

Description physique du réseau public

RESUME / AVERTISSEMENT

Ce document décrit le réseau public de distribution d'électricité géré par URM.

Sommaire

1.	Rappel de la réglementation technique.....	3
1.1.	Le contexte de la distribution	3
2.	Les caractéristiques du réseau de distribution	6
2.1.	Le réseau HTB	6
2.2.	Le poste source	6
2.3.	Le réseau HTA	6
2.4.	Le réseau BT	7
3.	Les protections du réseau de distribution.....	8
3.1.	Les protections et les automatismes	8
3.2.	La protection du réseau HTB	8
3.3.	La protection des postes-sources	8
3.4.	La protection du réseau HTA	8
3.5.	La protection du réseau BT	9
4.	Le développement du réseau de distribution	9
4.1.	La politique qualité de fourniture	9
4.2.	Les études et la planification des développements du réseau	9
4.2.1	L'étude des postes sources	10
4.2.2	L'étude du réseau HTA	10
4.2.3	L'étude du réseau BT.....	10
4.3.	Les seuils de contrainte de tension sur les réseaux pour les études	10
4.4.	Les seuils de contrainte d'intensité sur les réseaux pour les études	10
4.4.1	Les normes et spécifications.....	11
4.4.2	Contraintes d'intensité prises en compte dans les études de planification	11
5.	Le Schéma de développement des postes-sources et du réseau HTA	12
5.1.	Les principes	12
5.1.1	La prévision des consommations et des puissances	12
5.1.2	La cible à long terme.....	12
5.1.3	La définition des stratégies de développement des réseaux.....	12
5.1.4	L'échéancier des travaux et des investissements	12
5.1.5	L'estimation du niveau de qualité de fourniture	12

1. Rappel de la réglementation technique

1.1. Le contexte de la distribution

Les principaux textes en vigueur sont rappelés ci-dessous.

La loi sur les distributions d'énergie du 15 juin 1906 a instauré le régime de la concession pour les lignes électriques. Elle a souvent été modifiée par des lois et décrets, notamment avant la nationalisation.

La loi de nationalisation n°46-628 du 8 avril 1946 reste en vigueur dans son ensemble. Parmi les six articles qui ont été modifiés par la loi du 10 février 2000, on retiendra :

L'article 1 - Sont nationalisés la production, le transport, la distribution, l'importation et l'exportation d'électricité. Toutefois, à compter de la date d'entrée en vigueur de la loi 2000-108 du 10 février 2000, les activités de production, d'importation et d'exportation d'électricité, ainsi que les activités de fourniture aux clients éligibles sont exercées dans les conditions déterminées par cette même loi.

L'article 46 – Après modification, la loi du 10 février 2000 exclut les services de distribution d'électricité des restrictions exprimées dans l'article initial.

La directive européenne 96/92/CE du 19 décembre 1996 concerne le marché intérieur de l'électricité. Par la signature de ce document, les pays membres décident la création d'un marché unique de l'électricité soumis aux règles de la concurrence. La directive établit les règles suivantes :

- ouverture à la concurrence de la production d'électricité (modalités d'implantation des nouvelles unités de production laissées au choix des Etats membres),
- création d'un Gestionnaire du Réseau de Transport (GRT), indépendant, au moins sur le plan de la gestion, des autres activités non liées au réseau de Transport,
- attribution au GRT de la responsabilité de l'appel des installations de production,
- désignation d'un Gestionnaire du Réseau de Distribution (GRD),
- obligation de dissociation comptable pour les entreprises verticalement intégrées,
- définition des notions nouvelles de clients éligibles et de fournisseurs,
- choix laissé aux Etats entre l'accès au réseau négocié et l'accès réglementé,
- ouverture progressive du marché de l'électricité à la concurrence,
- désignation d'une autorité compétente, indépendante des parties, pour régler les litiges relatifs aux contrats,
- création de mécanismes de régulation, de contrôle et de transparence.

La loi n°2000-108 du 10 février 2000 relative à la modernisation et au développement du service public de l'électricité (transposition de la directive européenne de 96) n'a pas aboli les lois antérieures. La France a fait plusieurs choix, parmi lesquels :

- programmation pluriannuelle des investissements de production arrêtée et rendue publique par le ministre chargé de l'énergie avec rapport présenté au parlement,
- désignation d'EDF comme Gestionnaire du Réseau de Transport, d'EDF et des Distributeurs Non Nationalisés (DNN) comme Gestionnaires des Réseaux de Distribution,
- choix d'un accès réglementé pour la rémunération de l'utilisation des réseaux de transport et de distribution, avec tarification fixée et publiée par l'Etat sur proposition de la Commission de Régulation,
- obligation d'achat, pour EDF et les DNN, de certaines productions : cogénération, valorisation des déchets ménagers, utilisation d'énergies renouvelables,
- élaboration d'un schéma de développement du réseau de transport par RTE avec présentation annuelle d'un programme d'investissements sous le contrôle de la Commission de Régulation de l'Energie (CRE) et du ministre chargé de l'énergie,
- responsabilisation des GRD pour le développement des réseaux de distribution, sous réserve des dispositions de la loi de nationalisation de 1946, articles 13 et 36, concernant l'intervention des collectivités locales en tant qu'autorités concédantes.

La loi n° 2003-8 du 3 janvier 2003 relative aux marchés du gaz et de l'électricité et au service public de l'énergie - Le premier projet de loi de transposition de la directive gaz s'est transformé en projet de loi « relatif aux marchés du gaz et de l'électricité et au service public de l'énergie », permettant la modification de plusieurs dispositions de la loi électricité de février 2000. Le texte (titre VII), comporte 28 articles. Les principales modifications portent sur :

- le financement de la compensation des charges de service public par les consommateurs finaux d'électricité avec recouvrement par le gestionnaire du réseau pour les clients éligibles (instauration d'un prélèvement additionnel aux tarifs d'utilisation des réseaux),
- l'exercice, sans les limitations antérieures, du métier de fournisseur,
- l'éligibilité des distributeurs non nationalisés,
- la suppression de la durée minimale de 3 ans imposée aux contrats de fourniture,
- la faculté pour un fournisseur de conclure un contrat d'accès au réseau pour le compte des clients dont il est le fournisseur exclusif.
- Les compétences de la Commission de Régulation de l'Electricité, devenue Commission de Régulation de l'Energie, sont étendues au secteur du gaz. Concernant l'électricité, la CRE a pour principale mission d'assurer un accès équitable et transparent aux réseaux de transport et de distribution. Plus généralement, elle est chargée de veiller au fonctionnement régulier du marché et à l'absence de toute discrimination, subvention croisée ou entrave à la concurrence, en liaison avec le Conseil de la Concurrence. Les attributions de la CRE sont définies précisément dans la *loi du 10 février 2000*, titre VI « La Régulation ».

La loi du 10 février 2000 a annoncé la parution de décrets d'application. Plus de vingt décrets sont sortis concernant principalement :

- l'organisation et le fonctionnement de la CRE (*décret 2000-381 du 2 mai 2000*),
- l'éligibilité des consommateurs (*décret 2000-456 du 29 mai 2000* seuil de 16 GWh à partir du 19 février 2000 abaissé par le *décret n° 2003-100 du 5 février 2003* au seuil de 7 GWh),
- l'obligation d'achat pour les installations de production jusqu'à 12 MW (*décret 2000-1196 du 6 décembre 2000*),
- le renvoi des conditions de l'obligation d'achat de la production d'électricité (*décret 2001-410 du 10 mai 2001*) à des arrêtés ultérieurs (les tarifs, la durée des contrats, etc..)
- les principes de tarification de l'utilisation des réseaux transport et distribution établis à partir du coût des réseaux et incluant les coûts des pertes d'énergie et ceux liés aux comptages et la rémunération du capital investi, l'obligation faite aux gestionnaires de réseaux d'identifier sur les factures, pour les clients non-éligibles, le coût d'utilisation des réseaux, le reversement par les GRD au GRT de la part des recettes correspondant à l'utilisation du réseau de transport (*décret 2001-365 du 26 avril 2001*),
- la fixation des tarifs sur proposition de la CRE (*décret 2002-1014 du 19 juillet 2002*, et décision ministériels du 23 septembre 2005, approuvant le TURPE, parue au JO du 6 octobre 2005),.
- la confidentialité des informations détenues par les gestionnaires de réseaux (*décret 2001-630 du 16 juillet 2001*),
- les principes régissant les tarifs de vente aux clients non éligibles (*décret 2001-678 du 26 juillet 2001*) établis en fonction des coûts de production, d'utilisation des réseaux, et de commercialisation et intégrant les dépenses de développement du service public (absence de subventions en faveur des clients éligibles).

Les cahiers des charges de concession des réseaux publics - La loi de nationalisation de 1946 a choisi de conserver le régime juridique de la concession des réseaux. La loi de février 2000 confirme ce régime pour la gestion du réseau public de transport d'électricité. Pour la distribution, la loi prévoit que les collectivités territoriales en tant qu'autorités concédantes concluent les contrats de concession avec les gestionnaires du réseau

La conception et l'établissement des ouvrages

Le décret du 29 juillet 1927 pris en application de la loi du 15 juin 1906 est toujours en vigueur. Il a été modifié par le décret du 17 janvier 2003. Il traite de la procédure d'instruction des demandes de concession et d'autorisation de lignes. Il y est question des Distributions publiques concédées par une commune, un syndicat de communes ou par l'Etat :

L'article 36 traite des transports d'énergie concédés par l'Etat. Il est précisé que les concessions de transport peuvent comprendre, éventuellement, la transformation de l'énergie, mais ne comportent pas la vente de cette énergie.

Les articles 49 et 50 réglementent les approbations des projets d'exécution de construction de lignes.

L'arrêté interministériel « fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique » (arrêté technique) – L'arrêté du 2 avril 1991 a été remplacé par celui du 17 mai 2001 à partir du 12 décembre 2002. Une modification a été publiée entre temps par arrêté du 26 avril 2002.

En sus des travaux d'organismes de normalisation indépendants, nationaux ou internationaux, l'arrêté technique vise à protéger la population contre les risques électriques. Pour cela il définit les règles constructives essentielles relatives aux ouvrages électriques de transport et de distribution. L'arrêté technique traite notamment :

- de la protection contre les contacts directs et indirects et des mises à la terre,
- de la robustesse mécanique des ouvrages,
- des distances à respecter entre les ouvrages électriques et leur environnement,
- des régimes du neutre BT, HTA et HTB.

On retiendra les deux articles suivants de l'arrêté de 2001.

L'article 26 est relatif à la distance aux arbres et obstacles divers (des visites périodiques des lignes aériennes en conducteurs nus doivent être effectuées afin d'en déceler les déficiences et de déterminer les élagages et abattages nécessaires. Les dates et les résultats de ces visites doivent être mentionnées sur un registre ou regroupés dans un dossier tenu à la disposition du service du contrôle).

L'article 59 bis est relatif à la traversée des zones boisées. Pour prévenir l'impact des chutes d'arbres, l'établissement de lignes HTA est interdit dans les bois et forêts et à leur proximité immédiate (sauf canalisations électriques enterrées ou lignes aériennes utilisant exclusivement des câbles et des supports adaptés).

Les principales normes relatives à la conception et la réalisation des ouvrages sont :

- NF C 11-201 d'octobre 1996 (et son Amendement A1 de décembre 2004) réseaux de distribution d'énergie électrique (règles de construction),
- NF C 13-000 d'avril 2003 installations électriques de tensions nominales > à 1 KV en courant alternatif,
- NF C 13-100 d'avril 2003 postes de livraison établis à l'intérieur d'un bâtiment et alimenté par un réseau de distribution publique de deuxième catégorie,
- NF C 13-200 d'avril 1987 installations électriques à haute tension (et rectificatif de mai 1987),
- NF C 14-100 de février 2008 installations de branchements à basse tension, pour leur partie située entre le réseau et l'origine de l'installation intérieure.

L'arrêté technique du 17 mai 2001 est repris et illustré dans l'UTE C11-001 d'août 2001.

2. Les caractéristiques du réseau de distribution

Le réseau de distribution géré par URM comprend des ouvrages de tension 225kV, 63kV, 17,5kV et 230/400V.

L'énergie électrique est acheminée depuis les sites de production par le réseau de transport et les réseaux de distribution (poste source, réseau HTA, réseau BT). Des unités de production sont également raccordées sur les réseaux de distribution, ce qui nécessite des études spécifiques de réseau.

2.1. Le réseau HTB

Le réseau HTB géré par URM comprend les lignes aériennes ou souterraines 225kV ou 63kV ainsi que les postes de transformation 225/63kV. Le réseau 225kV URM est relié au réseau de transport au niveau des postes de St Julien Les Metz et de Peltre (courant 2010).

2.2. Le poste source

Les postes-sources sont à l'interface du réseau HTB et du réseau HTA. Ils sont raccordés au réseau haute tension 63 kV ou 225 kV dans les zones de forte densité de consommation.

Le poste-source bénéficie d'équipements de surveillance, de protection et de télécommande. L'exigence de disponibilité justifie souvent l'équipement d'installations permettant au poste source de fonctionner avec la perte d'une ligne d'alimentation côté HTB ou d'un transformateur HTB/HTA.

Le poste-source contribue :

- au changement tarifaire par la télécommande centralisée d'émission à 175 Hz,
- à la sûreté du réseau de transport par le système de délestage fréquence-métrique,
- à la qualité et à la continuité de l'alimentation électrique par les systèmes de réenclenchement automatique, de réglage de la tension et de compensation du réactif.

2.3. Le réseau HTA

Le réseau HTA est constitué par l'ensemble des départs issus des postes-sources. Le nombre de départs par poste-source varie de moins d'une dizaine à une cinquantaine. Les départs HTA alimentent les postes des clients raccordés en HTA et les postes HTA/BT dits « de distribution publique » servant à l'alimentation des clients basse tension.

Le niveau de la tension en HTA est 17,5 kV entre phases.

En règle générale et par construction l'ossature d'un départ HTA est bouclée pour permettre de réalimenter rapidement la clientèle suite à coupure due à un incident. Ce bouclage est également utilisé pour assurer le secours du poste source.

Le régime de protection des réseaux HTA est celui de la mise à la terre du neutre en un seul point, au transformateur HTB/HTA du poste-source, par l'intermédiaire d'une impédance. Le neutre n'est donc pas distribué sur le réseau HTA.

Les zones urbaines sont desservies en souterrain et les zones rurales (faible densité de consommation électrique) sont alimentées par des lignes aériennes ou mixtes - en partie souterraines, en partie aériennes.

Le réseau de distribution HTA d'URM est souterrain à plus de 70%.

L'alimentation en HTA des zones rurales - Les liaisons de poste-source à poste-source peuvent être remplacées par des liaisons ayant leurs extrémités sur le même poste-source mais sur deux demi-jeux de barres différents. Des portions de départs peuvent ne pas être « bouclables » : ce sont les antennes HTA.

Aujourd'hui, la structure cible d'un départ HTA rural est le réseau mixte : ossature souterraine ou aérienne de forte section et dérivations aériennes ou plus généralement souterraines en pénétration de zone agglomérée.

Les lignes aériennes sont calculées pour résister à une surcharge de givre minimale de 1 kg/m, pouvant aller jusqu'à 8 kg/m si nécessaire.

L'alimentation en HTA des zones urbaines denses et des zones péri-urbaines – Plusieurs schémas de réseaux sont possibles.

Les structures HTA en urbain se caractérisent en premier lieu par le mode de raccordement des points de charge - les postes « client HTA » et les postes HTA/BT de distribution publique. On distingue deux modes de raccordement :

- Le raccordement en « coupure d'artère » - Les postes sont insérés en série sur une canalisation principale appelée « ossature » par l'intermédiaire de deux câbles. L'ossature est exploitée en permanence ouverte à l'un des postes pour éviter un bouclage entre deux sources de tension différentes. La continuité de l'ossature est assurée par les jeux de barres des postes qu'elle alimente. A partir de ce raccordement, on distingue trois « structures types » de départ HTA urbain ou péri-urbain :
- Le raccordement en « double dérivation » - Les points de charge sont desservis par deux câbles posés en parallèle, l'un de travail et l'autre de secours. Les points de charge sont équipés de deux interrupteurs et d'un permutateur à manque de tension autorisant le basculement automatique de l'alimentation « travail » sur l'alimentation « secours » en cas de défaut sur l'alimentation de travail. Cette structure est réservée aux zones urbaines denses en raison de son coût important en investissement et en entretien (installation de permutateurs, d'appareillage de sectionnement intermédiaire sur les départs HTA permettant une exploitation rationnelle de la structure d'ensemble).

2.4. Le réseau BT

Le réseau BT est composé des départs issus des postes de transformation HTA/BT. Sauf cas particulier, la meilleure structure est la plus simple : moins de connectique possible, moins de longueur possible. Quelques points de tronçonnement sont néanmoins réalisés et servent, entre autres, au raccordement d'un groupe électrogène. Aucun bouclage n'est en principe réalisé sur le réseau BT, toute longueur supplémentaire entraînant des dépenses d'investissement et une augmentation du risque d'incidents.

Un poste rural, sur poteau ou en cabine simplifiée, peut alimenter un ou deux départs BT. Un poste urbain en cabine, enterré ou en immeuble, peut alimenter de un à huit départs. La longueur des départs BT est limitée par l'intensité et les chutes de tension admissibles : 100 à 200 mètres en souterrain, quelques centaines de mètres en aérien.

Dans les zones alimentées en souterrain, un poste de transformation HTA/ BT peut desservir :

- 120 à 150 maisons individuelles (50 à 60 avec chauffage électrique),
- 250 à 300 logements en immeuble collectif groupé (100 à 130 avec chauffage électrique).

Les lignes aériennes sont construites en faisceaux de conducteurs isolés sur poteaux ou sur façade. La structure du réseau BT est radiale, comme le réseau HTA. Les liaisons de secours entre lignes BT sont réservées aux cas exceptionnels. Le mode de protection est du type « TT », avec neutre distribué en réseau, neutre et masses métalliques étant mis à la terre par des prises distinctes.

La normalisation de la tension BT a donné lieu à d'importants programmes de changement de tension entrepris dans les années 50. Ils ont conduit à la disparition complète de la tension B1 127/220V . Après avoir été longtemps fixée à 220/380V, la tension à la norme B2 est passée à 230/400V par arrêté du 29 mai 1986.

Le branchement BT est l'ouvrage compris entre le réseau BT et l'origine de l'installation intérieure de l'utilisateur. Les nouveaux branchements individuels sont dimensionnés à 12 kVA en monophasé et 36 kVA en triphasé et sont réalisés systématiquement en triphasé sur les réseaux souterrains. Le coffret terminal de branchement individuel est normalement équipé en monophasé (2 fils - 60 A), sauf si les besoins de l'utilisateur l'exigent (machine triphasée) ou si le réseau n'est pas de capacité suffisante pour desservir dans de bonnes conditions la puissance en monophasé. Pour les puissances supérieures, les branchements sont triphasés, jusqu'à la limite de 250 kVA.

Au point de raccordement des branchements au réseau BT, il n'y a pas d'appareillage de coupure. L'alimentation d'un utilisateur devant, toutefois, pouvoir être interrompue depuis le domaine public, le point de coupure est situé à la limite de sa propriété. Il est en général constitué par un jeu de fusibles placé en amont du comptage.

Le disjoncteur de branchement est un appareil à fonctions multiples qui assure :

- la protection contre les courts-circuits,
- la protection différentielle,
- la fonction de coupure au point frontière entre réseau et installation intérieure,
- la fonction de limitation de la puissance appelée à la valeur de la puissance souscrite.

L'UTE distingue le domaine du branchement, qu'elle traite dans la norme NF C14-100, et celui de l'installation intérieure, dans la norme NF C15-100.

3. Les protections du réseau de distribution

3.1. Les protections et les automatismes

Les grands principes de protection sur le réseau de distribution sont la détection des courts-circuits entre phases et la détection des défauts d'isolement à la terre. Les transformateurs HTB/HTA des postes-sources sont équipés de protections en cas d'échauffement. Il existe aussi des télémesures des départs HTA en particulier utilisées en urbain lors de la reprise temporaire de charge en secours. Sur le réseau BT, les fusibles placés en tête des départs protègent contre le court-circuit le plus éloigné.

3.2. La protection du réseau HTB

Les systèmes de protection des ouvrages HTB sont redondés pour assurer un niveau de fiabilité important. Les lignes sont protégées contre les surcharges et les courts-circuits et dotées de réenclencheurs monophasés ou triphasés pour les lignes aériennes.

3.3. La protection des postes-sources

Les systèmes de protection, de commande et de contrôle des postes-sources ont évolué par paliers techniques. A celui des protections indirectes (électromécaniques puis électroniques) a succédé le palier analogique dit des « protections sans alimentation auxiliaire » dont le déploiement a débuté en 1986. Simultanément, la technologie numérique faisait son entrée dans l'environnement très perturbateur (au plan électromagnétique) du poste-source ; dans un premier temps, elle fut cantonnée aux équipements modulaires de commande et de contrôle : consignateur d'état, synoptique de conduite locale et équipement de téléconduite, automate de gestion des émissions à 175 Hz.

Désormais, c'est la technique numérique qui est utilisée en construction de poste neuf ou en rénovation lourde du contrôle-commande.

3.4. La protection du réseau HTA

Le réseau HTA aérien comporte des automatismes de remise sous tension après une défaillance temporaire. La majorité des défauts sur les ouvrages aériens sont monophasés (une fuite de courant s'écoulant d'une phase du réseau vers la terre). Les contacts provoquant un court-circuit entre deux phases ne représentant guère que 20% des cas. Face à ce constat, différentes parades ont été mises en œuvre :

Dans les années 1960, la politique de mise à la terre du neutre HTA consistait à installer une impédance de limitation du courant de défaut franc à la terre (limitation à 1 000 A sur les réseaux souterrains urbains, à 300 A sur les autres). Les conséquences de ces dispositions techniques étaient la détection et la mise hors tension du départ HTA siège d'un défaut d'isolement et la limitation, au moment du défaut, des surtensions à une valeur compatible avec les niveaux d'isolement des matériels HTA et BT. De type ampèremétrique, le système de protection était de conception simple et de bonne sensibilité. Le plan de protection et d'automatisme a consisté à programmer une série d'ouvertures et fermetures du disjoncteur du départ HTA sur détection de défaut (cycles de réenclenchements rapides et lents).

Dans les années 80, les utilisateurs devenant de plus en plus sensibles aux défaillances du réseau, des disjoncteurs shunts ont été installés pour éliminer les défauts fugitifs sans provoquer d'interruption (mise à la terre volontaire pendant une très courte durée de la phase en défaut pour annuler temporairement la différence de potentiel entre le conducteur défaillant et la terre et provoquer l'extinction de l'arc électrique).

Le réseau HTA souterrain est protégé par des protections de type ampèremétrique qui conduisent, en cas de court-circuit, à l'ouverture du disjoncteur en tête de départ. La reprise d'alimentation est assurée par une reconfiguration du réseau utilisant les propriétés des schémas en « coupure d'artère » ou en « double-dérivation ». Le tronçon en défaut est ainsi isolé puis réparé avant retour du réseau en schéma normal.

3.5. La protection du réseau BT

Le régime de neutre des réseaux de distribution BT est fixé en France par le texte réglementaire dit « arrêté technique » qui stipule : « *Les distributions triphasées doivent comporter un conducteur neutre relié à un point neutre et mis directement à la terre* ». Cette disposition exclut le recours à d'autre régime du neutre sur les réseaux de distribution BT. L'arrêté technique stipule également pour les lignes aériennes un nombre minimal de prises de terre du conducteur neutre en réseau. Le schéma des liaisons à la terre des installations BT alimentées par un réseau de distribution publique est du type « TT », à savoir neutre du réseau mis à la terre, et masses métalliques mises également à la terre, cette deuxième terre étant distincte de la terre du neutre. Chaque circuit BT est protégé par un jeu de fusibles placé en sortie de transformateur et dont le calibre est fonction de l'intensité nominale admissible dans le câble. Il n'y a pas d'autre protection jusqu'aux fusibles avant compteur de chaque utilisateur.

La protection du branchement est assurée par des fusibles et un disjoncteur. De l'aval vers l'amont, on rencontre les fusibles de l'installation intérieure du client (norme NF C15-100), le disjoncteur différentiel du distributeur assurant une double protection, contre les défauts à la terre et contre les courts-circuits, et les fusibles en amont du compteur.

4. Le développement du réseau de distribution

4.1. La politique qualité de fourniture

Au début des années 80, l'analyse des performances du système électrique a montré que le réseau HTA engendrait à lui seul 70 % de la défaillance totale sur le réseau de distribution, les ouvrages aériens étant majoritairement responsables de la situation. Des orientations ont été fixées visant à :

- construire des lignes aériennes plus robustes,
- équiper les postes HTA/BT de parafoudres
- boucler quasi-systématiquement les départs aériens,
- développer le souterrain en rural et les appareils de manœuvre télécommandables en réseau,
- intégrer dans la conception des projets des réponses aux préoccupations et aux contraintes environnementales (intégration visuelle, préservation de la faune et de la flore).

Par ailleurs, URM a conduit une politique volontariste d'enfouissement des réseaux HTA (taux d'enfouissement supérieur à 71%) qui insensibilise efficacement les réseaux contre les aléas climatiques.

La structure des réseaux HTA associée à des moyens de téléconduite performants et à des équipes de techniciens proches et réactives a permis de faire passer le temps de coupure moyen de 1h à la fin des années 80 à moins de quinze minutes à la fin des années 2000.

Les réseaux BT sont également largement souterrains à plus de 74%. Les réseaux aériens nus ont disparus à la fin des années 90.

4.2. Les études et la planification des développements du réseau

Les études décisionnelles sont les études à caractère technique et économique menées pour éclairer les choix d'investissement sur les réseaux de distribution. Décider d'engager des dépenses sur le réseau est le résultat de l'une des démarches suivantes :

- l'utilisateur (client ou producteur) souhaite le raccordement de son installation au réseau,
- le tiers souhaite un déplacement de nos ouvrages,
- les ouvrages ne répondent plus au cadre réglementaire ou normatif - ou sont susceptibles de ne plus y répondre dans un délai prévisible,
- le taux de défaillance des installations est tel que les dépenses à engager pour améliorer les performances du réseau sont jugées moins contraignantes pour le gestionnaire que l'insatisfaction des clients.

La notion de « cadre réglementaire ou normatif » s'entend ici de plusieurs façons : il peut s'agir d'un règlement technique édicté par les pouvoirs publics, d'une norme ou d'un cadre de références prédéterminé par le gestionnaire de réseau (par exemple l'obligation de raccorder tout poste souterrain à deux alimentations HTA). Il peut également s'agir de seuils techniques au-delà ou en-deçà desquels le réseau ne répond plus aux valeurs nominales de fonctionnement des ouvrages et des appareils (seuils de tension, d'intensité). La décision d'engager des travaux dans ces cas-là échappe à une justification économique. Toutefois, si plusieurs solutions sont techniquement possibles, le choix sera fait au regard de l'optimum économique.

4.2.1 L'étude des postes sources

Les solutions pour résoudre une contrainte de capacité dans un poste-source sont le renforcement de la transformation HTB/HTA, du réseau HTA qui en est issu ou la création d'un nouveau poste-source. Chaque étude tient compte du coût du réseau amont (HTB).

4.2.2 L'étude du réseau HTA

Les solutions à envisager en cas de contrainte sur un réseau HTA sont le renforcement, le dédoublement de départ HTA, le renouvellement partiel ou total d'ouvrage.

4.2.3 L'étude du réseau BT

Les solutions pour lever les contraintes sur le réseau BT sont de type :

- renforcement d'un départ BT
- dédoublement d'un départ BT
- augmentation de puissance du transformateur HTA/BT alimentant le réseau en contrainte
- création de poste HTA/BT

4.3. *Les seuils de contrainte de tension sur les réseaux pour les études*

Réseau HTA – Les engagements contractuels vis-à-vis des utilisateurs du réseau HTA concernent la valeur de la tension HTA au point de livraison. A partir de 1995, les contrats ont fixé l'engagement du distributeur à délivrer une tension HTA ne variant pas de plus de 5 % autour d'une valeur dûment spécifiée U_c (tension contractuelle), cette valeur spécifiée étant elle-même fixée dans une plage de $\pm 5\%$ autour de U_n (tension nominale valant 17,5 kV).

Les seuils retenus par le distributeur pour la détection et le traitement des contraintes de tension HTA :

En alimentation normale, la tension HTA en tout point du départ doit rester à l'intérieur de la plage [$U_c + 5\%$, $U_c - 5\%$] . En alimentation secours, la plage est élargie à [$U_n + 5\%$, $U_n - 8\%$]

Réseau BT – La tension réglementaire a été fixée à 230/400V en France par arrêté du 29 mai 1986, valeur adoptée au niveau européen en 1996 (norme EN 50160).

Les seuils de tension BT imposés par la réglementation aux bornes d'entrée de l'installation du client sont :

244 V en monophasé et 423 V en triphasé (+ 6% de la tension nominale),

207 V en monophasé et 358 V en triphasé (-10% de la tension nominale).

4.4. *Les seuils de contrainte d'intensité sur les réseaux pour les études*

Les contraintes d'intensité sont examinées par type d'installation : transformateur de poste-source, lignes aériennes HTA et BT, lignes souterraines HTA et BT, transformateurs HTA/BT. On distingue les données fournies par les normes et les seuils de contrainte utilisés pour les études de planification.

4.4.1 Les normes et spécifications

Transformateurs HTB/HTA des postes-sources - Les limites d'intensité sont imposées par la température atteinte par les composants de l'appareil. Les transformateurs des postes-sources ont une inertie importante qui leur permet d'admettre des surcharges significatives. Leur conception permet une exploitation permanente à 110 % de leur puissance nominale pendant les périodes de pointe. Les surintensités de court-circuit (durée 1,5 s), outre l'échauffement ponctuel, provoquent des contraintes mécaniques dans les connexions et les enroulements, auxquelles les appareils résistent.

Conducteurs aériens HTA - L'échauffement produit un allongement des conducteurs et une diminution de la hauteur sous les lignes. La réglementation impose que la hauteur de sécurité soit respectée quel que soit le transit électrique jusqu'à une température extérieure de 40 °C.

Câbles HTA souterrains - L'échauffement provoque la détérioration des isolants et réduit la durée de vie du câble. La norme NF C 33-223 de mars 1998 concernant les câbles isolés au polyéthylène réticulé (type de câble actuellement le plus répandu) donne les indications suivantes :

- un câble à l'air libre admet une intensité plus grande qu'un câble enterré
- un câble admet une intensité plus grande en hiver qu'en été (plus de 20 % en régime permanent)
- un câble peut admettre une surcharge (régime limité à 3 heures) de l'ordre de 20 %. En exploitation, il est parfois utile d'user de cette marge pour assurer un secours temporaire pendant un dépannage. Mais cette surcharge doit rester aussi brève que possible sous peine d'accélérer le vieillissement des isolants
- un coefficient de réduction doit être appliqué sur l'intensité admissible lorsque les câbles sont enterrés en nappe, à proximité les uns des autres (distance réglementaire 20 cm). Pour deux câbles, la réduction est de 15 %, pour trois de 22 %, pour quatre de 28 %.

La norme NF C 33-226 de février 2006 modifie sensiblement les hypothèses de fonctionnement : la surcharge n'est plus envisagée, seul subsiste le régime permanent à la température de 90°C pour l'âme conductrice des câbles (mais toujours 250°C en cas de court-circuit d'une durée inférieure à 5 secondes). L'évolution de la norme vers une moindre sollicitation des ouvrages résulte de l'observation du comportement des câbles en exploitation, qui a confirmé l'influence de l'échauffement sur la durée de vie de ces infrastructures prévues pour durer au moins 40 ans.

Appareillage HTA - Les jeux de barres, les liaisons, les sectionneurs, interrupteurs et disjoncteurs sont soumis à des limites d'intensité. L'échauffement et les efforts électromagnétiques, mais aussi la tenue des contacts électriques, sont des contraintes prises en compte pour éviter la dégradation des performances de l'appareillage.

Transformateurs HTA/BT - Par construction les transformateurs ont une puissance assignée qui correspond à la puissance que peut débiter l'appareil en régime permanent. En matière de surcharge (fonctionnement limité à 3 heures), les transformateurs de type « classique » peuvent débiter jusqu'à 120 % de leur puissance sans courir de risque de détérioration. Les transformateurs avec protection-coupure intégrée, en service depuis 2001, sont conçus pour fonctionner à 150 % de leur puissance assignée en régime de surcharge 3 heures.

Câbles BT souterrains - Les câbles BT sont soit enterrés soit posés dans l'air. La norme NF C 33-210 de 1995 concernant les câbles rigides isolés au polyéthylène réticulé fixe à 90 °C la température maximale dans les conducteurs. Il n'est pas envisagé de surcharge. Le fonctionnement ne diffère pas l'été et l'hiver. Un coefficient réducteur de proximité doit être appliqué comme pour les câbles HTA en cas de pose en nappe : 0,85 pour deux, 0,78 pour trois, 0,72 pour quatre.

Conducteurs BT lignes aériennes - Les risques pour les conducteurs isolés torsadés sont les mêmes que pour les câbles. Aucune surcharge n'est en principe admissible.

4.4.2 Contraintes d'intensité prises en compte dans les études de planification

Les calculs de contrainte d'intensité prennent en compte deux paramètres :

- la tension HTA réelle, après ajustement par les systèmes de régulation au poste source,
- l'énergie réactive. En pratique, la limite contractuelle $\text{tg}(\varphi) = 0,4$ sert de référence, ce qui revient à augmenter l'intensité du courant actif d'environ 7%.

5. Le Schéma de développement des postes-sources et du réseau HTA

5.1. Les principes

La bonne gestion technique et financière du réseau de distribution s'appuie sur une vision cohérente et partagée de son évolution à moyen et long termes.

Les ouvrages ayant de longues durées de vie, les décisions d'investissement ont un impact durable sur le développement du système électrique. Elles sont de nature différente : renouvellement, renforcement, extension, maintenance... Elles sont prises à divers niveaux de responsabilité et interagissent entre elles. Dans ce contexte, il ne suffit pas de s'assurer qu'un nouvel ouvrage est nécessaire à une année donnée ; il faut vérifier qu'il s'insère dans un projet de développement du système électrique cohérent garantissant un fonctionnement optimal à long terme.

5.1.1 La prévision des consommations et des puissances

Il s'agit de déterminer les taux d'accroissement des charges électriques à alimenter pour des zones englobant un ou plusieurs postes sources.

5.1.2 La cible à long terme

La construction de la cible à long terme est l'étape fondamentale. La cible représente le schéma du réseau HTA nécessaire et suffisant, à terme, pour alimenter dans de bonnes conditions les utilisateurs du réseau. Le corps des principales hypothèses de travail nécessaires est constitué du choix des structures de réseau HTA visées, de la taille des postes sources et des caractéristiques physiques et électriques des ouvrages HTA - ces derniers paramètres ayant une influence forte sur la qualité de fourniture. L'élaboration de la cible à long terme s'effectue en restructurant les réseaux existants.

5.1.3 La définition des stratégies de développement des réseaux

L'étape consiste à déterminer différentes stratégies de développement des ouvrages permettant de passer de l'état initial à l'état final (la cible à long terme) Chaque stratégie est constituée d'une succession d'opérations élémentaires. L'ensemble des opérations doit rester cohérent avec les règles de fonctionnement des réseaux.

5.1.4 L'échéancier des travaux et des investissements

L'utilisation de l'approche technico-économique permet de déterminer la date optimale de chaque opération élémentaire et d'en déduire le bilan actualisé de chaque stratégie étudiée. A l'issue de cette phase, on obtient un échéancier théorique (coût de l'opération, date optimale de réalisation) de l'ensemble des opérations étudiées.

Le Maître d'Ouvrage en ressort un échéancier pratique des opérations à mener à moyen terme en y intégrant des opérations complémentaires telles que le traitement des contraintes électriques résiduelles ainsi que divers autres éléments tels que la qualité de fourniture constatées sur les départs HTA ou le respect des engagements ou des objectifs du distributeur et éventuellement du Maître d'Ouvrage.

5.1.5 L'estimation du niveau de qualité de fourniture

La conduite des étapes précédentes permet d'évaluer l'évolution probable de la qualité de fourniture en fonction des investissements envisagés. L'évaluation est réalisée par départ HTA en termes de nombres de coupures longues, brèves, très brèves, de temps moyen annuel de coupure. Elle permet l'estimation par zone (petites agglomérations, zones industrielles, zones Emeraude...) des performances attendues du réseau HTA