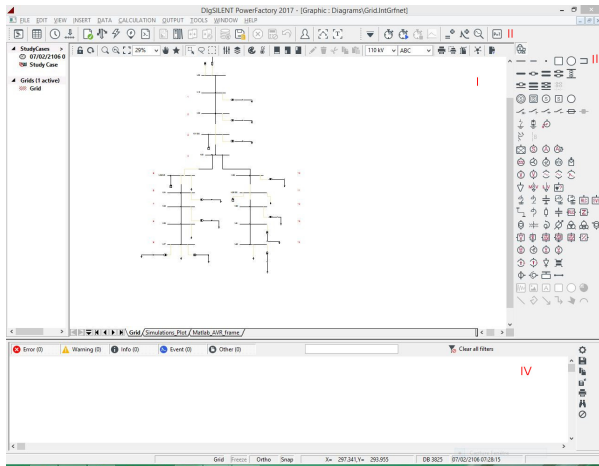
- Software DIgSILENT PowerFactory

## Mise en main

---

- Software DIgSILENT PowerFactory
  - Interface

# Mise en main



2017-09-13

# Étude des régulations en tension des réseaux de

Mise en main



# Mise en main

---

- Software DIgSILENT PowerFactory
  - Interface
  - Exemples de simulation

# Étude des régulations en tension des réseaux de

Lembrar de falar dos scripts e linguagens  
Também dos tipos de Simulação

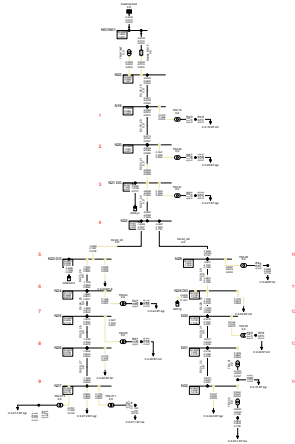
## Mise en main

---

- Software DIgSILENT PowerFactory
  - Interface
  - Exemples de simulation
  - Montage modèle du réseau

# Étude des régulations en tension des réseaux de

## Mise en main



# Étude des régulations en tension des réseaux de

16 bus, 16 Charges 12 transformateurs, dont 11 connectées  
aux charges et 3 Générateurs (PV)

Générateurs originelles étaient Machine synchrone, modifié à  
cause de la réponse



# Programmation

---

Scripts en MATLAB et Python :

# Étude des régulations en tension des réseaux de



# Programmation

---

Scripts en MATLAB et Python :

- Charger valeurs dans le modèle

## Étude des régulations en tension des réseaux de

# Programmation

---

Scripts en MATLAB et Python :

- Charger valeurs dans le modèle
- Calculer gains

## Étude des régulations en tension des réseaux de

# Programmation

---

Scripts en MATLAB et Python :

- Charger valeurs dans le modèle
- Calculer gains
- Créer événements qui se passent pendant les simulations

## Étude des régulations en tension des réseaux de

- Charger valeurs dans le modèle
- Calculer gains
- Créer événements qui se passent pendant les simulations

# Programmation

---

Scripts en MATLAB et Python :

- Charger valeurs dans le modèle
- Calculer gains
- Créer événements qui se passent pendant les simulations
- Faire des simulations RMS et EMT

# Étude des régulations en tension des réseaux de

Scripts en MATLAB et Python :

- Charger valeurs dans le modèle
- Calculer gains
- Créer événements qui se passent pendant les simulations
- Faire des simulations RMS et EMT

# Programmation

Scripts en MATLAB et Python :

- Charger valeurs dans le modèle
- Calculer gains
- Créer événements qui se passent pendant les simulations
- Faire des simulations RMS et EMT
- Transformer les données .csv en .mat

## Étude des régulations en tension des réseaux de

- Charger valeurs dans le modèle
- Calculer gains
- Créer événements qui se passent pendant les simulations
- Faire des simulations RMS et EMT
- Transformer les données .csv en .mat

# Intégration

---

Matlab/Simulink ↔ DIgSILENT PowerFactory

2017-09-13

## Étude des régulations en tension des réseaux de

Principal but

Intégration pour faciliter modifier type de régulateur

Il faut 3 choses

# Intégration

---

Matlab/Simulink ↔ DIgSILENT PowerFactory

- Modèle Simulink .mdl

## Étude des régulations en tension des réseaux de

Simulink onde fica o controlador

# Intégration

---

Matlab/Simulink ↔ DIgSILENT PowerFactory

- Modèle Simulink .mdl
- Fichier MATLAB .m

## Étude des régulations en tension des réseaux de

Matlab faz appel para courir simulação



# Intégration

Matlab/Simulink ↔ DIgSILENT PowerFactory

- Modèle Simulink .mdl
- Fichier MATLAB .m
- Bloc générique dans DIgSILENT PowerFactory

2017-09-13

## Étude des régulations en tension des réseaux de

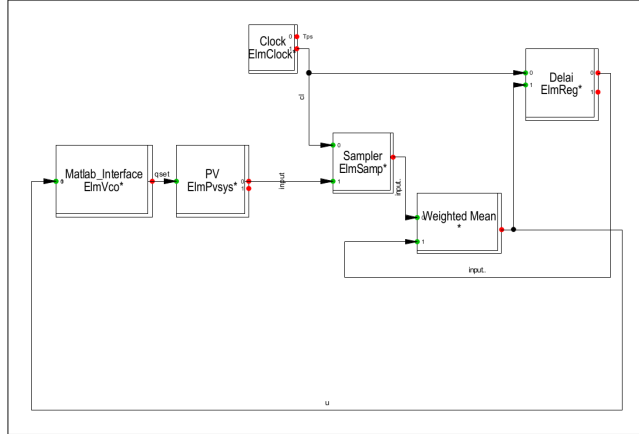
Bloc créé dans DIgSILENT PowerFactory qui appelle fichier .m  
Faire du problème de échantillonnage, appel au matlab fixe  
avec pas d'intégration → besoin d'avoir le filtre numérique  
dehors matlab de

Intégration

- Matlab/Simulink ↔ DIgSILENT PowerFactory
- Modèle Simulink .mdl
  - Fichier MATLAB .m
  - Bloc générique dans DIgSILENT PowerFactory

# Intégration

Matlab\_AVR\_frame:



# Étude des régulations en tension des réseaux de

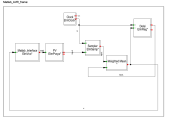
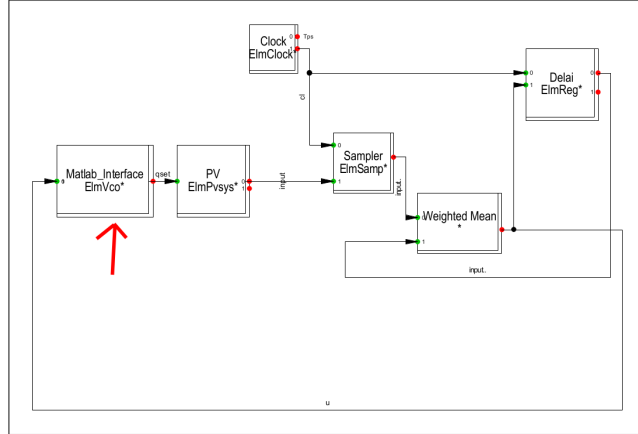


Diagramme du modèle utilisé par chaque generateur

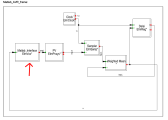
# Intégration

Matlab\_AVR\_frame:



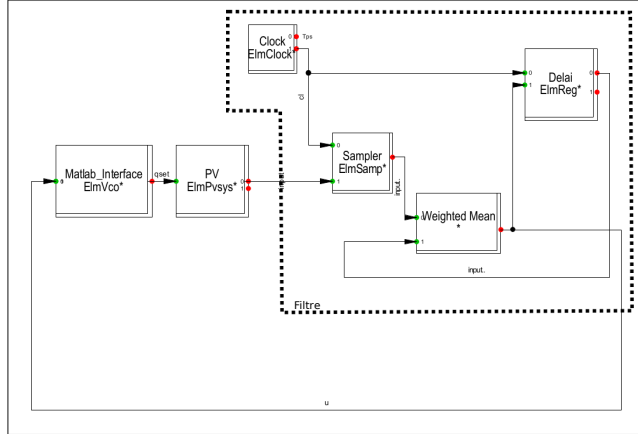
# Étude des régulations en tension des réseaux de

Bloc MATLAB



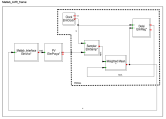
# Intégration

Matlab\_AVR\_frame:

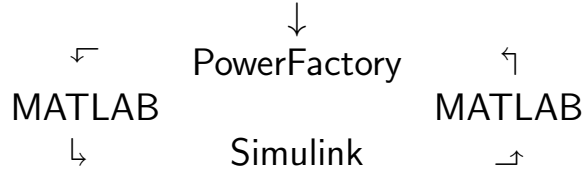


# Étude des régulations en tension des réseaux de

Implementation du Filtre numérique



# Intégration



2017-09-13

# Étude des régulations en tension des réseaux de

Intégration



# Sommaire

---

## 5 Résultats

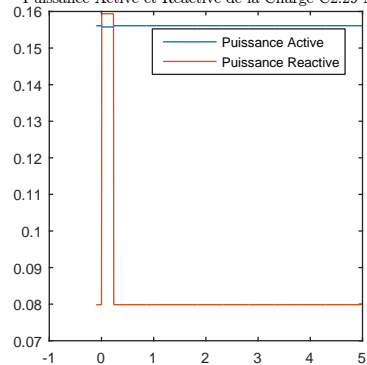
- Gain
- Simulation

# Étude des régulations en tension des réseaux de

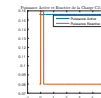
Résultats principaux des scripts et commande

# Gain

Puissance Active et Reactive de la Charge C2.29 MT

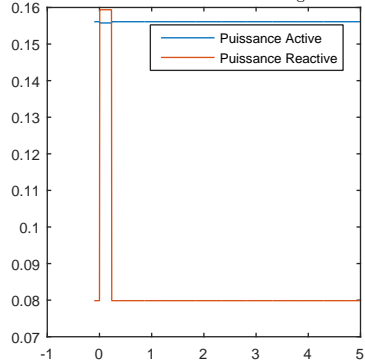


# Étude des régulations en tension des réseaux de

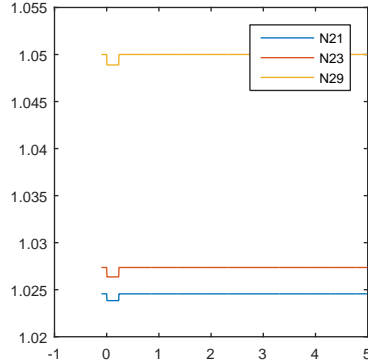


# Gain

Puissance Active et Reactive de la Charge C2.29 MT



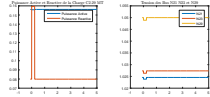
Tension des Bus N21 N23 et N29



# Étude des régulations en tension des réseaux de

Ca était fait pour chaque charge et chaque bus et matrice a été fait

Le tableaux serait trop petit, c'est pas coherent





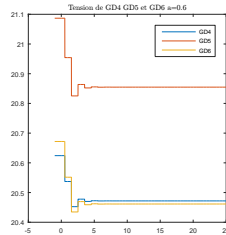
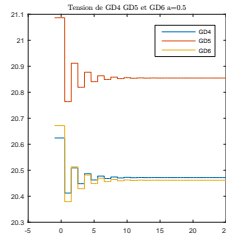
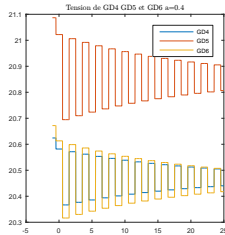
# Matrice de Gain

$$\begin{array}{cccccc}
 \frac{V_{N01}}{Q_{C2-19}} & \frac{V_{N02}}{Q_{C2-19}} & \frac{V_{N19}}{Q_{C2-19}} & \frac{V_{N20}}{Q_{C2-19}} & \dots & \frac{V_{N32}}{Q_{C2-19}} \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\
 \frac{V_{N01}}{Q_{C2-27.1}} & \frac{V_{N02}}{Q_{C2-27.1}} & \frac{V_{N19}}{Q_{C2-27.1}} & \frac{V_{N20}}{Q_{C2-27.1}} & \dots & \frac{V_{N32}}{Q_{C2-27.1}} \\
 \frac{V_{N01}}{Q_{C2-27.2}} & \frac{V_{N02}}{Q_{C2-27.2}} & \frac{V_{N19}}{Q_{C2-27.2}} & \frac{V_{N20}}{Q_{C2-27.2}} & \dots & \frac{V_{N32}}{Q_{C2-27.2}} \\
 \frac{V_{N01}}{Q_{C2-27.3}} & \frac{V_{N02}}{Q_{C2-27.3}} & \frac{V_{N19}}{Q_{C2-27.3}} & \frac{V_{N20}}{Q_{C2-27.3}} & \dots & \frac{V_{N32}}{Q_{C2-27.3}} \\
 \frac{V_{N01}}{Q_{C2-28}} & \frac{V_{N02}}{Q_{C2-28}} & \frac{V_{N19}}{Q_{C2-28}} & \frac{V_{N20}}{Q_{C2-28}} & \dots & \frac{V_{N32}}{Q_{C2-28}} \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\
 \frac{V_{N01}}{Q_{C2-32.1}} & \frac{V_{N02}}{Q_{C2-32.1}} & \frac{V_{N19}}{Q_{C2-32.1}} & \frac{V_{N20}}{Q_{C2-32.1}} & \dots & \frac{V_{N32}}{Q_{C2-32.1}} \\
 \frac{V_{N01}}{Q_{C2-32.2}} & \frac{V_{N02}}{Q_{C2-32.2}} & \frac{V_{N19}}{Q_{C2-32.2}} & \frac{V_{N20}}{Q_{C2-32.2}} & \dots & \frac{V_{N32}}{Q_{C2-32.2}}
 \end{array}$$

# Étude des régulations en tension des réseaux de

$\frac{V_{N01}}{Q_{C2-19}}$	$\frac{V_{N02}}{Q_{C2-19}}$	$\frac{V_{N19}}{Q_{C2-19}}$	$\frac{V_{N20}}{Q_{C2-19}}$	$\dots$	$\frac{V_{N32}}{Q_{C2-19}}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$
$\frac{V_{N01}}{Q_{C2-27.1}}$	$\frac{V_{N02}}{Q_{C2-27.1}}$	$\frac{V_{N19}}{Q_{C2-27.1}}$	$\frac{V_{N20}}{Q_{C2-27.1}}$	$\dots$	$\frac{V_{N32}}{Q_{C2-27.1}}$
$\frac{V_{N01}}{Q_{C2-27.2}}$	$\frac{V_{N02}}{Q_{C2-27.2}}$	$\frac{V_{N19}}{Q_{C2-27.2}}$	$\frac{V_{N20}}{Q_{C2-27.2}}$	$\dots$	$\frac{V_{N32}}{Q_{C2-27.2}}$
$\frac{V_{N01}}{Q_{C2-27.3}}$	$\frac{V_{N02}}{Q_{C2-27.3}}$	$\frac{V_{N19}}{Q_{C2-27.3}}$	$\frac{V_{N20}}{Q_{C2-27.3}}$	$\dots$	$\frac{V_{N32}}{Q_{C2-27.3}}$
$\frac{V_{N01}}{Q_{C2-28}}$	$\frac{V_{N02}}{Q_{C2-28}}$	$\frac{V_{N19}}{Q_{C2-28}}$	$\frac{V_{N20}}{Q_{C2-28}}$	$\dots$	$\frac{V_{N32}}{Q_{C2-28}}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$
$\frac{V_{N01}}{Q_{C2-32.1}}$	$\frac{V_{N02}}{Q_{C2-32.1}}$	$\frac{V_{N19}}{Q_{C2-32.1}}$	$\frac{V_{N20}}{Q_{C2-32.1}}$	$\dots$	$\frac{V_{N32}}{Q_{C2-32.1}}$
$\frac{V_{N01}}{Q_{C2-32.2}}$	$\frac{V_{N02}}{Q_{C2-32.2}}$	$\frac{V_{N19}}{Q_{C2-32.2}}$	$\frac{V_{N20}}{Q_{C2-32.2}}$	$\dots$	$\frac{V_{N32}}{Q_{C2-32.2}}$

# Simulation



Sans Perturbation

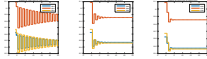
2017-09-13

## Étude des régulations en tension des réseaux de

Pour faciliter la visualisation les prochains graphiques seront d'un seul générateur

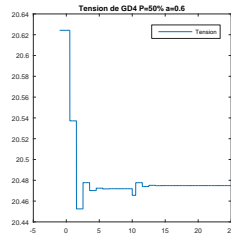
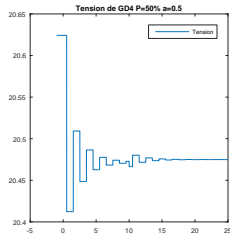
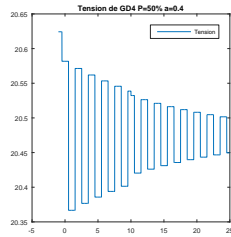
Tension en MegaVolts et temps en secondes

Simulation

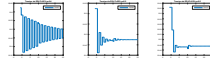


Sans Perturbation

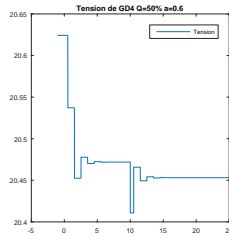
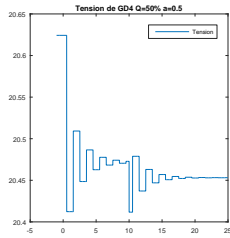
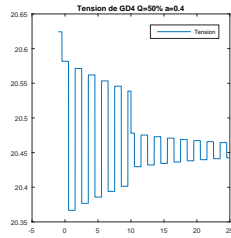
# Simulation



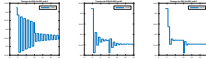
Changement de Puissance Active en +50%  
Charge C2\_29\_MT



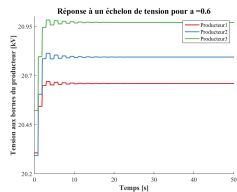
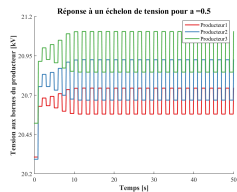
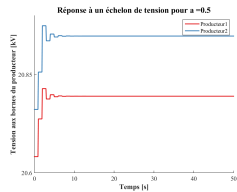
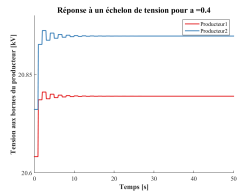
# Simulation



Changement de Puissance Réactive +50%  
Charge C2\_29\_MT



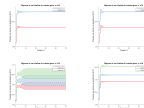
# Simulation



2017-09-13

# Étude des régulations en tension des réseaux de

Simulation



# Sommaire

---

## 6 Difficultés et Conclusions

# Difficultés

---

*Tout devient facile après avoir appris*

## Étude des régulations en tension des réseaux de

## Difficultés

---

- Intégration assez facile



## Difficultés

---

- Intégration assez facile (Si on connaît les variables)

# Difficultés

---

- Intégration assez facile (Si on connaît les variables)
- Long temps de calcul  $\approx 5$  min/1 min simulation

## Étude des régulations en tension des réseaux de

- Intégration assez facile (Si on connaît les variables)
- Long temps de calcul  $\approx 5$  min/1 min simulation

# Difficultés

---

- Intégration assez facile (Si on connaît les variables)
- Long temps de calcul  $\approx 5$  min/1 min simulation
- Conditions Initiales

## Étude des régulations en tension des réseaux de

- Intégration assez facile (Si on connaît les variables)
- Long temps de calcul  $\approx 5$  min/1 min simulation
- Conditions Initiales

# Difficultés

---

- Intégration assez facile (Si on connaît les variables)
- Long temps de calcul  $\approx 5$  min/1 min simulation
- Conditions Initiales [il faut régler](#)

# Étude des régulations en tension des réseaux de

- Intégration assez facile (Si on connaît les variables)
- Long temps de calcul  $\approx 5$  min/1 min simulation
- Conditions Initiales [il faut régler](#)

# Difficultés

---

- Intégration assez facile (Si on connaît les variables)
- Long temps de calcul  $\approx 5$  min/1 min simulation
- Conditions Initiales [il faut régler](#)
- Documentation du DIgSILENT PowerFactory
- Communauté PowerFactory presque inexistant

# Étude des régulations en tension des réseaux de

- Intégration assez facile (Si on connaît les variables)
- Long temps de calcul  $\approx 5$  min/1 min simulation
- Conditions Initiales [il faut régler](#)
- Documentation du DIgSILENT PowerFactory
- Communauté PowerFactory presque inexistant

# Difficultés

---

- Intégration assez facile (Si on connaît les variables)
- Long temps de calcul  $\approx 5$  min/1 min simulation
- Conditions Initiales [il faut régler](#)
- Documentation du DIgSILENT PowerFactory
- Communauté PowerFactory presque inexistant

# Étude des régulations en tension des réseaux de

- Intégration assez facile (Si on connaît les variables)
- Long temps de calcul  $\approx 5$  min/1 min simulation
- Conditions Initiales [il faut régler](#)
- Documentation du DIgSILENT PowerFactory
- Communauté PowerFactory presque inexistant

## Conclusion

---

- Stabilité

# Conclusion

---

- Stabilité
- Possibilité d'intégration MATLAB  $\leftrightarrow$  PowerFactory




# Conclusion

---

- Stabilité
- Possibilité d'intégration MATLAB  $\leftrightarrow$  PowerFactory
- API python

# Contact


---

rafaelacccacio.nogueira@supelec.fr  
raccacio@poli.ufrj.br  
 Accacio

2017-09-13

# Étude des régulations en tension des réseaux de

Contact

rafaelacccacio.nogueira@supelec.fr  
raccacio@poli.ufrj.br  
 Accacio