

---

# Table des matières

---

<b>Préface</b> . . . . .	11
Miroslav BEGOVIC	
<b>Introduction. Bienvenue dans le domaine des Smart Grids</b> . . . . .	13
<b>Chapitre 1. Les DSO dans un environnement en pleine mutation</b> . . . . .	17
1.1. Des politiques énergétiques qui favorisent la transition énergétique . . . . .	17
1.2. Une nouvelle ère de révolution technologique . . . . .	23
<b>Chapitre 2. Conception et exploitation des réseaux de distribution actuels</b> . . . . .	27
2.1. Les Smart Grids sont des <i>grids</i> avant tout ! . . . . .	27
2.2. Le DSO, un acteur au cœur du système électrique . . . . .	28
2.3. Une nécessaire maîtrise des contraintes techniques et réglementaires . . . . .	31
2.4. Généralités sur la conception des réseaux . . . . .	34
2.4.1. Les postes de transformation . . . . .	35
2.4.2. Le câblage et les structures . . . . .	37
2.4.3. Les dispositifs de gestion de défaut . . . . .	39
2.4.4. Les capteurs, équipements numériques et logiciels . . . . .	40
2.4.5. L'importance des télécommunications dans l'exploitation des réseaux de distribution . . . . .	41
2.5. Les facteurs différenciant de la structuration des réseaux . . . . .	43

- 2.5.1. Les niveaux de tension . . . . . 44
- 2.5.2. Le régime de neutre HTA . . . . . 46
- 2.5.3. L'équilibre fiabilité/redondance/automatisation . . . . . 47
- 2.5.4. La densité et la structure de l'habitat . . . . . 48
- 2.5.5. Les écarts en matière de construction . . . . . 49
- 2.6. Sûreté et planification des réseaux . . . . . 49
  - 2.6.1. Développement des réseaux de distribution . . . . . 50
  - 2.6.2. Exploitation des réseaux de distribution. . . . . 51
  - 2.6.3. Les études de sureté de fonctionnement. . . . . 51
  - 2.6.4. Méthode de Monte Carlo . . . . . 51
  - 2.6.5. Quelques résultats d'application de la méthode de Monte Carlo . . . . . 52
- 2.7. Modernisation progressive d'un réseau de distribution : l'exemple français . . . . . 53
  - 2.7.1. Standardisation (1950-1965) et expansion du réseau (1965-1985) . . . . . 53
  - 2.7.2. Atteinte d'un niveau minimal de qualité pour tous les clients. . . . . 54
  - 2.7.3. Amélioration ciblée de la qualité selon les besoins . . . . . 56
  - 2.7.4. Désensibilisation progressive des réseaux aux aléas climatiques. . . . . 56

**Chapitre 3. Enjeux et fonctions principales des Smart Grids . . . . . 59**

- 3.1. Enjeux de l'évolution des réseaux de distribution . . . . . 59
  - 3.1.1. Intégration massive des sources d'énergie renouvelable . . . . . 59
  - 3.1.2. Contribution au développement des véhicules électriques et des infrastructures de chargement. . . . . 60
  - 3.1.3. Etablissement de nouveaux mécanismes de marché (écrêtement de pointe, marché de capacité...) . . . . . 62
  - 3.1.4. Participation au développement de nouveaux usages contribuant aux infrastructures énergétiques . . . . . 64
  - 3.1.5. Le renouvellement urbain et la montée en puissance de la ville intelligente . . . . . 65
  - 3.1.6. Intégration des solutions de stockage d'énergie . . . . . 66
- 3.2. Fonctions principales des Smart Grids . . . . . 71
  - 3.2.1. Vers une gestion dynamique des réseaux par les DSO . . . . . 71
  - 3.2.2. La structuration du modèle ciblé basé sur les fonctions clés. . . . . 72
  - 3.2.3. Améliorer l'efficacité de l'exploitation du réseau au quotidien . . . . . 74

3.2.4. Assurer la sûreté du réseau, le contrôle du système et la qualité de la fourniture. . . . .	76
3.2.5. Améliorer la fonction du marché et le service client . . . . .	78
3.2.6. Codes de réseaux européens. . . . .	79
<b>Chapitre 4. Le comptage, une activité cœur des DSO . . . . .</b>	<b>81</b>
4.1. Les compteurs intelligents sont des outils clés pour le déploiement des Smart Grids . . . . .	81
4.2. Une approche continue d'amélioration et d'innovation . . . . .	82
4.2.1. De la relève à pied au télé-report pour les clients du marché de masse . . . . .	82
4.2.2. Le comptage intelligent et le télé-relevé depuis 20 ans pour les clients industriels. . . . .	82
4.3. Les systèmes de comptage AMI. . . . .	84
4.4. Focus sur le système de comptage intelligent Linky. . . . .	89
4.4.1. Le périmètre du projet . . . . .	89
4.4.2. Architecture et choix techniques . . . . .	89
4.4.3. Point sur le fonctionnement du système. . . . .	92
4.4.4. La scalabilité et la sécurité du système Linky . . . . .	96
4.4.5. Analyse technico-économique . . . . .	97
4.5. Focus sur la technologie CPL G3 . . . . .	97
4.5.1. Principes de communication par courant porteur en ligne (CPL). . . . .	97
4.5.2. Différents types de techniques de modulation CPL au niveau physique . . . . .	98
4.5.3. Les caractéristiques de la technologie CPL G3 . . . . .	101
4.5.4. CPL G3 est un standard mature. . . . .	105
4.6. La contribution des compteurs intelligents au développement des Smart Grids avancés. . . . .	107
4.6.1. France : Linky au service du réseau de distribution. . . . .	107
<b>Chapitre 5. Focus sur les options de flexibilité . . . . .</b>	<b>113</b>
5.1. La flexibilité, un outil complémentaire pour les DSO . . . . .	113
5.1.1. Introduction . . . . .	113
5.1.2. Besoins des DSO en termes de flexibilité. . . . .	114
5.1.3. La valeur de la flexibilité . . . . .	116
5.1.4. Deux grandes catégories de leviers. . . . .	118
5.1.5. Analyse du Merit Order . . . . .	119
5.1.6. Mécanisme d'échanges entre DSO et TSO . . . . .	120

5.1.7. Retours d'expérience de plusieurs projets dans le monde . . . . .	121
5.2. La participation des usagers finaux aux services de flexibilité . . . . .	122
5.2.1. Introduction . . . . .	122
5.2.2. Le point sur les différents outils et services en aval du compteur intelligent . . . . .	123
5.2.3. L'engagement nécessaire des clients finaux . . . . .	128
5.2.4. Comparaisons internationales et retours d'expérience . . . . .	129
5.3. La gestion de données en tant que facteur clé de succès . . . . .	131
5.3.1. Les DSO ont une longue expérience dans la gestion de données . . . . .	131
5.3.2. DSO, le facilitateur de marché . . . . .	132
<b>Chapitre 6. Projets pilotes et cas d'usage . . . . .</b>	<b>135</b>
6.1. Une dynamique mondiale avec des spécificités régionales . . . . .	135
6.2. L'Amérique du Nord . . . . .	137
6.2.1. Enjeux/leviers de développement des Smart Grids . . . . .	137
6.2.2. Les principales démarches expérimentales . . . . .	137
6.3. L'Asie . . . . .	138
6.3.1. Enjeux de développement des Smart Grids . . . . .	138
6.3.2. L'approche engagée à partir d'expérimentations . . . . .	139
6.4. L'Europe . . . . .	142
6.4.1. Enjeux de développement des Smart Grids . . . . .	142
6.4.2. Les principales démarches expérimentales . . . . .	144
6.5. Le projet européen Grid4EU encourage et accélère le partage d'expérience . . . . .	146
6.5.1. Un projet pilote qui s'appuie sur les démonstrateurs de six DSO . . . . .	146
6.5.2. DEMO1 (Allemagne – RWE) : automates de conduite HTA et détermination du ratio entre intelligence décentralisée dans les postes HTA/BT . . . . .	147
6.5.3. DEMO2 (Suède – Vattenfal) : outil d'exploitation BT et en particulier de détection de défaut BT . . . . .	148
6.5.4. DEMO3 (Espagne – Iberdrola) : détection de défauts HTA et BT, reconfiguration du réseau HTA sur incident . . . . .	149
6.5.5. DEMO4 (Italie – ENEL) : modèle économique et gestion technique du stockage, régulation de la tension HTA, anti-îlotage des productions décentralisées . . . . .	150
6.5.6. DEMO5 (République tchèque – CEZ) : opération d'îlotage avec cogénération, détection des défauts HTA et BT, reconfiguration du réseau HTA suite à incident . . . . .	151

6.5.7. DEMO6 (France – ERDF) : projet Nice Grid . . . . .	152
6.6. Une approche basée sur les cas d'usage . . . . .	153
6.6.1. Définition. . . . .	153
6.6.2. Avantages . . . . .	154
6.6.3. Le développement des <i>use cases</i> . . . . .	154
6.7. Focus sur quelques projets avancés du recueil ISGAN sur la gestion de la demande . . . . .	155
6.7.1. Contexte du recueil de cas de référence . . . . .	156
6.7.2. Danemark – EcoGrid EU . . . . .	156
6.7.3. Japon – Kitakyushu Smart Community Creation Project. . . . .	157
6.7.4. Pays-Bas – PowerMatchingCity . . . . .	159
6.7.5. Canada – Une centrale électrique virtuelle pour équilibrer l'énergie éolienne. . . . .	160
<b>Chapitre 7. Les Smart Grids sont l'avenir du distributeur . . . . .</b>	<b>163</b>
7.1. Des Smart Grids avancés pour les DSO au niveau mondial . . . . .	163
7.1.1. L'évolution vers les Smart Grids est inéluctable. . . . .	163
7.1.2. Le développement des Smart Grids constitue une nécessité pour les DSO... . . . . .	164
7.1.3. ... mais aussi une opportunité. . . . .	166
7.2. Une évolution nécessaire des attributs et des rôles des DSO . . . . .	166
7.2.1. Des compétences sont nécessaires pour mener à bien les expérimentations et en tirer le maximum de retours d'expérience . . . . .	166
7.2.2. Des ressources et des compétences à renforcer pour préparer l'industrialisation et le déploiement à grande échelle. . . . .	167
7.2.3. De nouveaux métiers et compétences à pérenniser pour l'exploitation et la maintenance des réseaux électriques du futur. . . . .	168
7.3. La filière électrique française se mobilise aux côtés des gestionnaires de réseau : le plan « réseau électrique intelligent » . . . . .	169
<b>Chapitre 8. Points clés à retenir . . . . .</b>	<b>171</b>
8.1. Les Smart Grids ou la véritable révolution des réseaux . . . . .	171
8.1.1. Les Smart Grids . . . . .	172
8.2. Plus d'ENR signifie plus de réseau . . . . .	172
8.3. Le DSO est un facilitateur . . . . .	173
8.4. Consommateur ou consom'acteur ? . . . . .	174
8.5. Le compteur communicant au service des Smart Grids . . . . .	175

8.6. Une <i>smart bubble</i> ? . . . . .	175
8.7. Investir pour économiser ? . . . . .	177
8.8. Les Smart Grids : une véritable opportunité industrielle . . . . .	177
<b>Liste des acronymes</b> . . . . .	179
<b>Bibliographie</b> . . . . .	183
<b>Index</b> . . . . .	189