

**RACCORDEMENT D'UNE INSTALLATION DE  
CONSOMMATION  
IMPACT SUR LA TENUE THERMIQUE ET LE PLAN  
DE TENSION DES OUVRAGES EN RESEAU**

<i>HISTORIQUE DU DOCUMENT</i>		
Indice	Nature de la modification	Date publication
V1.1	Création	28 février 2006

## **Objet de l'étude :**

Vérifier la tenue thermique des ouvrages de raccordement, le respect des limites basses des tensions HTA et BT dans les conditions de consommation active et réactive soutirée sur le réseau.

Toute demande de raccordement HTA pouvant avoir un impact sur le réseau public de transport RPT ou sur le réseau public de distribution amont est signalée au gestionnaire de réseau concerné afin qu'il vérifie l'absence de contraintes ou précise les adaptations nécessaires sur le réseau.

## **Critère de déclenchement de l'étude :**

Etude systématique si le raccordement est prévu sur un ouvrage de distribution existant (départ ou poste source).

## **Hypothèses :**

### a) Modélisation

Les calculs doivent établir :

1. le profil de tension HTA en tout point du réseau (écart de tension par rapport à  $U_n$ )
2. la tension en extrémité des départs BT des postes de distribution publique

### b) Données d'entrée

Fiches de collecte des données du Consommateur Etudié, des Utilisateurs Existants et/ou en Attente. Etat des consommations et des productions raccordées au réseau.

### c) Conditions à respecter

#### c1 ) Dispositions générales

Pour les ouvrages, les principes à retenir sont :

- Les ouvrages utilisés pour le raccordement doivent présenter une intensité maximale admissible en régime permanent pendant la période de consommation supérieure au transit maximal résultant des productions et consommations,
- Les ouvrages à construire pour le raccordement du site doivent présenter une section économique déterminée en prenant en compte les pertes de transit et la structure du réseau.
- Le raccordement doit permettre d'assurer la desserte dans les limites des écarts contractuels ou réglementaires de tension HTA et BT dans toutes les conditions prévisibles de production et de consommation.

#### c2 ) Tenue thermique des câbles HTA enterrés

L'étude du consommateur est réalisée en régime permanent, en prenant en compte la période de fonctionnement envisagée, la tenue thermique des matériels et les conditions de pose des câbles.

Si le consommateur étudié consomme toute l'année, la contrainte intensité éventuelle sera plus importante en été car la capacité de transit en été est réduite par rapport à la capacité de transit en hiver. Si les puissances de consommation sont différentes entre été et hiver, on réalisera successivement deux études de transit, l'une en été, l'autre en hiver. Dans le cas contraire, on réalisera directement l'étude en été.

## **Détermination de la solution de raccordement**

### a) Hypothèses sur le réseau :

Les éventuelles contraintes d'intensité et de tension doivent être étudiées avec tous les consommateurs raccordés (y compris ceux dans la file d'attente) et la production nulle, le réseau étant en schéma normal d'exploitation puis en schéma secourant.

## a1 ) Conducteurs HTA

### ☞ résistance

La résistivité des conducteurs à 20°C est donnée par la norme CEI 60909-0 pour le Cuivre, l'Aluminium et les alliages d'Aluminium. De là, on déduit la résistance par unité de longueur par la formule de cette même norme :  $R = \rho / S$  ou  $S$  est la section du conducteur.

#### ▪ Hypothèses d'été :

La température prise en compte dans l'étude est de 35°C pour les lignes aériennes, moyenne de la température de l'air en été (norme NFC33-223) et de la température du conducteur qui a été prise en compte lors de l'étude mécanique de la ligne (norme NFC11-201).

Pour les câbles enterrés, la température est donnée par la formule approchée suivante :

$\Theta = 20 + [ (I/I_{rpe})^2 \times (90-20) ]$  où  $I$  est l'intensité transitée,  $I_{rpe}$  l'intensité maximale admissible en régime permanent été donnée par la norme correspondant au câble étudié (NFC33-223 par exemple). Dans les cas où il s'avérerait difficile de calculer la température réelle de chaque tronçon de réseau, la température sera prise égale à 20°C par défaut.

La résistance à une température du conducteur différente de 20°C est ensuite donnée par la formule de la norme CEI60909-0 ;  $R_{\Theta} = [ 1 + 0,004 \times (\Theta - 20) ] R_{20}$

#### ▪ Hypothèses d'hiver :

La température prise en compte dans l'étude est de 20°C pour les lignes aériennes.

Pour les câbles enterrés, la température est donnée par la formule approchée suivante :

$\Theta = 10 + [ (I/I_{rpe})^2 \times (90-10) ]$  où  $I$  est l'intensité transitée,  $I_{rph}$  l'intensité maximale admissible en régime permanent hiver donnée par la norme correspondant au câble étudié (NFC33-223 par exemple). Dans les cas où il s'avérerait difficile de calculer la température réelle de chaque tronçon de réseau, la température sera prise égale à 20°C par défaut.

La résistance à une température du conducteur différente de 20°C est ensuite donnée par la formule de la norme CEI60909-0 ;  $R_{\Theta} = [ 1 + 0,004 \times (\Theta - 20) ] R_{20}$

### ☞ réactance

La réactance des câbles est donnée par la norme NF C 13-205. La valeur est de 0,15 mΩ/m pour l'ensemble des câbles HTA mono-conducteur.

Pour les lignes aériennes, la réactance a été calculée pour les sections usuelles selon la méthode de la norme CEI 60909-2 et pour les armements couramment utilisés :

Section (mm <sup>2</sup> )	Nature	Famille	Norme	Réactance (mΩ/m)
34,4	Alliage d'aluminium	Aster	NF C 34-125	0,39
54,6	Alliage d'aluminium	Aster	NF C 34-125	0,38
75,5	Alliage d'aluminium	Aster	NF C 34-125	0,375
117	Alliage d'aluminium	Aster	NF C 34-125	0,365
148	Alliage d'aluminium	Aster	NF C 34-125	0,36
228	Alliage d'aluminium	Aster	NF C 34-125	0,35

Pour les lignes aériennes ne figurant dans le tableau ci-dessus, la réactance est la valeur donnée par défaut par la norme NF C 13-205, soit 0,30 mΩ/m.

## a2 ) Consommations

La puissance active appelée par le départ du Consommateur est maximale ( $P^*_{max}$ ).

A défaut de mesure précise de la  $\text{tg}\Phi$  du départ, les charges consommatrices existantes seront considérées à  $\text{tg}\Phi = 0,4$ .

## a3 ) Données de réglage du plan de tension

L'étude d'impact sur la tension est réalisée avec les hypothèses reflétant les réglages existants au poste source, et avec des prises optimisées sur les transformateurs HTA/BT.

La tension au poste-source est prise à sa valeur basse, correspondant à la tension de consigne minorée de la classe du transformateur de mesure, de la bande morte et de la précision du régulateur.

## b) Hypothèses sur les consommateurs :

### b1 ) Consommateurs Existants

La puissance maximale ( $P^*_{max}$ ) observée au niveau du départ HTA est répartie entre les différents points de consommation sur le réseau en fonction de la puissance souscrite ou télélevée des utilisateurs raccordés en HTA et de la puissance du transformateur installé dans les postes DP.

### b2 ) Consommateurs en Attente

Chaque Consommateur en Attente est pris en compte de la façon suivante :

- la puissance **active maximale** correspondant à la puissance demandée pour son raccordement,
- la valeur maximale de  $\tan\phi$  de fonctionnement issue de l'étude.

### b3 ) Consommateur Etudié

Le Consommateur Etudié est pris en compte pour les puissances actives et réactives maximales qu'il est en mesure de soutirer sur le réseau pendant la période étudiée.

1. Puissance active maximale soutirée sur le réseau = **Puissance de raccordement** ( $P_{\text{max consom}}$ )

Puissance de raccordement = puissance calculée par le consommateur à partir de la puissance nominale de fonctionnement des machines installées, en intégrant un éventuel coefficient de foisonnement.

## 2. Puissance réactive maximale soutirée sur le réseau

Les hypothèses de consommation de puissance réactive sur le réseau sont formulées en tangente  $\varphi$  de consommation égale au rapport de la puissance réactive absorbée au PDL sur la puissance active soutirée au PDL, en tenant compte de la plage de régulation de cette puissance réactive. Il appartient au consommateur étudié de préciser cette tangente à la pointe de consommation de puissance active.

Note 1: La tangente  $\varphi$  de calcul est considérée au PDL (et non pas dans son installation intérieure).

### c) Choix de la section de l'Antenne de Raccordement

L'annexe A précise la méthode de détermination de la section économique de l'antenne de raccordement.

### d) Détection et levée des contraintes sur les niveaux de tension

La vérification porte sur :

- la tension en tout point du réseau HTA qui doit rester supérieure à la tension nominale – 5%.
- la tension BT délivrée par les postes DP, la tension basse devant être supérieure ou égale à 207V en monophasé et 358 V en triphasé.

Lorsqu'une contrainte de tension basse HTA et/ou BT est détectée, on cherche à la lever :

- par adaptation du départ HTA. Le recours à l'adaptation du réseau HTA est justifié s'il présente un coût moindre à celui des autres solutions exposées dans la suite,
- par déplacement du point de raccordement vers le poste source,
- par création d'un départ dédié.

### e) Détection et levée des contraintes sur les niveaux de transit

Les calculs sont réalisés sur le raccordement du consommateur comprenant le transformateur HTB/HTA du poste source et tous les tronçons du départ HTA à leur tenue thermique nominale.

La vérification porte sur :

- le respect des tenues thermiques au transit permanent, valeurs à moduler en fonction des conditions d'environnement pour les tronçons en câble souterrain. Les ouvrages soumis à un transit permanent supérieur à 85 % de leur tenue nominale nécessitent une attention particulière, notamment pour les canalisations dans les caniveaux et en sortie de poste source (contrôle in situ pour confirmation des caractéristiques et des conditions de voisinage),
- la limitation des pertes de transit par le choix d'une section économique pour les ouvrages à créer ou à adapter (voir annexe A de la présente fiche).

Si une contrainte de transit HTA est détectée, on cherche à la lever par une des solutions décrites au paragraphe précédent.

## Annexe A

### Choix de la section des liaisons de raccordement

#### a) Introduction

La section minimale des câbles électriques de puissance doit être suffisante pour satisfaire aux conditions essentielles de fonctionnement qui sont :

- ↻ la tenue aux échauffements en régime normal de fonctionnement et en régime de court circuit,
- ↻ la limitation des écarts de tension pour assurer le respect des niveaux de tension réglementaires ou contractuels.

Toutefois, il faut ajouter à ces deux critères techniques, un critère économique. En effet, le coût complet d'un ouvrage intègre à la fois le premier investissement et les dépenses d'exploitation ultérieures : entretien, dépannage, pertes Joule. Le gestionnaire de réseaux doit donc dans l'intérêt économique général choisir la solution de raccordement qui minimise le coût total actualisé, Investissement + Dépenses d'exploitation.

Par ailleurs, le câble devra être choisi parmi les sections préférentielles et la nature des conducteurs disponibles dans la gamme des câbles retenue par le Distributeur.

#### b) Principe de choix d'une section économique

Dans la suite, E est le coût d'établissement et d les dépenses annuelles d'exploitation.

↻ Le coût d'établissement au mètre d'une liaison (E) est constitué de la somme des coûts d'achat du câble, de ses accessoires et des travaux de pose. Dans le cas du passage d'une section à la section supérieure, seul le coût des câbles intervient dans l'étude économique, les deux autres postes ne présentant pas de différence sensible.

↻ L'expression du coût d'exploitation annuel (d) peut, à technologie constante, se limiter au seul coût des pertes d'énergie induites par la résistance linéique des conducteurs. Son expression annuelle au mètre est de la forme :

$$d = 3 (\rho/S) I^2 h W \cdot 10^{-3}$$

( $\rho/S$ ) résistance linéique d'un conducteur de phase à la température de fonctionnement,  
I intensité à transporter en Ampères ou moyenne quadratique de cette intensité si elle n'est pas constante ,  
h nombre d'heure de service de la liaison dans l'année, une année complète = 8760 heures,  
W coût du kWh d'énergie électrique.

Toutefois, les dépenses d'établissement et d'exploitation n'ayant pas la même échéance, elles ne peuvent être additionnées sans actualisation. Le taux d'actualisation financière a pour objectif de ramener les coûts annuels à des dépenses engagées à l'année initiale de la période d'utilisation.

En considérant que le coût d'exploitation annuel (d) est payé en fin d'année tout au long de la durée de vie de la liaison, l'expression du coût d'exploitation (D), actualisé à l'année initiale d'établissement est :

$$D = d [ 1/(1+t) + 1/(1+t)^2 + \dots + 1/(1+t)^N ] = d [ [(1+t)^N - 1] / (t (1+t)^N) ] = d A$$

t taux annuel d'actualisation  
N durée d'amortissement de la liaison,  
Le terme  $A = [(1+t)^N - 1] / (t (1+t)^N)$  est donné par les tables financières.

Le passage à la section supérieure est donc économiquement justifié lorsque le surcoût d'investissement  $\Delta E$  est compensé par le gain actualisé sur les pertes  $\Delta D$ , soit :

$$\Delta E = \Delta D$$

$$\text{Ou encore } \Delta E = A \Delta d = A 3 I^2 h W \cdot 10^{-3} \Delta(\rho / S)$$

### c) Application au cas des réseaux de distribution

Le principe de recherche de la section économique appliqué aux réseaux de distribution suit naturellement les règles générales et se pose avant chaque extension ou modification d'ouvrage. Les données économiques générales retenues pour tous les ouvrages relevant du réseau public de distribution sont :

- ↗ Un taux annuel d'actualisation de 4% et une durée d'amortissement de 30 ans, correspondant à une valeur de 17,29 pour le terme d'actualisation (A) des dépenses d'exploitation.
- ↗ Un coût de l'énergie égal au coût moyen annuel (c€/kWh) d'acquisition au Tarif de cession des pertes, augmenté du coût moyen annuel d'accès au réseau déterminé sur la base de la courbe de charge des pertes.

Comme certaines des données techniques et économiques utilisées pour le choix de la section économique d'un ouvrage sont confidentielles du fait de leur sensibilité commerciale pour le Distributeur, les informations relatives au choix de la section économique des réseaux de distribution sont agrégées en y distinguant les liaisons à l'usage de plusieurs utilisateurs de celles dédiées au seul demandeur d'un raccordement.

#### c1 ) Liaisons communes à plusieurs utilisateurs

Ce cas concerne notamment les modifications ou création de liaisons électriques communes au raccordement de plusieurs utilisateurs. Dans ce cas, la liaison à réaliser s'inscrit dans la structure du réseau de distribution, sa section doit être adaptée en conséquence et donc correspondre à la plus forte des sections suivantes :

- ↗ Section minimale déterminée par les études de contrainte de tension et de tenue thermique.
- ↗ Section économique.
- ↗ Section de l'ossature du départ HTA sur lequel doit être raccordé le consommateur si le raccordement contribue à son allongement.

#### c2 ) Cas des liaisons dédiées

Ce cas concerne les extensions de réseau dédiées à l'usage d'un seul demandeur de raccordement. Dans ce cas, la liaison à réaliser ne s'inscrit pas dans l'ossature du réseau public de distribution. En conséquence, sa section doit être adaptée au besoin du site à raccorder et donc correspondre à la plus forte des sections suivantes :

- ↗ Section minimale déterminée par les études de contrainte de tension et de tenue thermique,
- ↗ Section économique déterminée pour les besoins du demandeur.

La section économique est déterminée en fonction des informations transmises par le demandeur.

Les informations nécessaires sont :

- ↗ La courbe de charge annuelle du soutirage avec une granularité demi-horaire
- Ou à défaut
- ↗ les puissances maximales de soutirage,
  - ↗ les quantités annuelles d'énergie.

### c3 ) Graphique pour le choix des sections économiques

Lorsque demandeur du raccordement n'est pas en mesure de fournir la courbe de charge du soutirage, la section économique est déterminée en utilisant le graphique de ce paragraphe.

Ce graphique, mis à jour annuellement, est établi en fonction des coûts moyens des pertes et de fourniture des différents câbles. Le demandeur d'un raccordement peut, sur sa demande, connaître le différentiel de coût d'établissement correspondant au passage à la section économique.

Pour établir ce graphique les hypothèses simplificatrices suivantes ont été retenues :

- température des conducteurs égale à 20°C,
- tangente phi nulle pour le calcul de l'intensité à partir de la puissance active,
- modélisation linéaire de la monotone de charge.

Les variables d'entrée du graphique sont la puissance maximale et la durée de fonctionnement. La durée de fonctionnement (identique à la durée d'utilisation) est le rapport entre la quantité annuelle d'énergie et la puissance maximale, données fournies par le demandeur du raccordement dans la fiche de collecte.

Graphique pour le choix de la section économique des câbles 20000 V

