

Détection d'îlotage dans les réseaux de distribution électriques

sujet proposé par F. Cadoux,
titulaire de la chaire industrielle ERDF sur les "smart-grids" de Grenoble INP

2 septembre 2013

Un réseau électrique est un gros système dynamique dans lequel les générateurs principaux (centrales thermiques et hydrauliques) sont équipés de dispositifs de contrôle-commande qui régulent (eg via l'admission de vapeur) le couple moteur imposé par la turbine de manière à maintenir la fréquence de rotation du rotor, donc la fréquence de l'onde de tension sur le réseau, à une valeur prescrite, malgré les fluctuations de la charge qui modifient le couple résistant. Des dispositifs similaires existent pour maintenir la tension. D'autre part, lorsqu'une partie du réseau de distribution (ie le réseau moyenne

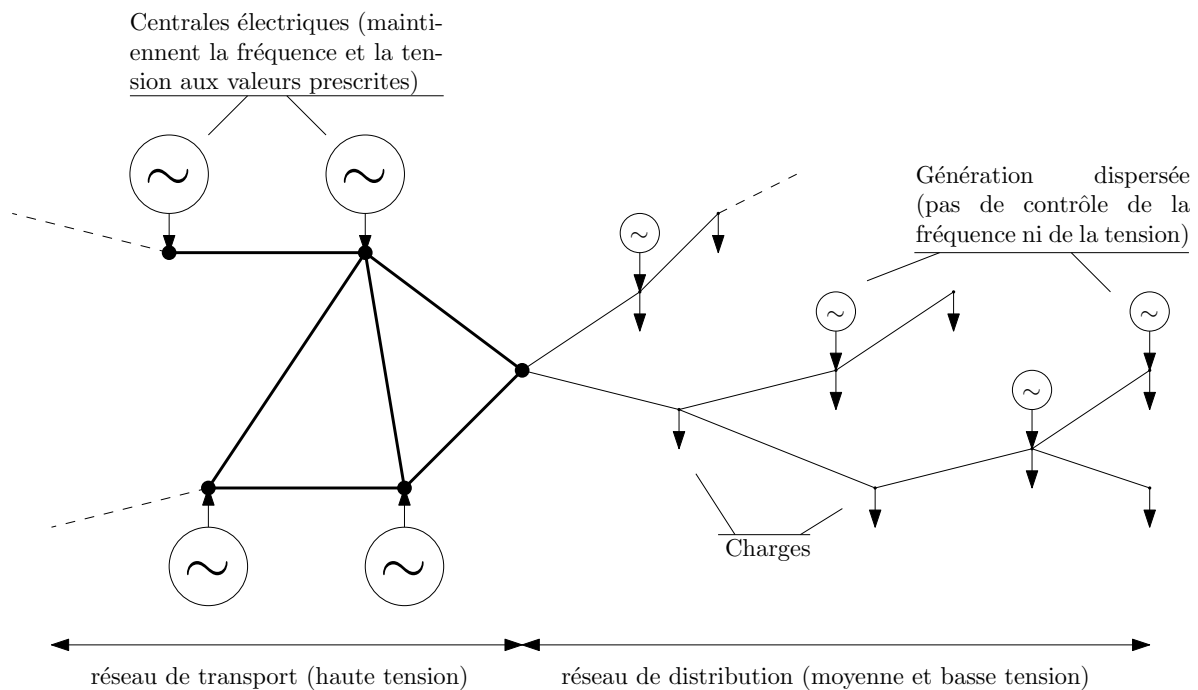


FIGURE 1 – Schéma d'un réseau électrique.

et basse tension qui alimente les clients en les reliant au réseau de transport) se retrouve isolée du reste du réseau, par exemple suite à l'ouverture d'un disjoncteur, une opération de maintenance ou la rupture d'une ligne, il est important du point de vue de la sécurité des personnes et des biens que les générateurs qui s'y trouvent (notamment les panneaux photovoltaïques installés par des particuliers) se découplent du réseau et cessent d'injecter de la puissance. C'est ce que l'on appelle la "protection anti-îlotage". Or les générateurs secondaires de faible puissance ne sont pas équipés des asservissements

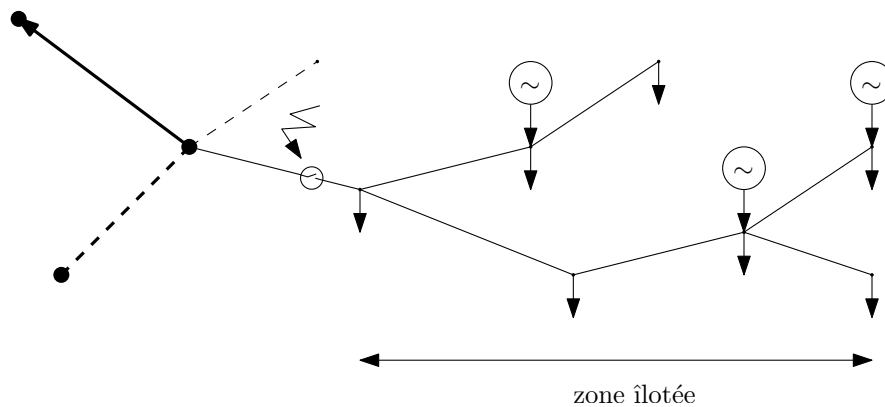


FIGURE 2 – Une partie du réseau de distribution peut être isolée du reste du réseau.

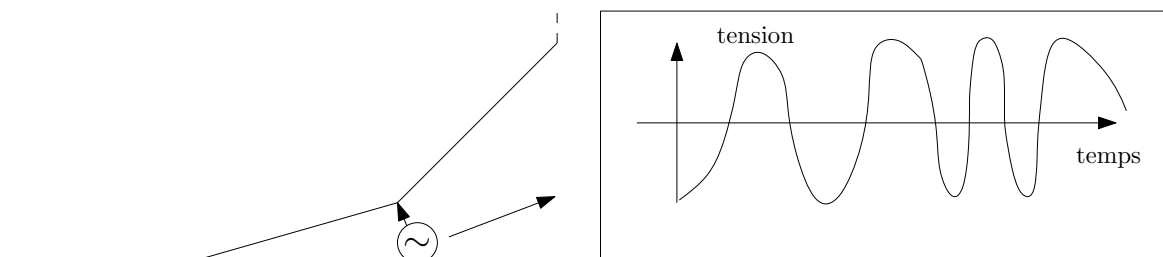
mentionnés ci-dessus pour les générateurs principaux. Lorsqu'un îlotage se produit, la fréquence et la tension ne sont plus maintenues et ont tendance à dévier des valeurs prescrites, ce que les générateurs dispersés peuvent facilement détecter : ils réagissent donc en se déconnectant dès que la fréquence ou la tension sortent d'une étroite bande prédéfinie. Ce dispositif fonctionne, mais présente des effets



FIGURE 3 – La fréquence sur un grand réseau interconnecté est très stable (fréquence en Hz du réseau National Grid le 30/08/2013 observée sur une période d'une heure – source National Grid).

secondaires indésirables car il est trop sensible : en cas de problème de fréquence sur le réseau de transport (qui serait signe d'un dysfonctionnement, comme la perte d'un gros générateur), on pourrait voir tous les générateurs dispersés réagir en se déconnectant, ce qui pourrait amplifier et aggraver le prob-

lème initial. Le sujet proposé consiste donc à réfléchir à d'autres manières de détecter l'ilotage, qui ne



Le générateur dispersé observe une perturbation de l'onde de tension ; est-ce un îlotage ?

FIGURE 4 – Lorsqu'un générateur dispersée observe des perturbations de l'onde de tension à son point de connexion, il doit deviner s'il s'agit d'un îlotage (et alors, se découpler) ou un autre problème (et alors, rester connecté).

seraient pas susceptible de déclencher de faux-positif en cas d'avarie sur le réseau de transport. On peut envisager des techniques dites "actives" (les générateurs dispersés injectent un signal dans le réseau et analysent son effet) et des techniques avec communication (par exemple, les générateurs dispersés sont reliés au poste-source par CPL et s'assurent régulièrement que la liaison n'est pas rompue) ; cependant nous proposons de nous limiter aux techniques dites "passives", comme celle utilisée actuellement, qui ne nécessitent que l'observation de l'onde de tension au point de raccordement du générateur considéré.

Un certain nombre de solutions ont déjà été envisagées pour attaquer ce problème, aucune ne fonctionnant de manière totalement satisfaisante. La plupart des propositions viennent de la communauté électrotechnique, et exploitent autant que possible la physique du problème. On peut cependant envisager de laisser de côté cette physique pour s'appuyer plutôt une approche par apprentissage, utilisant les outils des statistiques et du traitement du signal. On produirait par simulation numérique un grand nombre d'enregistrements de l'onde de tension vue par un générateur dispersé, qui montreraient des cas d'ilotage, des cas d'avarie sur le réseau de transport, et des cas "normaux" sans événement particulier, et la question serait : peut-on apprendre à un algorithme à distinguer ces trois situations ?

Ce programme de travail peut sans doute être réalisé en utilisant uniquement des "traitements mathématiques" et sans tellement s'intéresser la physique sous-jacente, mais il serait probablement plus satisfaisant et efficace de la comprendre. Cette physique est celle d'un gros système dynamique composés de rotors soumis à un couple (moteur) mécanique et un couple (résistant) électromagnétique, reliés par des lignes électriques entre eux et avec des charges. Ce système est stabilisé aux valeurs désirées (50Hz, 220V chez le client) par des automatismes. L'allure de la courbe de fréquence du réseau après la perte d'un groupe de production, par exemple, ne peut être interprétée que si l'on a compris cette physique. C'est pourquoi, en plus des compétences principales en statistiques et en traitement du signal, il pourrait être utile aux étudiants de posséder quelques connaissances en système dynamiques et en contrôle-commande.