

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

A 1232p1a V1.1

**Le présent document est mis à disposition par ÉS pour l'information du lecteur.**

**Celui-ci reconnaît implicitement que l'usage qu'il pourra en faire, ainsi que les conséquences en résultant pour lui ou d'autres tiers concernés par cet usage, ne sauraient engager la responsabilité d'ÉS à quelque titre que ce soit.**

**La réutilisation de tout ou partie de ce document sans référence à son auteur original sera considérée comme une utilisation non autorisée, à laquelle ÉS pourra donner toutes suites relevant du non respect du droit de la propriété intellectuelle.**

**La transmission pour information du présent document dans sa présentation intégrale, le présent paragraphe compris, est autorisée.**

# SOMMAIRE

<b>1. OBJET DE L'ETUDE :</b>	<b>3</b>
<b>2. HYPOTHESES :</b>	<b>3</b>
A) MODELISATION	3
B) DONNEES D'ENTREE	3
C) CONDITIONS A RESPECTER	3
<i>c.1) Dispositions générales</i>	3
<i>c.2) Tenue thermique des ouvrages HTA</i>	3
<i>c.3) Dispositions constructives sur les installations</i>	4
<b>3. DETERMINATION DE LA SOLUTION DE RACCORDEMENT</b>	<b>4</b>
D) HYPOTHESES SUR LE RESEAU :	4
<i>d.1) Conducteurs HTA</i>	4
<i>d.2) Consommations</i>	5
<i>d.3) Données de réglage du plan de tension</i>	5
E) HYPOTHESES SUR LES PRODUCTEURS :	5
<i>e.1) Producteurs Existants</i>	5
<i>e.2) Producteurs en Attente</i>	5
<i>e.3) Producteur Etudié</i>	6
F) CHOIX DE LA SECTION DES LIAISONS DE RACCORDEMENT	7
<i>f.1) Introduction</i>	7
<i>f.2) Application au cas des réseaux de distribution</i>	7
<i>f.3) Liaisons communes à plusieurs utilisateurs</i>	7
<i>f.4) Cas des liaisons dédiées</i>	8
G) DETECTION ET LEVEE DES CONTRAINTES SUR LES NIVEAUX DE TENSION	8
H) DETECTION ET LEVEE DES CONTRAINTES SUR LES NIVEAUX DE TRANSIT	9
I) DETERMINATION DE LA PLAGE DE FONCTIONNEMENT EN REACTIF	9

## **1. Objet de l'étude :**

L'objet de l'étude est de vérifier la tenue thermique des ouvrages de raccordement, le respect des limites hautes des tensions HTA et BT desservies par ce raccordement dans les conditions de production active injectée sur le réseau et les besoins de fourniture au réseau de puissance réactive.

Les conditions propres à la mise en œuvre d'une régulation de tension ne sont pas développées ci-dessous. On se limite à réaliser les vérifications en période de faible consommation en considérant une régulation en tangente  $\varphi$ .

Conformément à la procédure de traitement, toute demande de raccordement HTA pouvant avoir un impact sur le Réseau Public de Transport (RPT) est signalée à RTE afin qu'il vérifie l'absence de contraintes ou précise les adaptations nécessaires sur le réseau.

L'étude est systématique réalisée en cas de raccordement sur un ouvrage de distribution électrique (départ ou poste source).

## **2. Hypothèses :**

### **a) Modélisation**

Les calculs doivent établir :

- le profil de tension HTA en tout point du réseau,
- la tension en tête des départs BT des postes de distribution publique.

### **b) Données d'entrée**

Les données d'entrée du producteur sont issues des fiches de collectes, complétées par le demandeur.

### **c) Conditions à respecter**

#### **c.1) 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 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 de tension HTA et BT dans toutes les conditions prévisibles de production et de consommation. Seules les contraintes apparaissant sur le raccordement principal (départ HTA et transformateur HTB/HTA disponibles) en schéma normal et secourant d'exploitation seront levées par une adaptation d'ouvrage ou une modification du point de raccordement.

#### **c.2) Tenue thermique des ouvrages HTA**

L'étude du producteur est réalisée en prenant en compte la période de fonctionnement envisagée selon la tenue thermique des matériels intégrant notamment les conditions de pose.

### c.3) Dispositions constructives sur les installations

L'arrêté ministériel du 17 mars 2003 et l'arrêté du 22 avril 2003 précisent :

*Pour les installations de production raccordées au réseau public de distribution HTA dont la puissance installée est inférieure ou égale à 1 MW, chaque génératrice doit pouvoir à ses bornes fournir une puissance réactive égale à 0,4 de sa puissance nominale apparente (en MVA).*

*Pour les installations de production dont la puissance installée est supérieure à 1 MW et inférieure ou égale à 10 MW, chaque génératrice électrique doit pouvoir à ses bornes fournir une puissance réactive minimale égale à 0,5 de sa puissance nominale apparente et absorber une puissance réactive égale à 0,1 de sa puissance nominale apparente.*

*Pour les installations de puissance installée supérieure à 10 MW, chaque génératrice électrique doit pouvoir à ses bornes fournir une puissance réactive minimale égale à 0,6 de sa puissance nominale apparente et absorber une puissance réactive égale à 0,2 de sa puissance nominale apparente.*

*Si l'installation de production comporte des génératrices asynchrones, l'auto-alimentation et la fourniture de puissance réactive se font à l'aide de batteries de condensateurs. La puissance réactive fournie à la demande du gestionnaire de réseau par les batteries de condensateur associées aux génératrices ne pourra pas excéder 0,4 de leur puissance nominale apparente. Ces batteries peuvent être installées, après concertation, chez le producteur ou dans le poste HTB/HTA sur lequel est raccordée l'installation.*

*La puissance réactive réellement fournie ou absorbée par le producteur dans les limites ci-dessus et le mode de régulation sont déterminés par le gestionnaire du réseau de distribution en fonction des impératifs d'exploitation du réseau auquel est raccordée l'installation.*

Ces dispositions constructives sont applicables pendant la durée d'exécution de la convention de raccordement. Toutefois, le Producteur peut choisir de satisfaire, pour la mise en service du Site, aux dispositions constructives minimales compatibles avec les exigences du Distributeur en terme de fourniture de puissance réactive précisées dans le Contrat d'Accès au Réseau.

**NB** : Par la suite le distributeur peut demander au producteur d'augmenter ou de diminuer la production ou la consommation de réactif dans les limites de l'arrêté du 17 mars 2003.

## **3. Détermination de la solution de raccordement**

### **d) 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 projets de raccordement producteur en attente de réponse à notre PTF) et à consommation minimale, le réseau étant en schéma normal et secourant d'exploitation.

#### d.1) Conducteurs HTA

Les impédances et la tenue thermique des conducteurs figurent dans les compte rendus de résultats d'études.

### d.2) Consommations

La puissance active consommée 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 tangente  $\varphi$ , les charges consommatrices existantes seront considérées à tangente  $\varphi = 0,4$ .

### d.3) 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.

L'étude prend en compte un incrément de 1% du à la chaîne de mesure et au fonctionnement discret du régleur. La tension de consigne au poste source est optimisée en fonction du profil de tension sur la HTA et la BT aux différents profils de charge, cette valeur ne peut pas être modifiée.

Si la tension de consigne du régleur au poste source est fixe, le calcul doit prendre en compte la valeur de consigne existante  $U_0$ . On ne baisse pas la tension de consigne sauf s'il y a surtension à l'état initial.

Si la tension de consigne du régleur au poste source est variable avec la charge (compoundage), la tension de consigne de référence est prise égale à  $U'_0 = U_0 + (P_{min} / P_{max}) * t_{compoundage}$  avec :

- $U_0$  consigne de tension à vide du régleur,
- $U_c$  consigne de tension à pleine charge,
- $\tau_{compoundage} = U_c - U_0$ .

## **e) Hypothèses sur les producteurs :**

### e.1) 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 (Contrat d'Achat avant loi 2000 ou CARD I) pour la période de faible charge pendant la période étudiée.

Si la valeur de réactif n'est pas indiquée pour la période d'étude considérée, on retiendra tangente =0.

### e.2) 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 maximale de tangente  $\varphi$  de fonctionnement issue de l'étude.

### e.3) Producteur Etudié

Le Producteur Etudié est pris en compte pour la puissance maximale qu'il est en mesure d'injecter sur le réseau pendant la période étudiée. Cette puissance de production maximale nette livrée au réseau public correspond à la puissance de raccordement en injection.

**NB** : Cette puissance est calculée par le demandeur à partir de la puissance nominale de fonctionnement des ouvrages de production installés déduction faite de la consommation minimale des auxiliaires et des autres consommations minimales uniquement si ces dernières soutirent conjointement lors des périodes de production.

#### **1. Puissance active maximale injectée sur le réseau = Puissance de raccordement (Pmax 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.

#### **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.

Pour un site à raccorder à un départ HTA existant, la production réactive minimale sera déterminée pour couvrir les besoins du départ dans les conditions minimales de charge du réseau (consommations et productions raccordées) de la période de production considérée. La tangente  $\varphi$  minimale de production sera donc égale à  $(0,4 \times P_{\min} \text{ du départ} / P_{\max} \text{ prod})$ , sans toutefois dépasser les capacités constructives des génératrices. Toutefois, si une autre valeur de tangente  $\varphi$  permet de lever les contraintes de plan de tension, cette valeur (dans les limites des dispositions constructives de l'installation) sera retenue.

Pour un site à raccorder à un départ dédié, la production réactive minimale sera égale à 0, ce qui nécessite une valeur de consigne voisine de 0, la plus faible possible, minimisant ainsi le risque de consommation réactive du site. La tangente  $\varphi$  minimale de production sera égale à 0.

La tangente  $\varphi$  de calcul correspond à la borne haute de la plage de régulation : elle sera égale à la tangente  $\varphi$  de production minimale demandée à la mise en service du site augmentée de l'incertitude E de la régulation. Celle-ci sera prise par défaut à 0,05.

**En conclusion pratique, les calculs intègrent par défaut dans les limites du plan de tension une puissance réactive maximale injectée égale à :**

- Q =  $0,4 \times P_{\min} \text{ du départ} + Ex P_{\max} \text{ prod}$  si raccordement sur un départ existant  
(sans dépasser toutefois  $0,4 P_{\max} \text{ prod}$ )
- Q =  $Ex P_{\max}$  de production si raccordement sur départ dédié

Le raccordement est ainsi dimensionné pour couvrir les besoins minimaux de réactif du réseau, et non avec une tangente  $\varphi$  de production égale par défaut à 0,4 (sauf si les besoins minimaux sont à hauteur de 0,4).

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).

Note 2: En présence de plusieurs producteurs sur le même départ, on recherche un partage de l'énergie réactive à fournir au prorata des puissances produites.

## **f) Choix de la section des liaisons de raccordement**

### **f.1) 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 défaut en court circuit,
- la limitation des écarts de tension pour assurer le respect des niveaux de tension admissibles par les équipements alimentés.

Le montant annuel des pertes d'énergie induites par le transit dans un câble peut représenter une part non négligeable de son coût d'établissement.

Dans ces conditions, le choix d'une section supérieure à la section minimale est de nature à permettre une réduction du coût total de revient de la liaison. Ce coût de revient est formé de la somme du coût d'établissement (fourniture + installation) et du coût total d'exploitation (maintenance + pertes d'énergie), chacun de ces termes variant en sens inverse pour une section croissante du câble.

Ce point est d'autant plus important lorsque la liaison est destinée à un usage intensif et est amortie sur une longue durée.

### **f.2) 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 8% et une durée d'amortissement de 30 ans, correspondant à une valeur de 11,25 pour le terme d'actualisation (A) des dépenses d'exploitation.
- Un coût de l'énergie égal au coût d'acquisition des pertes compensées par le Distributeur.

Les données techniques particulières aux liaisons sont :

- Les sections préférentielles et la nature des conducteurs disponibles dans la gamme des câbles retenue par le Distributeur.
- Les surcoûts d'établissement liés au passage d'une section à la section supérieure dans la gamme de câble retenue par le gestionnaire de réseaux
- Les intensités à transiter par les tronçons de réseau à modifier ou à créer ainsi que leur durée annuelle d'utilisation. L'intensité transitée sera calculée à partir de la puissance apparente maximale de fonctionnement (et dépendra donc de la  $\tan \phi$  maximale de fonctionnement initial).

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.

### **f.3) 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 déterminée pour les besoins du demandeur,
- section maximale de l'ossature du départ HTA de raccordement si le raccordement contribue à son allongement.

#### f.4) Cas des liaisons dédiées

La 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 ou à défaut par des données moyennes.

Les informations nécessaires sont :

- les puissances maximales de soutirage et d'injection demandées,
- les durées annuelles d'utilisation prévues en soutirage et en injection,
- les quantités annuelles d'énergie électrique soutirée et injectée.

A défaut des données relatives à la durée annuelle d'utilisation et des quantités annuelles d'énergie électrique, il est retenu la valeur maximale des installations comparables.

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

La vérification porte sur :

- la tension des clients HTA raccordés, tension haute devant être inférieure ou égale à  $U_c + 5\%$  ( $U_c$  = tension contractuelle figurant au Contrat d'Accès),
- la tension BT délivrée par les postes DP, tension haute devant être inférieure ou égale à 244V. S'il existe en plus un producteur raccordé en BT 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,
- l'Antenne de raccordement du producteur (un départ dédié étant aussi une antenne de raccordement), une tension plus élevée est acceptable sous condition  $U_{HTA} < U_n + 10\%$ .

Cela nécessite :

- l'acceptation du producteur sur des plages de fluctuations lentes de tension dans la convention de raccordement supérieures à  $U_c + 5\%$ ,
- l'acceptation du distributeur sur l'impossibilité de raccorder ultérieurement et en l'état d'autres postes avec la qualité standard,
- dispositions contractuelles particulières sur la partie d'antenne comprise entre le point commun de couplage et le point de livraison.

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

- pour une contrainte apparaissant en HTA et/ou en BT, si le producteur est raccordé à un départ desservant des producteurs existants, par adaptation de leur tangente  $\varphi$  de fonctionnement jusqu'à une valeur telle que la puissance réactive injectée par l'ensemble des producteurs sur les départs compense la puissance réactive appelée par les charges, soit  $0,4xP_{min}$  du départ,
- de plus, si une autre valeur de tangente  $\varphi$  permet de lever les contraintes de plan de tension, cette valeur (dans les limites des dispositions constructives de l'installation) sera retenue,
- pour une contrainte apparaissant en HTA et/ou en BT par adaptation du raccordement du Producteur : si utilisation d'un départ HTA existant, adaptation de ce départ, déplacement du point de raccordement vers le poste source, création d'un départ dédié.

## h) 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 décrits dans la base de données HTA à leur tenue thermique.

La vérification porte sur :

- le respect des tenues thermiques au transit permanent,
- la limitation des pertes de transit par le choix d'une section économique pour les ouvrages à créer ou à renforcer.

Si une contrainte de transit HTA est détectée, on cherche à la lever par adaptation du raccordement du producteur: adaptation départ, départ dédié....

## i) Détermination de la plage de fonctionnement en réactif

Dans un cas d'utilisation d'un régulateur de tangente  $\varphi$ , la fourniture de réactif ne peut être fixée sous forme d'une valeur fixe, mais sous la forme d'une plage permettant à l'installation de réguler sans dépasser les dispositions contractuelles :

- si le raccordement se fait par départ dédié : la plage de fourniture de réactif est fixée par défaut à  $[0 ; ExP_{\max}]$ , E étant la valeur moyenne déterminée par le producteur pour minimiser la consommation réactive de son site. Par défaut, on prend  $E = 0,05 \text{ Var.W-1}$ ,
- si le raccordement se fait par départ non dédié : la plage de fourniture de réactif est fixée à  $[0,4xP_{\min} \text{ du départ}; 0,4xP_{\min} \text{ du départ} + Ex P_{\max} \text{ prod}]$ .

Nota 1 : Dans le cadre d'un raccordement sur un départ non dédié, si une valeur de tangente  $\varphi$  du producteur (inférieure à  $0,4xP_{\min} \text{ du départ} / P_{\max} \text{ prod}$ ) permet de lever les contraintes de plan de tension, cette valeur (dans les limites des dispositions constructives de l'installation) sera retenue. La plage de réactif sera alors fixée telle que la plage de tangente soit comprise dans la plage  $[(\text{tangente } \varphi), (\text{tangente } \varphi) + 0,05]$  avec tangente  $\varphi + 0,05$  correspondant à valeur prise en compte dans l'étude.

Nota 2 : Il est à noter que la tangente  $\varphi$  contractuelle correspond à la borne basse de la plage de réactif et que la tangente  $\varphi$  d'étude correspond à la borne haute de la plage de réactif.

Dans tous les cas, la puissance maximale active injectée et soutirée sur le réseau éventuellement limitée à une période de l'année et la plage de réglage de la puissance réactive correspondante issue de l'étude de raccordement devront être mentionnées dans le contrat d'injection et les convention de raccordement et d'exploitation.

Les valeurs des consignes et les conditions de fourniture de puissance réactive sont indiquées par le contrat d'injection et rappelées dans la convention d'exploitation.