



**SICAE**  
de la Somme et du Cambrasis  
*L'énergie de nos campagnes*

---

## REFERENTIEL TECHNIQUE

---

### A. L'INSTALLATION DE L'UTILISATEUR ET SON RACCORDEMENT

#### A.1 RACCORDEMENT

#### A.1.2 PROCEDURE DE RACCORDEMENT

#### A.1.2.3 ETUDES ET METHODES ASSOCIEES

#### A.1.2.3.1 GENERALITES

**RACCORDEMENT D'UNE PRODUCTION DECENTRALISEE EN HTA**  
**IMPACT SUR LA TENUE THERMIQUE ET LE PLAN DE TENSION DES OUVRAGES**  
**EN RESEAU**

Version : V1.0 du 26 juillet 2005

### **Objet de l'étude :**

Vérifier la tenue thermique des ouvrages de raccordement, le respect des limites hautes des tensions HTA et BT dans les conditions de production active injectée sur le réseau et les besoins de fourniture au réseau de puissance réactive.

Conformément à la Procédure de Traitement, 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 :

- le profil de tension HTA en tout point du réseau (écart de tension par rapport à la tension nominale),
- la tension en tête des départs BT des postes de distribution publique.

#### a) Données d'entrée

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

#### b) Conditions à respecter

##### b1 ) Dispositions générales

Le raccordement proposé doit permettre d'une part au GRD de respecter ses obligations réglementaires ou contractuelles en matière de tenue de la tension et d'autre part au producteur d'exploiter son site jusqu'à la puissance active maximale de production indiquée dans la Fiche de Collecte, les Producteurs Existants et en Attente fonctionnant aussi à leur puissance active maximale.

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 fonctionnement 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 des tensions HTA et BT dans toutes les conditions prévisibles de production et de consommation.

##### b2 ) Tenue thermique des câbles HTA enterrés

L'étude du producteur 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.

## 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 producteurs à production maximale (y compris les producteurs dans la file d'attente) et la consommation minimale, le réseau étant en schéma normal d'exploitation –la charge en aval du Producteur étant supposée délestée-, 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.

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 ;  $R_{\Theta} = [ 1 + 0,004 \times (\Theta - 20) ] R_{20}$ .

##### ☛ **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
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 consommation du Départ du Producteur est *minimale*. La consommation minimale du départ sera déterminée par application d'un coefficient de réduction R sur la P\*max :

- R = ratio [Pmin réelle sur la période de production / P\*max] du départ HTA du producteur
- à défaut R = ratio [Pmin réelle sur la période de production / P\*max] du transfo HTB/HTA
- à défaut R = 0,2

A défaut de mesure précise de la tg φ du départ, Les charges consommatrices existantes seront considérées à tan φ. = 0,4.

NB : P\*max est la somme des contributions des charges consommatrices HTA à la pointe à température normale, toute(s) production(s) décentralisée(s) découplée(s).

## a3 ) Données de réglage du plan de tension

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

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

## b) Hypothèses sur les producteurs :

### b1 ) Producteurs Existants

Chaque Producteur Existant est pris en compte de la façon suivante :

la puissance active maximale injectée pendant la période étudiée.

la valeur de fourniture de réactif figurant dans les clauses d'Accès au Réseau pendant la période étudiée.

Si la valeur de réactif n'est pas indiquée pour la période d'étude considérée, on retiendra  $\tan_{\phi}=0$ .

### b2 ) Producteurs en Attente

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

- la puissance active maximale qu'il est en mesure d'injecter pendant la période étudiée.
- la valeur de tanphi de fonctionnement issue de l'étude.

### b3 ) Producteur Etudié

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

#### **1. Puissance active maximale injectée sur le réseau = Puissance de raccordement ( $P_{max prod}$ )**

Puissance de raccordement = puissance calculée par le producteur à partir de la puissance nominale de fonctionnement des machines installées, déduction faite de la consommation minimale des auxiliaires ainsi que des autres besoins minimaux de consommation en cas de simultanéité entre la production et la consommation.

## 2. Puissance réactive maximale injectée sur le réseau

Les hypothèses de fourniture de puissance réactive sur le réseau sont formulées en tangente  $\varphi$  de production égale au rapport de la puissance réactive injectée ou absorbée au PDL sur la puissance active injectée au PDL, en tenant compte de la plage de régulation de cette puissance réactive.

L'étude en période de consommation minimale du départ est faite avec une tangente  $\varphi$  nulle. Une étude à tangente  $\varphi$  inductive peut être effectuée à la demande du Producteur.

Dans la période où le Distributeur doit limiter sa consommation d'énergie réactive à une valeur de tangente  $\varphi$  inférieure à 0,4 (du 1<sup>er</sup> novembre au 31 mars), le producteur devra fournir de l'énergie réactive dans les limites définies dans l'Arrêté du 17 mars 2003 modifié par l'Arrêté du 22 avril 2003. La solution de raccordement étudiée en période d'été devra éventuellement être modifiée pour respecter ces impératifs.

Note 1: Que le Producteur Etudié soit un producteur pur ou un client producteur, 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 inférieure à la tension nominale + 5%,
- la tension BT délivrée par les postes DP, la tension haute devant être inférieure ou égale à 244 V en monophasé et 423 V en triphasé. S'il existe un producteur raccordé sur un des postes DP desservis par le Départ du Producteur Etudié, il est nécessaire de vérifier que le raccordement ne provoque pas d'élévation de tension inacceptable sur le réseau BT concerné,

☞ sur l'antenne de raccordement du producteur (un départ dédié étant aussi une antenne de raccordement), la tension HTA peut dépasser la tension nominale + 5%, ce qui conduit à créer un point de couplage commun. Si le producteur l'accepte la tension à son point de livraison pourra donc dépasser  $U_n + 5\%$ .

Lorsqu'une contrainte de tension haute 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 producteur comprenant le transformateur HTB/HTA du poste source et tous les tronçons du départ HTA de raccordement à leur tenue thermique nominale pendant la période de production.

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 :

$$d = 3 (p/S) I^2 h W.10^{-3}$$

**(p/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  $A = \frac{[(1+t)^N - 1]}{t(1+t)^N}$  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 Producteur 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 de la production et du soutirage avec une granularité demi-horaire

Ou à défaut

- ↳ les puissances maximales de soutirage et d'injection,
- ↳ les quantités annuelles d'énergie.

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

Lorsque le Producteur n'est pas en mesure de fournir la courbe de charge de la production et 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 production.

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 Producteur dans la fiche de collecte.

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

