

# **> Lignes à haute tension Aide à l'exécution de l'ORNI**

*Recommandation concernant l'exécution, les calculs et les mesures*

**Projet pour essai, juin 2007**

### **Valeur juridique de cette publication**

La présente publication est un projet d'aide à l'exécution, élaboré par l'OFEV en tant qu'autorité fédérale compétente en matière de rayonnement non ionisant (RNI). Elle concrétise des notions juridiques indéterminées de la loi sur la protection de l'environnement (LPE) et de l'ordonnance sur la protection contre le rayonnement non ionisant (ORNI) et favorise ainsi une application uniforme de la législation. Si les autorités directrices fédérales compétentes en matière d'autorisation de lignes à haute tension et si les autorités cantonales compétentes en matière de délimitation de nouvelles zones à bâtir en tiennent compte, elles peuvent partir du principe que leurs décisions seront conformes au droit fédéral. D'autres solutions sont aussi licites dans la mesure où elles sont conformes au droit en vigueur. De manière indirecte, l'aide à l'exécution livre également des points de repère aux privés, en particulier aux entreprises d'électricité, qui peuvent ainsi vérifier la conformité de leur action économique avec le droit fédéral. Suite à la phase d'essai, l'OFEV adaptera le projet en fonction des expériences recueillies et publiera une version définitive de l'aide à l'exécution dans la collection « L'environnement pratique ».

### **Impressum**

#### **Éditeur**

Office fédéral de l'environnement (OFEV)  
L'OFEV est un office du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC).

#### **Auteurs**

Jürg Baumann, Stefan Joss, OFEV, section Rayonnement non ionisant

#### **Traduction**

Gérard Gast, Travers

#### **Référence bibliographique**

Baumann J., Joss S. 2007 : Lignes à haute tension. Aide à l'exécution de l'ORNI. Recommandation concernant l'exécution, les calculs et les mesures. Projet pour essai, juin 2007 L'environnement pratique. Office fédéral de l'environnement, Berne. 137 p.

#### **Graphisme, mise en page**

Ursula Nöthiger-Koch, 4813 Uerkheim

#### **Langues**

Ce projet est également publié en allemand et en italien

#### **Téléchargement PDF**

[www.bafu.admin.ch/elektrosmog/01100/01108/04391/index.html?lang=fr](http://www.bafu.admin.ch/elektrosmog/01100/01108/04391/index.html?lang=fr)  
(il n'existe pas de version imprimée)

# Table des matières

<b>Avant-propos</b>	<b>5</b>	<b>3 Exigences de l'ORNI</b>	<b>28</b>
<b>1 Introduction</b>	<b>6</b>	3.1 Limitations préventives des émissions	28
1.1 But et champ d'application	6	3.1.1 Nouvelles installations	28
1.2 Concept de protection de l'ORNI	8	3.1.2 Anciennes installations	28
		3.1.3 Modification des installations	29
		3.1.4 Dérogations	32
		3.1.5 Conformité du mode d'exploitation effectif avec le mode d'exploitation déterminant autorisé	33
<b>2 Définitions</b>	<b>9</b>	3.2 Respect de la valeur limite d'immissions	34
2.1 Installation	9	3.3 Délimitation de nouvelles zones à bâtir	35
2.1.1 Tronçon de ligne à apprécier	10	3.4 Obligations du détenteur d'une installation de collaborer et de notifier	37
2.1.2 Lignes électriques communes	10		
2.1.3 Lignes électriques parallèles à proximité les unes des autres	10	<b>4 Droits de la population</b>	<b>39</b>
2.1.4 Points de jonction entre les lignes et les sous-stations, les postes de couplage et les stations de transformation	14	4.1 Participation lors des procédures d'approbation des plans et des procédures d'assainissement	39
2.1.5 Lignes de transport d'électricité des chemins de fer (16,7 Hz) situées à proximité d'installations de lignes de contact	14	4.2 Information sur l'exploitation de lignes électriques après clôture d'une procédure d'approbation des plans ou d'une procédure d'assainissement	41
2.2 Détenteur d'une installation	15		
2.3 Valeur limite de l'installation (VLInst)	16	<b>5 Exécution de l'ORNI relative à la construction et la modification de lignes électriques</b>	<b>42</b>
2.4 Mode d'exploitation déterminant	17	5.1 Champ d'application	42
2.4.1 Courant déterminant	17	5.2 Fiche de données spécifique au site	42
2.4.2 Directions déterminantes du flux de charge	19	5.3 Demande de dérogation	42
2.4.3 Flèche des lignes aériennes déterminante	20	5.4 Examen et approbation par l'autorité	43
2.5 Anciennes et nouvelles installations	21	5.5 Exploitation de l'installation	43
2.5.1 Généralités	21	5.5.1 Enregistrement des données d'exploitation	43
2.5.2 Déplacement d'une ancienne installation	22	5.5.2 Mesure de réception	44
2.5.3 Remplacement d'une ancienne installation sur son site actuel	22		
2.6 Modification d'une ancienne installation	23	<b>6 Exécution de l'ORNI concernant les anciennes installations</b>	<b>45</b>
2.6.1 Modification de la disposition des conducteurs	23	6.1 Champ d'application	45
2.6.2 Modification du mode d'exploitation déterminant	23	6.2 Évaluation de la nécessité d'assainir	45
2.6.3 Modification de l'ordre des phases	24	6.3 Formulaire de notification « Évaluation de la nécessité d'assainir une ancienne ligne à haute tension »	46
2.6.4 Adaptations qui ne sont pas des modifications au sens de l'ORNI	24	6.4 Examen par l'autorité	46
2.7 Lieux à utilisation sensible (LUS)	25	6.4.1 Pas d'assainissement	46
2.8 Lieux de séjour momentané (LSM)	26	6.4.2 Assainissement	47
2.9 Périmètres d'examen et de légitimation	27		
2.9.1 Périmètre d'examen	27		
2.9.2 Périmètre de légitimation	27		

6.4.3	Enregistrement des données d'exploitation	47	8.5.2	Détermination du périmètre d'examen	70
6.5	Exploitation de l'installation	47	8.6	Détermination de la combinaison des directions des flux de charge déterminante	71
<b>7 Délimitation de nouvelles zones à bâtir</b>		<b>48</b>	8.6.1	Généralités	71
7.1	Délimitation de nouvelles zones à bâtir à proximité de lignes existantes	48	8.6.2	Évaluation statistique des données relatives aux flux de charge de deux ternes	71
7.2	Délimitation de nouvelles zones à bâtir à proximité de lignes en projet	48	8.6.3	Estimation au cours de la phase de planification	72
<b>8 Méthodes de calcul et de mesure</b>		<b>49</b>	8.6.4	Détermination sur la base d'enregistrements de données d'exploitation	73
8.1	Modélisation de la densité de flux magnétique	49	8.7	Détermination de l'intensité de champ électrique	73
8.1.1	But	49	8.7.1	But	73
8.1.2	Rapport entre modélisation et mesure de la densité de flux magnétique	49	8.7.2	Méthodes	73
8.1.3	Lieu concerné par la modélisation	50	8.7.3	Mode d'exploitation EMax	73
8.1.4	Modélisation pour le mode d'exploitation déterminant	50	8.7.4	Lieu choisi pour la détermination	74
8.2	Mesure de réception	53	8.7.5	Modélisation de l'intensité de champ électrique	75
8.2.1	Généralités	53	<b>Annexe 1</b>		<b>76</b>
8.2.2	Détermination des courants et des angles de déphasage	55	A1	Fiche de données spécifique au site concernant les lignes à haute tension	76
8.2.3	Détermination des positions des conducteurs et du lieu de mesure	56	A1-1	Structure de la fiche de données spécifique au site	76
8.2.4	Mesure de la densité de flux magnétique	57	A1-2	Exemples	79
8.2.5	Modélisation de la densité de flux magnétique pour le mode d'exploitation durant la mesure de réception	58	A1-3	Instructions pour remplir de la fiche de données spécifique au site	81
8.2.6	Incertitude liée à la mesure de réception	59	A2	Formulaire de notification : Évaluation de la nécessité d'assainir une ancienne ligne à haute tension	105
8.2.7	Validation du modèle de ligne	60	A2-1	Structure du formulaire de notification	105
8.2.8	Exigences posées au rapport de mesure	60	A2-2	Instructions pour remplir le formulaire de notification	108
8.2.9	Accréditation des laboratoires d'essai ou des organismes d'inspection	60	A3	Formulaire de notification : Distance à respecter par rapport à une ligne à haute tension lors de la délimitation de nouvelles zones à bâtir	120
8.3	Distance indicative pour le respect de la valeur limite de l'installation	61	A3-1	Instructions pour remplir le formulaire de notification	120
8.3.1	But	61	A4	Courant thermique limite de lignes aériennes	125
8.3.2	Champ d'application	61	A5	Combinaison des directions des flux de charge déterminante relative à deux ternes	127
8.3.3	Distance indicative	62	A6	Estimation de l'incertitude liée aux mesures de réception	129
8.4	Détermination de l'ordre des phases optimal	64	A6-1	Démarche générale	129
8.4.1	Généralités	64	A6-2	Exemple	130
8.4.2	Deux ternes de même fréquence	65	A7	Exigences posées en cas d'adaptation d'anciennes installations	134
8.4.3	Trois ternes ou plus de même fréquence	65	<b>Abréviations / Glossaire</b>		<b>136</b>
8.4.4	Aspects de grande envergure	66			
8.5	Détermination des périmètres de légitimation et d'examen	66			
8.5.1	Détermination du périmètre de légitimation	66			

---

## > Avant-propos

Les lignes à haute tension constituent la structure de base de notre approvisionnement en courant électrique. Elles transportent l'énergie électrique des centrales vers les consommateurs et permettent l'échange de courant par-dessus les frontières nationales. Ces lignes génèrent toutefois des effets secondaires comme les champs magnétiques basse fréquence et, parfois, des champs électriques. Dans l'ordonnance sur la protection contre le rayonnement non ionisant (ORNI), entrée en vigueur le 1<sup>er</sup> février 2000, le Conseil fédéral a fixé des valeurs limites pour ces champs et arrêté des directives d'assainissement pour les installations existantes.

L'OFEV précise les prescriptions de l'ORNI et en concrétise l'exécution au moyen de la présente recommandation concernant l'exécution, les calculs et les mesures. Il s'acquitte en outre de son obligation de recommander des méthodes pour le calcul et la mesure des champs magnétiques et électriques. Lors de l'élaboration de la présente aide à l'exécution, l'OFEV a été soutenu par un groupe d'accompagnement constitué de représentants de l'Inspection fédérale sur les installations à courant fort, de l'Office fédéral de l'énergie, de l'Office fédéral des transports, des services cantonaux chargés de la protection contre le RNI, de l'Association des entreprises électriques suisses, des CFF et d'organisations environnementales. Ils sont vivement remerciés ici pour leurs précieuses contributions.

Certaines démarches et méthodes d'analyse sont récentes et les expériences manquent souvent. La présente aide à l'exécution n'est donc publiée dans un premier temps qu'à titre d'essai. Après la période d'essai de deux ans, les expériences seront évaluées et l'aide à l'exécution sera, si nécessaire, adaptée et mise en forme définitivement.

Une partie de cette aide à l'exécution concerne les mesures de réception. Le chapitre correspondant constitue – déjà sous sa forme actuelle – la base sur laquelle les laboratoires de mesure peuvent obtenir une accréditation pour de telles mesures auprès du Service d'accréditation suisse.

Par la présente aide à l'exécution destinée aux autorités d'exécution, aux entreprises électriques, aux laboratoires de mesure et aux personnes intéressées, l'OFEV espère clarifier la question de l'exécution de l'ORNI en matière de lignes à haute tension.

D'autres documents de travail, en particulier les jeux de formulaires décrits dans les annexes ainsi que des recueils d'exemples et un programme informatique pour l'évaluation de données d'exploitation se trouvent sur le site de l'OFEV à l'adresse [www.bafu.admin.ch/elektrosmog/01100/01108/04391/index.html?lang=fr](http://www.bafu.admin.ch/elektrosmog/01100/01108/04391/index.html?lang=fr).

Martin Schiess  
Chef de la division Protection de l'air et RNI  
Office fédéral de l'environnement (OFEV)

# 1 > Introduction

## 1.1 But et champ d'application

La présente recommandation concernant l'exécution, les calculs et les mesures (aide à l'exécution) est une directive précisant la manière dont les autorités d'exécution fédérales peuvent vérifier si une ligne électrique remplit les exigences de l'ordonnance sur la protection contre le rayonnement non ionisant (ORNI ; RS 814.710). Elle renseigne en outre sur la façon de garantir, lors de la délimitation de nouvelles zones à bâtir, situées près de lignes électriques existantes ou prévues, que les exigences fixées dans l'ORNI à cet effet sont remplies. La présente aide à l'exécution permet à l'OFEV de s'acquitter en particulier de son obligation de recommander des méthodes de mesure et de calcul appropriées au contrôle du respect des limitations des émissions (art. 12 ORNI) et à la détermination des immissions (art. 14 ORNI).

L'aide à l'exécution comprend :

- > des explications et des précisions relatives à l'ORNI ;
- > des recommandations sur la manière d'opérer lors de l'assainissement, de la construction et de la modification d'une ligne électrique ainsi que lors de la délimitation de nouvelles zones à bâtir ;
- > la recommandation sur le calcul de la densité de flux magnétique et de l'intensité de champ électrique dues à des lignes électriques ;
- > la recommandation sur la mesure de la densité de flux magnétique des lignes électriques ;
- > la fiche de données spécifique au site relative aux lignes à haute tension (construction et modification d'une ligne) ;
- > le formulaire de notification intitulé «Évaluation de la nécessité d'assainir une ancienne ligne à haute tension» ;
- > le formulaire de notification intitulé «Distance à respecter lors de la délimitation de nouvelles zones à bâtir à proximité d'une ligne à haute tension».

Elle ne contient en revanche aucune directive technique quant à la façon de construire ou d'assainir les lignes électriques de manière à ce qu'elles génèrent peu d'émissions. Les concepts et les expériences correspondants seront repris de la littérature sur l'électrotechnique.

La présente aide à l'exécution s'adresse en premier lieu aux autorités directrices fédérales compétentes en matière d'approbation de lignes à haute tension (explications relatives à l'ORNI, recommandations concernant les mesures et les calculs, exécution) et aux autorités cantonales responsables de l'aménagement du territoire (délimitation des zones à bâtir). Elle sert aussi de base aux entreprises électriques pour remplir leurs

obligations de notifier et de collaborer dans le cadre de l'exécution de l'ORNI (fiche de données spécifique au site et formulaires de notification) et contient des informations de base destinées à toutes les parties concernées par les procédures.

L'autorité directrice en matière d'approbation des plans et d'assainissement de lignes électriques du réseau d'électricité public est l'Inspection fédérale des installations à courant fort (IFICF), éventuellement l'Office fédéral de l'énergie (OFEN) ; dans le cas des lignes de transport d'électricité des chemins de fer, c'est l'Office fédéral des transports (OFT). Dans le cas des lignes combinées, la compétence est fixée au cas par cas. Dans le cadre de la procédure d'approbation des plans (PAP), les autorités fédérales compétentes prennent l'avis des cantons.

L'aide à l'exécution ne s'applique qu'aux lignes électriques aériennes et en câbles définies à l'annexe 1, ch. 1, ORNI :

---

## Annexe 1 ORNI

### 11 Champ d'application

<sup>1</sup> Les dispositions du présent chapitre s'appliquent aux installations suivantes ayant une tension nominale d'au moins 1000 V :

- a. aux lignes aériennes de courant alternatif ;
- b. aux lignes de courant alternatif en câbles monoconducteurs dans des tubes différents.

---

Les lignes électriques présentant des tensions nominales inférieures à 1000 V, les lignes à courant continu ainsi que toutes les lignes en câbles comprenant des câbles multiconducteurs ne sont pas traitées dans la présente aide à l'exécution. Pour de telles lignes, les valeurs limites d'immissions au sens de l'annexe 2 ORNI sont en effet considérées comme respectées. En outre, l'ORNI ne contient pas de limitations préventives des émissions explicites à leur propos (p. ex. valeurs limites de l'installation).

Les lignes de contact des chemins de fer et des tramways ainsi que leurs lignes d'alimentation ne sont pas non plus traitées par la présente aide à l'exécution<sup>1</sup>, ces lignes étant réglées séparément dans l'ORNI (annexe 1, ch. 5, ORNI).

L'aide à l'exécution ne s'applique pas à l'exposition des travailleurs effectuant des travaux d'entretien sur des lignes électriques (art. 2, al. 2, let. a, ORNI). Dans ce cas, ce n'est pas l'ORNI qui s'applique mais les directives sur la protection des travailleurs<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Les lignes de transport d'électricité pour les chemins de fer, cadencées à 16,7 Hz, des deux niveaux de tension de 66 kV et de 132 kV, font cependant partie du champ d'application.

<sup>2</sup> Valeurs limites d'exposition aux postes de travail 2007, SUVA Lucerne

## 1.2 Concept de protection de l'ORNI

En matière de lignes électriques, l'ORNI poursuit deux objectifs de protection :

- > protéger la population contre des dangers aigus avérés et des effets fortement incommodants ;
- > limiter de manière préventive l'exposition à long terme de la population aux champs magnétiques des lignes électriques.

Le premier objectif, la protection contre les dangers aigus et les effets fortement incommodants, est concrétisé à l'annexe 2 de l'ORNI, sous la forme de valeurs limites d'immissions (VLI). En ce qui concerne les dangers aigus, il s'agit de stimulations de cellules nerveuses et musculaires provoquées par des champs électriques ou magnétiques très puissants. Quant aux effets incommodants, ils sont dus uniquement, dans le cas des lignes électriques, au champ électrique. Ainsi, dans un champ électrique puissant, des sensations désagréables, voire douloureuses peuvent se produire au contact d'objets métalliques. La valeur limite d'immissions pour l'intensité de champ électrique est fixée de telle manière que la stimulation de cellules puisse être exclue avec une grande marge de sécurité et que les effets incommodants puissent l'être en grande partie.

Les valeurs limites d'immissions doivent toujours être respectées, en particulier aussi lorsque les immissions sont les plus élevées et partout où des personnes peuvent séjourner même pour une courte durée. Les anciennes lignes électriques dépassant la VLI pour l'intensité de champ électrique dans le mode d'exploitation le plus défavorable doivent en principe être assainies<sup>3</sup>. Pour des raisons de proportionnalité, on assainira en priorité les tronçons de ligne provoquant d'importants effets incommodants. Si tel n'est pas le cas, l'assainissement n'est pas considéré comme urgent.

Au contraire des valeurs limites d'immissions, les limitations préventives des émissions au sens de l'ORNI concernent l'exposition à long terme de personnes. C'est pourquoi elles ne s'appliquent qu'en des lieux où des personnes séjournent longtemps, désignés dans l'ORNI comme « lieux à utilisation sensible » (LUS). L'exposition à long terme est limitée, d'une part, par les mesures prises sur les installations et, d'autre part, par des distances minimales à respecter, fixées lors de la délimitation de nouvelles zones à bâtir.

<sup>3</sup> Dans la présente aide à l'exécution, on entend par « assainissement » toute mesure prise dans le but de respecter les exigences de l'ORNI, sauf les transformations et travaux de maintenance effectués pour garantir la sécurité technique des lignes électriques.

## 2 > Définitions

*Dans ce chapitre sont expliquées et précisées les notions de l'ORNI, ainsi que d'autres notions, utilisées dans la présente aide à l'exécution.*

### 2.1 Installation

Les limitations préventives des émissions de l'annexe 1, ch. 1, ORNI s'appliquent toujours à une seule installation. La définition de l'installation est donc d'une grande importance pour l'application de ces dispositions. Elle peut être différente de la définition usuelle de la législation sur l'électricité. Dans ce qui suit, une « installation » est toujours une installation au sens de l'ORNI. Elle est définie comme suit à l'annexe 1, ch. 12, ORNI :

#### Annexe 1 ORNI

##### 12 Définitions

...

<sup>3</sup> Une ligne électrique se compose de l'ensemble des conducteurs de phase et des conducteurs de terre se trouvant soit sur un pylône, soit dans une installation de câblage sous terre. Elle peut comporter un ou plusieurs ternes.

<sup>4</sup> L'installation comprend toutes les lignes du tronçon à apprécier qui se trouvent à proximité les unes des autres.

...

Cette définition limite d'une part l'installation dans sa longueur (seul « le tronçon de ligne à apprécier ») et fixe d'autre part l'ensemble des ternes<sup>4</sup> à prendre en considération lors de la modélisation de la densité de flux magnétique et lors de la détermination de l'ordre des phases optimal. Cela est en particulier important pour les lignes parallèles. Cette définition mérite les explications et précisions suivantes :

<sup>4</sup> Dans le réseau de transport d'électricité des chemins de fer, cadencé à 16,7 Hz, les ternes sont désignés par « lacets ».

### 2.1.1 Tronçon de ligne à apprécier

L'annexe 1, ch. 12, al. 4, ORNI considère que l'évaluation RNI de lignes électriques s'effectue sur des tronçons de ligne<sup>5</sup>. Cela correspond à la pratique courante en matière de dépôt et d'approbation de plans de lignes électriques, concernant toujours un tronçon donné. Dans un cas extrême, il peut s'agir de la construction d'un tronçon de ligne de quelques dizaines de kilomètres, dans un autre cas simplement du remplacement ou du déplacement de quelques pylônes existants. Dans ce dernier cas, sont considérées comme « tronçons à apprécier » toutes les portées entre les pylônes concernés, plus les portées adjacentes aux extrémités. Le respect des dispositions de l'ORNI ne doit être vérifié que pour ce secteur limité.

Une seule et même ligne en projet doit éventuellement être divisée en tronçons pour lesquels les exigences posées dans le cadre de l'évaluation RNI ne sont pas nécessairement les mêmes. Si, par exemple, une ligne est construite de A à B et réinstallée sur les supports d'une ancienne ligne entre B et C, le premier tronçon constitue une nouvelle installation au sens de l'ORNI (§ 2.5.1), le second une modification d'une ancienne installation (§ 2.6.1).

### 2.1.2 Lignes électriques communes

Tous les ternes d'un pylône ou d'une installation de câblage sont considérés comme une seule ligne (annexe 1, ch. 12, al. 3, ORNI), même s'ils n'appartiennent pas à la même entreprise. Cela vaut également pour les lignes comprenant aussi bien des ternes du réseau public (50 Hz) que du réseau de transport d'électricité des chemins de fer (16,7 Hz). Dans le cas de lignes communes à deux ou plusieurs entreprises d'électricité, il faut donc prendre en compte tous les ternes lors de l'évaluation RNI.

### 2.1.3 Lignes électriques parallèles à proximité les unes des autres

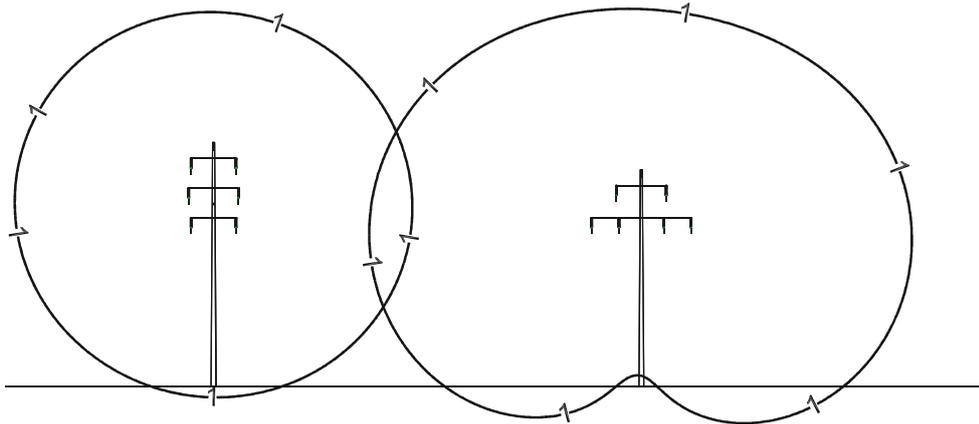
À l'intérieur du tronçon à apprécier (§ 2.1.1), les lignes électriques parallèles sont considérées comme formant ensemble une seule installation au sens de l'ORNI lorsqu'elles sont à proximité les unes des autres. La démarche suivante permet de vérifier si c'est le cas :

Dans une première étape, les deux lignes électriques sont considérées séparément. Pour chacune d'elles on calcule, à l'aide d'un modèle 2D (§ 8.1.4), l'isoligne de 1  $\mu$ T située dans le plan perpendiculaire à l'axe de la ligne. Dans chaque cas, on se réfèrera aux courants déterminants au sens du paragraphe 2.4.1 et à l'ordre des phases optimal (§ 8.4). Si les isolignes de 1  $\mu$ T des deux lignes électriques se touchent ou se chevauchent, celles-ci sont considérées comme une seule installation. Une telle situation est représentée à titre d'exemple sur la figure 1 pour deux lignes aériennes parallèles de 110 kV.

<sup>5</sup> Seule l'optimisation des phases peut éventuellement nécessiter une prise en considération plus large. L'optimisation de l'ordre des phases sur un tronçon de ligne déterminé, peut, en effet, comme cela est précisé au chapitre 8.4.4, entraîner une augmentation de la densité de flux magnétique sur un autre.

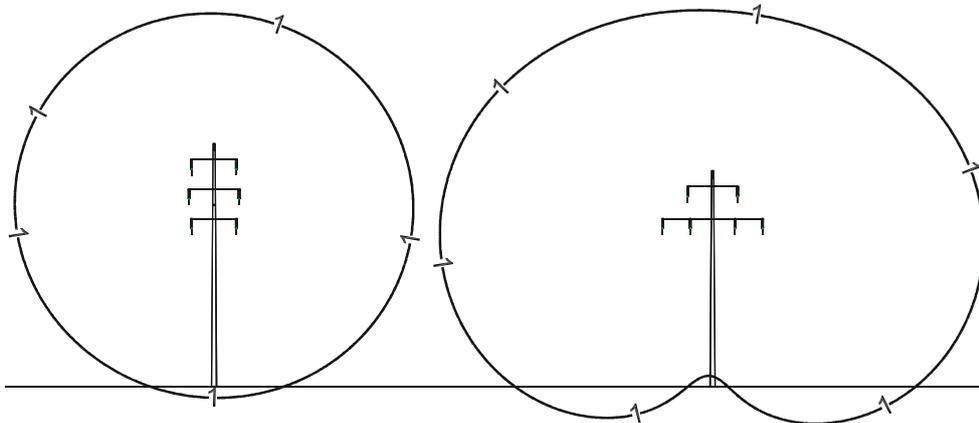
**Fig. 1** > Deux lignes aériennes parallèles constituant une seule installation au sens de l'ORNI.

*Explications dans le texte.*



**Fig. 2** > Deux lignes aériennes parallèles constituant deux installations distinctes au sens de l'ORNI.

*Explications dans le texte.*

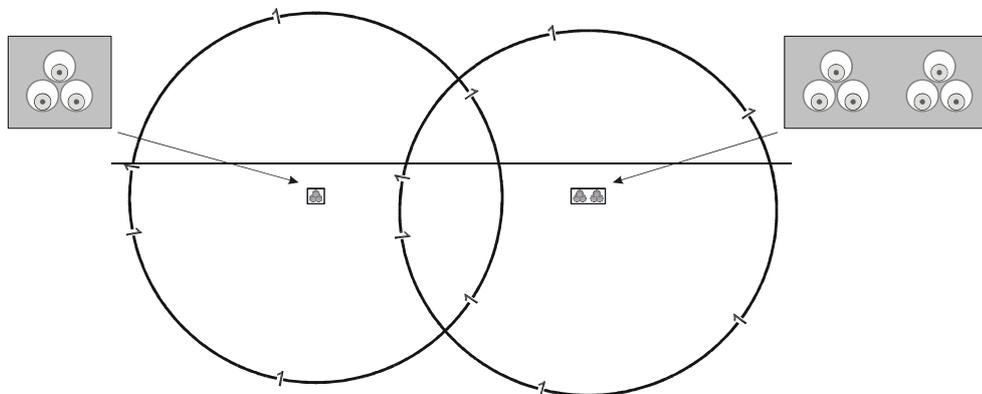


Si les deux isolignes de  $1 \mu\text{T}$  ne se touchent pas (figure 2), alors les deux lignes électriques sont considérées comme des installations distinctes. Elles sont évaluées indépendamment l'une de l'autre et doivent remplir chacune les exigences de l'ORNI relatives à la prévention. Plus particulièrement, chaque ligne doit respecter la valeur limite de l'installation en rapport avec le rayonnement qu'elle génère à elle seule.

Ce qui est représenté sur les figures 1 et 2 pour deux lignes aériennes parallèles, vaut également, par analogie, pour deux lignes parallèles en câbles ainsi que pour une ligne en câbles parallèle à une ligne aérienne. Dans la modélisation de la densité de flux magnétique, on prendra en considération – pour autant que leurs isolignes de  $1 \mu\text{T}$  se chevauchent – aussi bien la ligne aérienne que la ligne en câbles. Des exemples correspondants sont illustrés sur les figures 3 et 4.

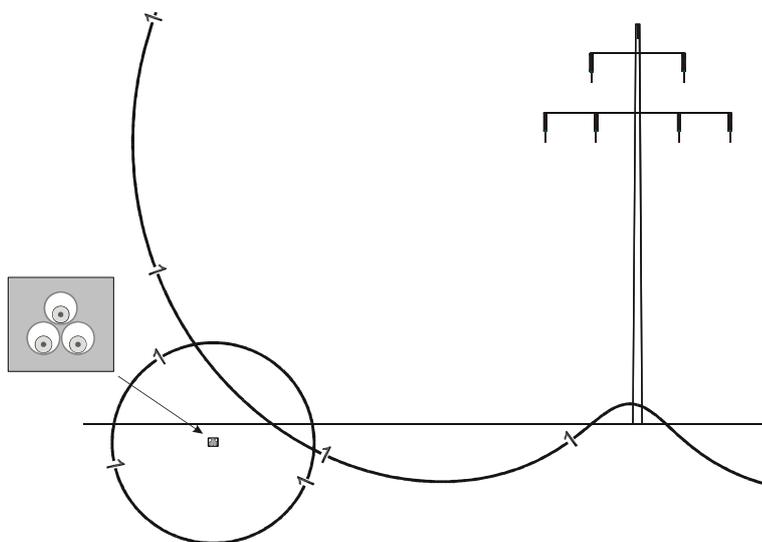
**Fig. 3** > Deux lignes en câbles parallèles constituant une seule installation au sens de l'ORNI.

*Explications dans le texte.*



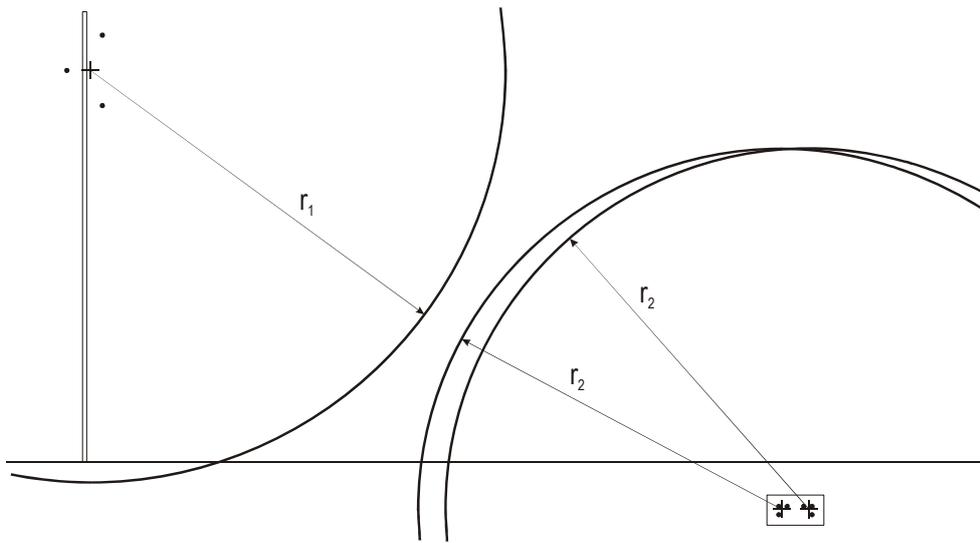
**Fig. 4** > Une ligne aérienne et une ligne en câbles parallèles constituant une seule installation au sens de l'ORNI.

*Explications dans le texte.*



Dans le cas de lignes simples, la preuve que deux lignes parallèles doivent être traitées comme des installations distinctes peut également être apportée au moyen des distances indicatives selon le chapitre 8.3. Cette méthode simple s'applique aux lignes à un ou deux ternes remplissant les conditions du paragraphe 8.3.2 en matière de courant thermique limite et de disposition de conducteurs. Dans ce cas, on peut se contenter d'une isoligne de  $1 \mu\text{T}$  approximative, constituée par un cercle de rayon égal à la distance indicative au sens du paragraphe 8.3.3. Le centre du cercle est situé au centre de gravité du terna (dans le cas d'une ligne à deux ternes, on choisira le terna le plus proche de la ligne parallèle). Si les deux cercles ne se touchent pas, les deux lignes sont considérées comme des installations distinctes. Un exemple se trouve à la figure 5. Si les deux cercles se touchent ou se chevauchent, cela ne signifie pas nécessairement que les deux lignes doivent être traitées comme une seule installation. Pour clarifier définitivement la question, il faut calculer précisément les isolignes de  $1 \mu\text{T}$ .

**Fig. 5 > Une ligne aérienne et une ligne en câbles parallèles constituant deux installations distinctes au sens de l'ORNI. Évaluation approximative au moyen de la distance indicative  $r$  selon le paragraphe 8.3.3.**



Le croisement de deux lignes électriques constitue un cas particulier. On peut cependant admettre que les lieux à utilisation sensible ne se situent que rarement à proximité d'un croisement de lignes au point qu'il faille, lors de la modélisation de densité de flux magnétique, prendre en considération les deux lignes. Le cas le plus probable pourrait être le croisement d'un câble souterrain et d'une ligne aérienne. À ce sujet, on renoncera à une recommandation détaillée.

#### 2.1.4 Points de jonction entre les lignes et les sous-stations, les postes de couplage et les stations de transformation

Dans le concept de l'ORNI (annexe 1, ch. 1 à 3, ORNI), les lignes électriques, les sous-stations/postes de couplage ainsi que les stations de transformation sont considérés comme des types d'installations distincts. Dans la mesure où l'ORNI exige le respect de la valeur limite de l'installation, chaque installation évoquée doit respecter la valeur limite relativement au rayonnement qu'elle génère à elle seule. Pour le point de jonction entre une ligne électrique et une sous-station/un poste de couplage ou une station de transformation, les considérations suivantes sont applicables :

- > dans le cas des lignes aériennes, le tronçon aérien partant de l'entrée dans la sous-station/le poste de couplage et allant jusqu'au portique d'amarrage est à considérer comme faisant partie de la ligne, même si le portique se situe à l'intérieur du périmètre clôturé de la sous-station ;
- > dans le cas de lignes en câbles ou d'introductions en câble, le point de jonction entre une ligne et une sous-station/un poste de couplage ou une station de transformation se situe aux extrémités des câbles, boîtes d'extrémité incluses.

La présente aide à l'exécution ne traite que de l'évaluation RNI des lignes électriques et non pas de celle concernant les sous-stations, les postes de couplage et les stations de transformation.

#### 2.1.5 Lignes de transport d'électricité des chemins de fer (16,7 Hz) situées à proximité d'installations de lignes de contact

Ce qui a été précisé plus haut au sujet des lignes électriques et des sous-stations s'applique aussi par analogie aux lignes de transport d'électricité des chemins de fer à proximité des tracés de lignes de chemin de fer. Dans le cadre des limitations préventives des émissions, les lignes de transport d'électricité et les installations de lignes de contact sont considérées comme des installations indépendantes. Si une ligne de transport d'électricité des chemins de fer de 66 ou de 132 kV est parallèle au tracé d'une ligne de chemin de fer, la ligne de transport d'électricité et l'installation de lignes de contact sont considérées séparément, une évaluation combinée n'étant pas nécessaire. Dans la mesure où l'ORNI exige le respect de la valeur limite de l'installation, chacune des installations nommées doit la respecter relativement au rayonnement qu'elle génère à elle seule. Alors que la modélisation de la densité de flux magnétique relative à la ligne de transport d'électricité seule ne pose aucun problème, on saisira toujours, lors d'une mesure, les parts provenant des deux installations. C'est pourquoi les lignes de contact doivent être déclenchées lors d'une mesure de réception de la ligne de transport d'électricité, effectuée au sens du chapitre 8.2.

La présente aide à l'exécution ne traite que de l'évaluation RNI des installations de transport d'électricité et non pas de celle relative aux lignes de contact.

## 2.2 Détenteur d'une installation

L'art. 10 ORNI oblige le détenteur d'une installation à collaborer avec les autorités.

---

### Art. 10 ORNI Obligation de collaborer

*Le détenteur d'une installation est tenu de fournir à l'autorité, à la demande de cette dernière, les renseignements nécessaires à l'exécution, notamment les indications au sens de l'art. 11, al. 2. S'il le faut, il est tenu de procéder à des mesures ou à d'autres enquêtes, ou de les tolérer.*

---

Si l'installation ne comprend qu'une seule ligne électrique, l'entreprise ayant reçu ou demandé l'approbation des plans est considérée comme détentrice de l'installation.

Si une installation comprend deux ou plusieurs lignes parallèles (§ 2.1.3), les entreprises concernées désigneront, au besoin, un coordinateur assumant l'obligation de collaborer avec les autorités pour l'ensemble de l'installation et qui sera donc l'interlocuteur de celles-ci. En règle générale, ce sera le détenteur de l'installation dont l'isoligne de 1  $\mu\text{T}$  a la plus grande dimension.

2.3

## Valeur limite de l'installation (VLInst)

---

### Art. 3 ORNI Définitions

...

<sup>6</sup> La valeur limite de l'installation est une limite des émissions concernant le rayonnement émis par une installation donnée.

### Annexe 1 ORNI

#### 14 Valeur limite de l'installation

La valeur limite de l'installation est de  $1 \mu T$  pour la valeur efficace de la densité de flux magnétique.

---

La valeur limite de l'installation concerne uniquement :

- > les lieux à utilisation sensible (§ 2.7) ;
- > le mode d'exploitation déterminant (§ 2.4) ;
- > la densité de flux magnétique émise par une seule installation (§ 2.1).

Dans le cadre de la limitation préventive des émissions, la valeur limite de l'installation a quatre fonctions :

- > lors de la construction de nouvelles installations, elle doit, en principe, être respectée dans les lieux à utilisation sensible (annexe 1, ch. 15, al. 1, ORNI) ;
- > lors de la modification d'installations existantes, elle sert à identifier les LUS dans lesquels la densité de flux magnétique ne doit, en principe, pas augmenter (art. 9, al. 1, ORNI) ;
- > pour les installations existantes, elle sert de critère pour savoir si l'ordre des phases doit être optimisé (annexe 1, ch. 16, al. 1, ORNI) ;
- > lors de la délimitation de zones à bâtir, elle fixe indirectement la distance minimale entre la zone à bâtir et une installation existante ou prévue (art. 16 ORNI).

## 2.4 Mode d'exploitation déterminant

Les limitations préventives des émissions concernant les lignes électriques ont pour objectif de réduire la charge subie pendant longtemps par les riverains, due au champ magnétique généré par les lignes électriques. Comme celui-ci varie très fortement avec le temps, la prévision et la détermination de la moyenne à long terme de la densité de flux magnétique serait extrêmement coûteuse et comporterait une grande incertitude. C'est pourquoi l'auteur de l'ordonnance n'a pas couplé les dispositions préventives à l'exploitation réelle des lignes mais à un état de référence, défini au moyen d'un nombre aussi petit que possible de paramètres et univoque pour chaque ligne. Cet état de référence est désigné dans l'ORNI comme « mode d'exploitation déterminant »<sup>6</sup>. Dans la mesure où l'ORNI exige le respect de la valeur limite de l'installation, cela vaudra toujours pour ce mode d'exploitation. En règle générale, la moyenne à long terme de la densité de flux magnétique en exploitation effective est inférieure à la valeur correspondant au mode d'exploitation déterminant<sup>7</sup>.

Le mode d'exploitation déterminant est défini comme suit à l'annexe 1, ch. 13, ORNI :

### Annexe 1 ORNI

#### 13 Mode d'exploitation déterminant

<sup>1</sup> Le mode d'exploitation déterminant d'une installation est celui dans lequel tous les ternes sont en service en même temps, chacun des ternes étant exploité :

- a. à son courant thermique limite à 40 °C ; et
- b. avec un flux de puissance allant dans la direction la plus fréquemment utilisée

<sup>2</sup> Si l'arrêté d'approbation des plans fixe une valeur de courant maximal différant du courant thermique limite, cette valeur peut servir de base à la définition du mode d'exploitation déterminant.

Sur la base de l'expérience acquise, il nous paraît indiqué de préciser et de compléter cette définition.

### 2.4.1 Courant déterminant

Le mode d'exploitation déterminant est caractérisé, pour chaque terne, par une intensité de courant donnée. Celle-ci est désignée dans ce qui suit par « courant déterminant ». Bien que cela n'apparaisse pas explicitement dans la définition de l'annexe 1, ch. 13, ORNI, on prendra en considération une charge de courant symétrique, c'est-à-dire qu'on considérera le cas idéal dans lequel tous les conducteurs de phase d'un terne sont parcourus par le même courant et dont les phases se distinguent très exactement de 120 degrés (pour les systèmes à 50 Hz) ou de 180 degrés (pour les systèmes à 16,7 Hz). Ce

<sup>6</sup> Pour le respect de la valeur limite d'immissions relative à l'intensité de champ électrique, on se basera en revanche sur le mode d'exploitation générant l'intensité de champ électrique instantanée la plus élevée (cf. § 8.7.3).

<sup>7</sup> Exceptionnellement, l'inverse peut toutefois se produire aussi. Cela tient au fait que la définition du mode d'exploitation déterminant a été voulue simple et qu'elle ne couvre donc pas nécessairement toute situation d'exploitation à long terme avec la réserve suffisante.

n'est que de cette manière qu'on obtient des conditions clairement définies. La même chose est valable pour les ondes harmoniques qui peuvent apparaître dans une multitude de combinaisons. Pour des raisons de clarté, les courants du mode d'exploitation déterminant seront considérés également ici comme exempts d'ondes harmoniques.

En principe, c'est le courant permanent admissible, désigné à l'annexe 1, ch. 13, ORNI comme courant thermique limite, qui est déterminant. Il s'agit du courant le plus élevé avec lequel une corde ou un câble peut être chargé dans les conditions atmosphériques spécifiées sans que la température du conducteur dépasse la limite permise par la nature des matériaux. Les conditions environnementales significatives ne sont que partiellement spécifiées à l'annexe 1, ch. 13, ORNI avec une indication de température de 40 °C. C'est pourquoi il est recommandé de se référer aux normes techniques existantes relatives au courant permanent admissible :

- > Pour ce qui est des lignes aériennes, il s'agit des directives d'electrosuisse<sup>8</sup>, qui sont depuis longtemps à la base du dimensionnement des conducteurs. Cette norme technique admet une température ambiante de 40 °C et la présence d'un vent de vitesse 0,5 m/s. Un choix de conducteurs usuels de diverses sections figure à l'annexe 4. Pour d'autres sections ou matériaux, on calculera pour chaque cas le courant thermique limite dans les conditions ambiantes évoquées et les calculs seront présentés de manière claire et compréhensible.
- > Dans le cas de lignes en câbles souterraines, le courant permanent admissible ne dépend pas uniquement de la nature du conducteur et de sa section, mais également d'autres facteurs comme le type de pose, la nature du sol et le mode d'exploitation. Ce qui est déterminant, c'est le courant permanent admissible spécifié par le fabricant que celui-ci détermine en se fondant sur les données de l'utilisateur et la norme CEI 60287 relative au mode d'utilisation correspondant.

L'annexe 1, ch. 13, al. 2, ORNI offre en outre la possibilité de définir, dans certains cas, comme courant déterminant un courant inférieur au courant thermique limite. Les raisons de telles limitations sont parfois d'ordre physique.

Les limitations dues à des raisons d'ordre physique sont imposées par le matériel installé. Exemples :

- > Ternes dont le courant maximal est limité soit par un seul générateur (centrale électrique) soit par des utilisateurs qui y sont directement connectés (p. ex. transformateurs) : dans ce cas, on pourra fonder la définition du courant déterminant sur la somme des puissances nominales de tous les générateurs ou de tous les utilisateurs, même si la section du conducteur permet un courant thermique limite plus élevé.
- > Un tronçon de ligne sur lequel les conducteurs présentent une section plus élevée que sur le reste de la ligne (p. ex. un faisceau de trois conducteurs au lieu de deux pour réduire le bruit ; combinaison d'une ligne aérienne avec une ligne en câbles) : dans ce cas, le courant déterminant est le courant thermique limite du tronçon où le conducteur présente la section la plus faible.

<sup>8</sup> SEV 198:1952 et 198/A1:1960 : Recommandations relatives à l'intensité de courant admissible en permanence dans les conducteurs aériens

Les limitations dues à des raisons qui ne sont pas d'ordre physique ne sont pas imposées par le matériel mais par le mode d'exploitation. Il s'agit de la limitation volontaire, par le détenteur de l'installation, de la capacité de transport disponible. Une telle limitation entre en ligne de compte pour les ternes qui sont toujours exploités en dessous du courant thermique limite en raison de leurs fonctions dans le réseau. Dans ce cas, le détenteur de l'installation peut déclarer, sur la fiche de données spécifique au site ou dans le cadre de l'évaluation de la nécessité d'assainir, un courant déterminant qui n'est pas dépassé lors de l'exploitation normale de la ligne. Celui-ci est à comprendre comme le 98<sup>e</sup> percentile des moyennes horaires d'une année<sup>9</sup>.

Les limitations de courant, pour des raisons d'ordre physique ou non, ne seront demandées et autorisées que s'il est garanti qu'elles peuvent être respectées à long terme. Elles sont à définir sur la fiche de données spécifique au site ou sur le formulaire de notification «Évaluation de la nécessité d'assainir une ancienne ligne à haute tension», et font partie intégrante des décisions fondées sur ces documents. Même si l'autorité d'approbation des plans ne fait que prendre connaissance de la réalisation d'un assainissement, elle fixera de manière appropriée une limitation éventuelle du courant.

#### 2.4.2 Directions déterminantes du flux de charge

Dans le cas d'installations comprenant plus d'un terna de même fréquence, les directions des flux de charge font également partie du mode d'exploitation déterminant. Les flux de charge sont nécessaires pour la modélisation de la densité de flux magnétique (§ 8.1.4) et pour la détermination de l'ordre des phases optimal (§ 8.4). Même si, lors de l'exploitation réelle, l'énergie ne circule pas toujours dans la même direction, on se limite, lors de l'évaluation RNI, et pour des raisons de simplicité, à l'un des flux de charge, très exactement à celui qui représente le mieux la densité de flux magnétique à long terme. L'annexe 1, ch. 13, al. 1, let. b, ORNI suppose que cette direction déterminante du flux de charge peut être déduite, pour chacun des ternes, à partir de la direction la plus fréquemment utilisée. Cette démarche simple est adaptée et suffisante dans bien des cas, en particulier lorsque l'énergie circule principalement dans une même direction. Cependant lorsque des inversions de direction périodiques ou irrégulières, d'une durée notable, surviennent, il ne suffit plus de traiter chacun des ternes séparément. Dans ce cas, deux ternes doivent être considérés comme une paire. Il faudra alors prendre en considération la corrélation temporelle des directions des flux de charge sur les deux ternes, c'est-à-dire qu'il faudra savoir si les flux de charge sont majoritairement parallèles ou antiparallèles. En outre, il est indiqué de pondérer plus fortement les périodes de fortes charges, car celles-ci influencent plus fortement la densité de flux magnétique. Des informations de base et des exemples à ce sujet figurent à l'annexe 5. Sans cette considération combinée, il n'est pas garanti que la densité de flux magnétique soit effectivement minimisée pour l'ordre des phases «optimal» résultant. Dans certaines conditions d'exploitation, l'inverse pourrait en effet se produire, c'est-à-dire une augmentation non voulue de la moyenne à long terme de la densité de flux magnétique.

<sup>9</sup> Cela signifie que 98 % des moyennes horaires d'une année doivent être inférieures au courant déterminant fixé.

Dans ce qui suit, y compris fiche de données spécifique au site (annexe 1) et formulaire de notification «Évaluation de la nécessité d'assainir une ancienne ligne à haute tension» (annexe 2), on opérera toujours avec la *combinaison* des directions des flux de charge déterminante d'une paire de ternes. À ce sujet, les considérations suivantes sont applicables :

- > On distingue trois combinaisons différentes des directions des flux de charge de deux ternes.
  - flux de charge parallèles ;
  - flux de charge antiparallèles ;
  - directions des flux de charge non couplées, c'est-à-dire que les exploitations en parallèle ou en sens contraire sont à peu près d'égale importance. Cela peut arriver lorsque des ternes, dont les flux de charge changent de sens, sont exploités indépendamment les uns des autres, en particulier entre des ternes de niveaux de puissance différents.

Lors de la planification d'une ligne électrique, la combinaison des directions des flux de charge déterminante doit être estimée sur la base de la connaissance de la fonction de la ligne prévue dans le réseau, ou déterminée, sur la base de profils de charges simulés, à l'aide de la procédure d'analyse statistique du paragraphe 8.6.2. Lorsqu'il existe déjà des données d'exploitation, l'analyse statistique faite selon le paragraphe 8.6.2 permet de différencier clairement les cas.

- > Entre deux ternes de fréquences différentes (50 et 16,7 Hz), la combinaison des directions des flux de charge n'a pas d'importance pour l'évaluation RNI. Dans ce cas, la valeur efficace de la densité de flux magnétique est en effet indépendante de la situation relative des phases des deux champs de fréquence différente et de l'ordre des phases choisi.
- > Dans le cas d'installations comprenant plus de deux ternes de même fréquence, on estime ou on calcule la combinaison des directions des flux de charge déterminante pour chacune des paires de ternes.

Les estimations des directions des flux de charge ou les évaluations des conditions d'exploitation réelles porteront en règle générale sur toute une année.

### 2.4.3 Flèche des lignes aériennes déterminante

Le troisième paramètre définissant le mode d'exploitation déterminant d'une ligne aérienne est le niveau des conducteurs au-dessus du sol. La flèche ou le niveau des conducteurs au-dessus du sol dépendent de la température du conducteur et, ainsi, des conditions d'exploitation et des conditions atmosphériques effectives. Pour l'évaluation RNI les profils en long autorisés ou déposés pour approbation sont déterminants. La distance minimale entre les conducteurs et le sol figurant dans ces profils en long doivent remplir les exigences de sécurité de la législation sur l'électricité<sup>10</sup>.

<sup>10</sup> Art. 19 OLEI ou l'ancienne ordonnance du 7 juillet 1933 sur le courant fort pour les lignes électriques homologuées avant l'entrée en vigueur de l'OLEI.

## 2.5 Anciennes et nouvelles installations

### 2.5.1 Généralités

Selon l'art. 3, al. 1 et 2, ORNI, une installation est soit ancienne soit nouvelle. Cette distinction est importante car les exigences ne sont pas les mêmes selon que les installations sont anciennes ou nouvelles.

---

#### Art. 3 ORNI Définitions

<sup>1</sup> Une installation est réputée ancienne installation lorsque la décision permettant d'entamer les travaux de construction ou de mise en service avait force de chose jugée au moment de l'entrée en vigueur de la présente ordonnance.

<sup>2</sup> Une installation est réputée nouvelle installation lorsque :

- a. la décision permettant d'entamer les travaux de construction ou de mise en service n'avait pas encore force de chose jugée au moment de l'entrée en vigueur de la présente ordonnance ;
- b. elle est réinstallée sur un autre site ; ou
- c. elle est remplacée sur son site actuel ; ...

---

Le statut de « nouvelle installation au sens de l'ORNI » revient ainsi à tous les tronçons de ligne qui ont été ou qui seront construits après le 1<sup>er</sup> février 2000 (date d'approbation des plans). Ils gardent ce statut durant toute leur durée de vie, même en cas d'adaptation ultérieure quelle qu'elle soit. Tous les autres tronçons de ligne sont considérés comme « anciens » au sens de l'ORNI<sup>11</sup>.

En principe, une ancienne installation reçoit également le statut de « nouvelle installation au sens de l'ORNI » lorsqu'elle est réinstallée sur un autre site ou remplacée sur son site actuel (art. 3, al. 2, let. b et c, ORNI). La raison de cette disposition réside dans l'intention de ne pas conserver à long terme des dépassements de la valeur limite de l'installation qui sont admis pour les anciennes lignes. De tels dépassements seront éliminés lorsque l'élimination est réalisable sur le plan de la technique et de l'exploitation, et économiquement supportable. Selon l'auteur de l'ordonnance, c'est le cas lorsqu'un tronçon de ligne doit de toute façon être remplacé ou déplacé. Dans le cas des lignes aériennes, le tronçon doit présenter une longueur minimale afin que la densité de flux magnétique puisse réalistement subir une réduction notable en des lieux à utilisation sensible exposés précédemment à des dépassements de la VLInst.

---

<sup>11</sup> Les blocs de tubes pour lignes en câbles, construits à titre de réserve et encore vides, constituent un cas particulier. Ce n'est pas la date de l'approbation des plans pour la partie électrique de l'installation en câbles qui détermine s'il s'agit d'une ancienne ou d'une nouvelle installation au sens de l'ORNI, mais la date de construction du bloc. Les installations en câbles dans des blocs de tubes homologués avant le 1<sup>er</sup> février 2000, sont donc considérées comme anciennes installations au sens de l'ORNI, même si l'approbation des plans pour la partie électrique n'est entrée ou n'entrera en vigueur qu'après le 1<sup>er</sup> février 2000.

Si seul un court tronçon est déplacé ou remplacé, il reçoit le statut de nouvelle installation mais pas les tronçons adjacents ne nécessitant pas d'adaptation. Un projet local ne doit pas générer de réaction en chaîne sur les tronçons adjacents.

Les statuts au sens de l'ORNI (nouvelle installation, ancienne installation, modification d'une ancienne installation) concernant les types d'adaptations les plus fréquentes figurent à l'annexe 7.

#### 2.5.2 Déplacement d'une ancienne installation

Dans le cas des *lignes aériennes*, l'art. 3, al. 2, let. b, ORNI ne sera appliqué que si l'ancienne installation quitte le tracé actuel sur une longueur d'au moins trois portées successives. Cela correspond au déplacement d'au moins deux pylônes successifs hors du tracé de la ligne actuelle. Si moins de trois portées successives sont déplacées sur un nouveau tracé, ces portées conservent le statut d'« ancienne installation ».

Dans le cas des *lignes en câbles*, l'art. 3, al. 2, let. b, ORNI est applicable lorsque le bloc des tubes ou la galerie à câbles sont réinstallés sur un nouveau tracé distinct du précédent.

#### 2.5.3 Remplacement d'une ancienne installation sur son site actuel

Dans le cas des *lignes aériennes*, l'art. 3, al. 2, let. c, ORNI n'est applicable que si au moins deux pylônes en béton ou en treillis successifs, fondations incluses, doivent être totalement remplacés. Le tronçon de ligne à apprécier est constitué des portées entre les pylônes à remplacer ainsi que des deux portées adjacentes aux extrémités.

L'art. 3, al. 2, let. c, ORNI n'est pas applicable lors du remplacement :

- > d'un seul pylône en treillis ou en béton, fondations incluses ;
- > des poteaux d'une ligne sur poteaux en bois sur le tracé actuel ;
- > de cordes.

Dans le cas des *lignes en câbles*, l'art. 3, al. 2, let. c, ORNI est applicable lorsque le bloc de tubes ou la galerie à câbles sont remplacés sur le tracé actuel. Ledit article n'est pas applicable lors du remplacement pur et simple de câbles dans un bloc de tubes ou une galerie à câbles existants.

## 2.6 Modification d'une ancienne installation

Des adaptations de la construction ou des modifications du mode d'exploitation d'une ligne électrique peuvent entraîner une modification de la densité de flux magnétique par rapport à l'état autorisé. Conformément à l'art. 11 ORNI, il faut, pour de telles modifications, déposer une fiche de données spécifique au site actualisée auprès de l'autorité d'approbation des plans. De telles modifications sont entièrement définies à l'annexe 1, ch. 12, ORNI. Dans ce qui suit, elles sont désignées comme «modifications au sens de l'ORNI» et expliquées à l'aide d'exemples. Les statuts au sens de l'ORNI (nouvelle installation, ancienne installation, modification d'une ancienne installation) correspondant aux types d'adaptations les plus fréquentes figurent à l'annexe 7.

### Annexe 1 ORNI

...

#### 12 Définitions

...

<sup>6</sup> Par modification d'une installation, on entend la modification de la disposition des conducteurs, de l'ordre des phases ou du mode d'exploitation déterminant.

### 2.6.1 Modification de la disposition des conducteurs

Il s'agit en particulier de :

- > la modification de la position des points de suspension des conducteurs d'une ligne aérienne ;
- > la modification de la flèche lors du remplacement de conducteurs d'une ligne aérienne ;
- > l'installation d'un terne supplémentaire sur des pylônes existants ;
- > l'extension d'une ligne en câbles existante par l'introduction de câbles unipolaires supplémentaires dans des tubes existants vides ;
- > l'élimination ou le déclenchement à long terme d'un terne pouvant entraîner l'élimination d'une éventuelle compensation du champ magnétique existant préalablement ;
- > l'augmentation de la tension d'une ligne aérienne nécessitant l'adaptation des isolateurs et le cas échéant de la structure du mât ;
- > la surélévation de pylônes d'une ligne aérienne sur les fondations existantes ;
- > la construction d'une nouvelle ligne parallèle à une ancienne, à une distance telle que les deux lignes sont à considérer comme une seule installation (cf. 2.1.3).

### 2.6.2 Modification du mode d'exploitation déterminant

On est en présence d'une modification du mode d'exploitation déterminant lorsque soit les courants déterminants, soit la combinaison des directions des flux de charge déterminante sont modifiés par rapport à l'état autorisé. Il s'agit en particulier de :

- > l'augmentation du courant thermique limite (p. ex. remplacement des conducteurs de phase d'une ligne aérienne par d'autres de plus grande section ou dont la température d'exploitation admissible est plus élevée ; augmentation du nombre de cordes par faisceau de conducteurs) ;
- > la modification de la combinaison des directions des flux de charge déterminante (§ 2.4.2).

### 2.6.3 Modification de l'ordre des phases

Des modifications de l'ordre des phases apparaissent en particulier :

- > lors de l'assainissement d'anciennes installations ;
- > comme conséquence d'une modification de la combinaison des directions des flux de charge déterminante (§ 2.4.2) ;
- > dans le cadre d'une optimisation de grande ampleur de l'ordre des phases de plusieurs lignes.

### 2.6.4 Adaptations qui ne sont pas des modifications au sens de l'ORNI

Les adaptations suivantes d'une ligne électrique ne constituent pas des modifications au sens de l'ORNI :

- > le remplacement des conducteurs de phase d'une ligne aérienne par d'autres présentant le même courant thermique limite ;
- > le remplacement de câbles d'une ligne en câbles par d'autres présentant le même courant thermique limite ;
- > le remplacement des consoles d'une ligne aérienne sans modification des positions des points de suspension des conducteurs ;
- > le remplacement de pylônes d'une ligne aérienne sur les fondations existantes sans changement des positions des points de suspension des conducteurs ;
- > le remplacement des poteaux d'une ligne sur poteaux en bois sur le tracé actuel ;
- > le déplacement ou le remplacement, fondations incluses, d'un seul pylône en treillis ou en béton, sans changement de la position des points de suspension des conducteurs ;
- > l'élévation de la tension d'une ligne aérienne sans modification du courant thermique limite, de la combinaison des directions des flux de charge déterminante, et de la position des points de suspension des conducteurs ;
- > en règle générale, tous les travaux d'entretien ne modifiant pas la densité de flux magnétique dans le mode d'exploitation déterminant.

Dans ces cas, la fiche de données spécifique au site n'a pas besoin d'être actualisée. Si on n'est pas sûr qu'une démarche prévue soit à considérer comme modification au sens de l'ORNI, il est recommandé de contacter assez tôt l'autorité d'approbation des plans.

## 2.7 Lieux à utilisation sensible (LUS)

Les lieux à utilisation sensible sont définis comme suit à l'art. 3, al. 3, ORNI :

### art. 3 ORNI art. 3 ORNI

...

<sup>3</sup> Par lieu à utilisation sensible, on entend :

- a. les locaux d'un bâtiment dans lesquels des personnes séjournent régulièrement ;
- b. des places de jeux publiques ou privées, définies dans un plan d'aménagement ;
- c. les surfaces non bâties sur lesquelles des activités au sens des let. a et b sont permises.

Font partie des « locaux d'un bâtiment dans lesquels des personnes séjournent régulièrement » :

- > les locaux d'habitation ;
- > les écoles et les jardins d'enfants<sup>12</sup> ;
- > les hôpitaux, les homes pour personnes âgées et les homes médicalisés<sup>12</sup> ;
- > les postes de travail permanents. Selon la définition donnée par le Secrétariat d'État à l'économie (seco)<sup>13</sup>, on entend par poste de travail permanent, un poste correspondant au secteur dans lequel un travailleur – ou plusieurs successivement – se tient pendant plus de deux jours et demi par semaine. Ce secteur peut se limiter à une petite partie d'un local ou s'étendre à un local entier. En font également partie les secteurs des étables où on travaille régulièrement pendant au moins 20 heures par semaine.

Les cours d'école et de jardin d'enfants sont assimilées à des places de jeux définies dans un plan d'aménagement pour autant qu'elles soient utilisées comme des places de jeux.

Sont considérés comme lieux à utilisation sensible plus précisément les domaines suivants :

- > les locaux, à l'exception des postes de travail permanents : 0,2 à 2 m au-dessus du sol, à au moins 0,2 m des murs ;
- > les postes de travail permanents à l'intérieur de locaux : 0,5 à 2 m au-dessus du sol, à au moins 0,2 m des murs ;
- > les places de jeux : 0,2 à 2 m au-dessus du sol.

Les surfaces non bâties des zones à bâtir, sur lesquelles des utilisations sensibles sont permises, sont traitées comme si les bâtiments étaient déjà construits. S'il n'existe pas encore de plan d'aménagement, le volume total légalement permis est considéré comme LUS.

<sup>12</sup> Sans les locaux annexes comme les entrepôts, les caves, etc. où les personnes ne séjournent pas longuement.

<sup>13</sup> seco : « Santé au travail – Commentaire des ordonnances 3 et 4 relatives à la loi sur le travail », 315-5 ; Berne, décembre 1999

L'art. 3, al. 3, ORNI ne précise pas la manière de traiter les utilisations potentielles des locaux inutilisés de bâtiments existants ou des espaces disponibles sur des terrains bâtis. À ce propos, il est recommandé de fonder l'évaluation sur l'utilisation effective des bâtiments et des terrains au moment de l'évaluation. Les transformations prévues, p.ex. aménagements de combles, agrandissements ou élévation de bâtiments, sont prises en compte, lors de la décision concernant une ligne électrique, si les projets correspondants ont déjà été mis à l'enquête publique dans le cadre d'une procédure d'octroi de permis de construire. Si, ultérieurement, des transformations entraînant l'apparition de nouveaux LUS devaient être réalisées sur des surfaces partiellement bâties, les limitations préventives des émissions applicables aux lignes considérées (chapitre 3.1) seraient également valables dans ces nouveaux LUS. Le cas échéant, il faudra procéder à une nouvelle évaluation RNI prenant en compte la situation au moment de la réalisation des nouveaux LUS et, si nécessaire, aménager la ligne électrique.

## 2.8 Lieux de séjour momentané (LSM)

Il s'agit des lieux accessibles aux personnes et qui ne sont pas considérés comme des lieux à utilisation sensible (§ 2.7). Dans les LSM, il ne faut respecter que les valeurs limites d'immissions ; les limitations préventives des émissions, contrairement au cas des LUS, ne sont pas valables.

Font, par exemple, partie des LSM à l'intérieur des bâtiments :

- > les garages et les places de stationnement ;
- > les cages d'escaliers ;
- > les postes de travail non permanents ;
- > les entrepôts et les locaux d'archives ;
- > les églises, les salles de concert et de théâtre.

À l'extérieur, tous les endroits accessibles aux personnes sont considérés comme LSM. Les endroits délimités par une clôture ou des chaînes, et qui comportent des mises en garde ne sont pas considérés comme accessibles. Ne sont pas non plus considérés comme accessibles des secteurs à terrain impraticable, en particulier en montagne.

Font, par exemple, partie des LSM à l'extérieur :

- > les zones agricoles ;
- > les routes et les trottoirs ;
- > les jardins ;
- > les balcons et les terrasses en attique ;
- > les terrains de camping ;
- > les installations sportives et de loisirs comme les piscines ;
- > les terrasses panoramiques.

## 2.9 Périmètres d'examen et de légitimation

### 2.9.1 Périmètre d'examen

Le périmètre d'examen est un corridor situé de part et d'autre d'une ligne aérienne ou en câbles. Il sert à identifier les LUS qui doivent être documentés de manière détaillée dans la fiche de données spécifique au site et constitue en outre un point de repère pour la distance à respecter par rapport à une ligne électrique lors de la délimitation de nouvelles zones à bâtir (chapitre 7).

La grandeur du périmètre d'examen est définie de manière à ce que la valeur limite de l'installation de 1  $\mu\text{T}$  dans le mode d'exploitation déterminant (§ 2.4) soit en principe atteinte ou dépassée à l'intérieur dudit périmètre<sup>14</sup>. Elle est déterminée selon le procédé du paragraphe 8.5.2.

### 2.9.2 Périmètre de légitimation

Le périmètre de légitimation est – comme le périmètre d'examen – un corridor situé de part et d'autre d'une ligne aérienne ou en câbles. Il est plus large que le périmètre d'examen et sert à décider si un riverain ou un propriétaire foncier a des droits d'opposition ou de recours – relativement au RNI – en matière de procédure d'approbation des plans ou de procédure d'assainissement (§ 4.1). Le périmètre de légitimation et, par conséquent, le groupe des personnes légitimées restent inchangés même si avec le temps il est nécessaire d'adapter l'ordre des phases ou si la combinaison des directions des flux de charge déterminante devait se modifier. Pour les détails concernant la détermination du périmètre de légitimation, on se reportera au paragraphe 8.5.1.

<sup>14</sup> Un dépassement intervient peut-être non pas au sol mais seulement à partir d'un certain niveau, assez élevé, au-dessus du sol.

## 3 > Exigences de l'ORNI

*Dans ce chapitre sont reprises les exigences concrètes de l'ORNI concernant les questions pratiques relatives aux lignes à haute tension.*

### 3.1 Limitations préventives des émissions

#### 3.1.1 Nouvelles installations

Les nouvelles installations<sup>15</sup> ne doivent pas dépasser la valeur limite de l'installation (VLInst) de 1 µT dans les lieux à utilisation sensible dans le mode d'exploitation déterminant (annexe 1, ch. 15, ORNI). À titre de preuve, le détenteur de l'installation dépose une fiche de données spécifique au site auprès de l'autorité d'approbation des plans (annexe 1). Si le projet nécessite une étude de l'impact sur l'environnement (EIE), la fiche de données spécifique au site est partie intégrante du rapport EIE lors de l'examen principal.

S'il n'est pas possible de respecter la VLInst dans tous les LUS, l'autorité d'approbation des plans peut, sur demande du détenteur de l'installation, octroyer une dérogation pour autant que celui-ci apporte les preuves au sens du paragraphe 3.1.4.

#### 3.1.2 Anciennes installations

Dans le cas des anciennes installations<sup>15</sup>, l'ordre des phases doit être optimisé si la VLInst est dépassée dans un ou plusieurs LUS dans le mode d'exploitation déterminant (annexe 1, ch. 16, al. 1, ORNI).

### Annexe 1 ORNI

#### 16 Anciennes installations

<sup>1</sup> Lorsque le rayonnement émis par une installation dans son mode d'exploitation déterminant dépasse la valeur limite de l'installation aux lieux à utilisation sensible, l'ordre des phases doit être optimisé de telle manière qu'en ces lieux, la densité de flux magnétique soit minimisée.

<sup>15</sup> Pour les définitions des notions « ancienne et nouvelle installations », cf. § 2.5

Si l'ordre des phases est déjà optimal ou s'il ne peut pas être optimisé (dans le cas de lignes à un terna ainsi que dans celui de lignes à deux ternes ayant des directions de flux de charge non couplées (§ 2.4.2)), aucune mesure supplémentaire n'est exigée. En particulier, une ancienne installation n'est pas tenue de respecter la VLInst dans les LUS ni dans le mode d'exploitation déterminant, ni dans le mode d'exploitation effectif. Si le dépassement de la VLInst persiste même après assainissement, il n'est pas nécessaire de demander de dérogation ni d'en octroyer une.

Le détenteur de l'installation vérifie s'il est nécessaire d'assainir<sup>3</sup> ses anciennes installations et communique le résultat à l'autorité d'approbation des plans au moyen du formulaire de notification «Évaluation de la nécessité d'assainir une ancienne ligne à haute tension» (annexe 2).

Conformément à l'annexe 1, ch. 16, al. 2, ORNI, le délai d'assainissement est de trois ans. Sur demande, il peut être prolongé jusqu'à quatre ans et demi si l'assainissement n'est pas économiquement supportable en trois ans (art. 8, al. 1, ORNI). Le délai court dès que la décision d'assainissement est rendue.

---

#### **Art. 8 ORNI Délai d'assainissement**

*<sup>1</sup> Le délai de réalisation des mesures de limitation préventive des émissions est déterminé par les prescriptions figurant à l'annexe 1. Si l'annexe 1 ne contient pas de prescriptions, le délai est de cinq ans au plus. Si la mise en œuvre de la limitation des émissions durant le délai d'assainissement n'est pas supportable sur le plan économique, l'autorité peut, sur demande, prolonger le délai de moitié au maximum.*

#### **Annexe 1 ORNI**

##### **16 Anciennes installations**

...

*<sup>2</sup> Le délai d'assainissement au sens de l'art. 8, al. 1, est de trois ans au plus.*

---

### **3.1.3 Modification des installations**

L'ORNI contient des exigences explicites relatives à certaines adaptations d'anciennes installations (§ 2.6.1 à 2.6.3). Lors de telles modifications, on déposera une fiche de données spécifique au site, au sens de l'annexe 1, auprès de l'autorité d'approbation des plans, prouvant le respect des dispositions applicables correspondantes. Lors d'autres adaptations d'anciennes installations n'agissant pas sur la densité de flux magnétique (§ 2.6.4), il n'est pas nécessaire d'apporter des preuves relatives au RNI.

Concernant les exigences, il faut déterminer si la ligne à modifier constitue une *ancienne* ou une *nouvelle* installation au sens de l'ORNI<sup>15</sup>.

### 3.1.3.1 Modification d'une nouvelle installation

Si, après sa mise en service, une nouvelle installation est modifiée au sens de l'ORNI, les exigences qui s'appliquent selon l'art. 6 ORNI sont celles concernant les nouvelles installations.

#### **Art. 6 ORNI**

*Si, après sa mise en service, une nouvelle installation est modifiée au sens de l'annexe 1, les prescriptions relatives aux limitations d'émissions concernant les nouvelles installations sont applicables.*

Cela signifie que la valeur limite de l'installation (VLInst) de 1  $\mu$ T ne doit pas être dépassée dans les lieux à utilisation sensible dans le mode d'exploitation déterminant. À titre de preuve, le détenteur de l'installation dépose une fiche de données spécifique au site à l'autorité d'approbation des plans (annexe 1). Si le projet nécessite une étude de l'impact sur l'environnement (EIE), la fiche de données spécifique au site est partie intégrante du rapport EIE lors de l'examen principal.

S'il n'est pas possible de respecter la VLInst dans tous les LUS, l'autorité d'approbation des plans peut, sur demande du détenteur de l'installation, octroyer une dérogation pour autant que celui-ci apporte les preuves au sens du paragraphe 3.1.4.

### 3.1.3.2 Modification d'une ancienne installation

Les anciennes installations qui sont modifiées au sens de l'ORNI doivent remplir les exigences de l'art. 9 ORNI.

#### **Art. 9 ORNI Modification des anciennes installations**

<sup>1</sup> *Lorsqu'une ancienne installation est modifiée au sens de l'annexe 1, les conditions suivantes doivent être remplies dans le mode d'exploitation déterminant :*

- a. *La densité de flux magnétique ou l'intensité de champ électrique<sup>16</sup> ne doit pas augmenter dans les lieux à utilisation sensible dans lesquels la valeur limite de l'installation était dépassée avant la modification ;*
- b. *La valeur limite de l'installation au sens de l'annexe 1 ne doit pas être dépassée dans les autres lieux à utilisation sensible.*

<sup>2</sup> *L'autorité accorde des dérogations conformément à l'annexe 1.*

<sup>16</sup> Dans le cadre de la limitation préventive des émissions concernant les lignes électriques, l'intensité de champ électrique est sans importance. Elle intervient à l'art. 9 ORNI concernant des installations émettrices pour lesquelles la valeur limite de l'installation se réfère à l'intensité de champ électrique.

Le principe, valable pour les nouvelles installations, selon lequel la VLInst ne doit être dépassée dans aucun LUS, ne s'applique pas aux anciennes installations à modifier.

À titre de preuve, le détenteur de l'installation dépose une fiche de données spécifique au site auprès de l'autorité d'approbation des plans (annexe 1). S'il n'est pas possible de respecter les exigences dans tous les LUS, l'autorité d'approbation des plans peut, sur demande du détenteur de l'installation, accorder une dérogation pour autant que celui-ci apporte les preuves au sens du paragraphe 3.1.4.

---

## Annexe 1 ORNI

### 17 Modification des anciennes installations

*Lorsqu'une ancienne installation est modifiée, l'autorité accorde des dérogations aux exigences de l'art. 9, al. 1, si le propriétaire de l'installation peut prouver que les conditions du ch. 15, al. 2, sont remplies.*

---

S'il est nécessaire d'assainir une installation suite à une évaluation effectuée au sens du chapitre 6.2, mais si l'assainissement n'a pas encore été effectué, il doit l'être, au sens de l'art 18, al. 1, LPE, en même temps que la modification, c'est-à-dire que l'ordre des phases doit être optimisé. L'ordre des phases de l'état initial (avant assainissement) constitue l'état de référence pour la comparaison des densités de flux magnétique avant et après modification.

---

### Art. 18 LPE Transformation ou agrandissement des installations sujettes à assainissement

<sup>1</sup> *La transformation ou l'agrandissement d'une installation sujette à assainissement est subordonnée à l'exécution simultanée de celui-ci.*

...

---

On est en présence d'un cas particulier lorsque la modification concerne seulement les directions des flux de charge et, partant, l'ordre des phases. Certes, les modifications de l'ordre des phases figurent explicitement dans la définition des modifications (§ 2.6.3), elles apparaissent cependant surtout dans le cadre des assainissements d'anciennes lignes électriques. Cela ne nécessite pas de dépôt de fiche de données spécifique au site ; la remise du formulaire de notification «Évaluation de la nécessité d'assainir une ancienne ligne à haute tension» suffit. Il en est de même lorsque l'ordre des phases doit à nouveau être optimisé après que les directions des flux de charge d'une ancienne ligne déjà assainie ont changé (exploitation non conforme, § 3.1.5). Aussi longtemps qu'il s'agit là de la seule modification, le formulaire de notification «Évaluation de la nécessité d'assainir une ancienne ligne à haute tension» suffit également. En revanche, dans le cas des nouvelles lignes, on déposera, en principe, une fiche de données spécifique au site actualisée auprès de l'autorité d'approbation des plans lors de toute modi-

fication au sens de l'ORNI, donc également lors d'une modification (ultérieure) de l'ordre des phases.

### 3.1.4 Dérogations

L'auteur de l'ordonnance a supposé qu'en règle générale le respect des limitations préventives des émissions est possible du point de vue de la technique et de l'exploitation, et économiquement supportable. Cela ne se vérifie cependant pas toujours. L'ORNI le prend en compte dans la mesure où elle prévoit des dérogations pour des cas d'espèce. De telles dérogations ne doivent toutefois pas devenir la règle. C'est la raison pour laquelle les dérogations ne sont accordées que si elles sont liées à un projet. Elles doivent être demandées et justifiées par le détenteur de l'installation. À l'annexe 1, ch. 15, al. 2, ORNI figurent les conditions qui doivent être remplies et les preuves qui doivent être apportées.

## Annexe 1 ORNI

### 15 Nouvelles installations

...

<sup>2</sup> L'autorité accorde des dérogations lorsque le propriétaire de l'installation prouve :

- a. que l'ordre des phases est optimisé de telle manière que la densité de flux magnétique soit minimisée à l'extérieur du tracé dans le mode d'exploitation déterminant ; et
- b. que toutes les autres mesures de limitation du rayonnement telles que changement de site, modification de l'ordre des phases, câblage ou introduction de blindages, qui sont possibles du point de vue de la technique et de l'exploitation, et économiquement supportables, ont été prises.

Celui qui dépose une demande de dérogation doit donc prouver que l'ordre des phases prévu est optimal – pour autant qu'il en existe un – et doit préciser toutes les autres mesures qu'il entend prendre pour réduire le champ magnétique. En outre, il faut évaluer d'autres mesures de réduction incluant d'autres sites (tracés alternatifs) et d'autres dispositions des conducteurs (p. ex. des pylônes plus élevés, des silhouettes de pylônes plus compactes) et il faut montrer pourquoi, selon le requérant, les mesures ne sont pas possibles du point de vue de la technique ou de l'exploitation, ou économiquement supportables.

Lorsque l'autorité d'approbation des plans a accordé une dérogation, l'installation concernée sera contrôlée de manière approfondie après sa mise en service (art. 12, al. 3, ORNI).

## Art. 12 ORNI Contrôle

...

<sup>3</sup> Si la valeur limite de l'installation, au sens de l'annexe 1, d'installations nouvelles ou modifiées est dépassée en raison de dérogations qui ont été accordées, l'autorité mesure ou fait mesurer périodiquement le rayonnement émis par ces installations. Elle contrôle au plus tard six mois après leur mise en service si :

- a. les indications concernant leur exploitation, et sur lesquelles la décision est fondée, sont exactes ; et
- b. les prescriptions arrêtées sont appliquées.

En règle générale, ce contrôle comprend l'enregistrement et l'évaluation des données d'exploitation selon le chapitre 8.6 ainsi qu'une mesure de réception au sens du chapitre 8.2 en un lieu approprié. La mesure de réception ne servant qu'à valider la modélisation de la densité de flux magnétique, il n'est pas nécessaire d'en effectuer une en tout LUS concerné par une dérogation. Il suffit de réaliser une mesure de réception pour chaque sous-tronçon de l'installation (pour ce qui est de l'importance des sous-tronçons, on se reportera à l'annexe 1, chapitre A1-1).

### 3.1.5 Conformité du mode d'exploitation effectif avec le mode d'exploitation déterminant autorisé

L'ordre des phases optimal, le respect de la valeur limite de l'installation ainsi que l'octroi de dérogations se réfèrent toujours au mode d'exploitation déterminant (§ 2.4). Afin que les limitations des émissions produisent l'effet attendu – minimisation de la densité de flux magnétique (en moyenne longue durée) en dehors du tracé de la ligne électrique – il doit être garanti que l'exploitation effective de la ligne est conforme au mode d'exploitation déterminant autorisé. Si ce n'est plus le cas, par exemple parce que la fonction d'une ligne du réseau de transport d'électricité s'est profondément modifiée ou parce que les directions des flux de charge effectives ne sont pas celles qui avaient été estimées, le mode d'exploitation déterminant doit être fixé à nouveau et une nouvelle évaluation RNI se fondant sur celui-ci doit être réalisée, et, si nécessaire, l'ordre des phases doit être une nouvelle fois optimisé.

L'exploitation n'est pas conforme dans les cas suivants :

- > Ternes pour lesquels une limitation de courant non fondée sur des arguments physiques a été fixée (§ 2.4.1) : lorsque plus de 2% des moyennes horaires du courant sont supérieures au courant déterminant autorisé.
- > Ligne à deux ternes de même fréquence : lorsque la combinaison des directions des flux de charge déterminante dans le mode d'exploitation effectif (déterminé selon l'analyse statistique au sens du chapitre 8.6) est différente de celle correspondant au mode d'exploitation déterminant autorisé (p. ex. antiparallèle au lieu de parallèle ; parallèle au lieu de non couplé, etc.).

- > Ligne à trois ternes ou plus de même fréquence : lorsque la combinaison des directions des flux de charge déterminante est différente de celle du mode d'exploitation déterminant autorisé (p. ex. antiparallèle au lieu de parallèle ; parallèle au lieu de non couplée, etc.) pour au moins une paire de ternes (déterminée selon l'analyse statistique au sens du chapitre 8.6).

Afin de prouver la conformité avec le mode d'exploitation déterminant autorisé, le détenteur de l'installation doit enregistrer et évaluer l'exploitation effective des lignes électriques. L'autorité d'approbation des plans décide au cas par cas si cette preuve doit être apportée.

### 3.2 Respect de la valeur limite d'immissions

L'annexe 2, ch. 11, al. 1, ORNI fixe les valeurs limites d'immissions (VLI) pour l'intensité de champ électrique et la densité de flux magnétique (tableau 1). Elles doivent être respectées aussi bien par les nouvelles que par les anciennes installations.

**Tab. 1 > Valeurs limites d'immissions relatives aux fréquences du transport d'électricité.**

Fréquence	Valeur limite d'immissions pour la valeur efficace	
	de l'intensité de champ électrique	de la densité de flux magnétique
16,7 Hz	10 000 V/m	300 $\mu$ T
50 Hz	5 000 V/m	100 $\mu$ T

L'expérience montre que la VLI relative à la densité de flux magnétique n'est atteinte par aucune ligne électrique dans les lieux accessibles. On peut donc, en principe, renoncer à des vérifications au cas par cas.

La VLI relative à l'intensité de champ électrique peut potentiellement être atteinte ou dépassée dans le cas des lignes aériennes de 380 kV ainsi que dans celui des lignes aériennes de 220 kV autorisées avant l'entrée en vigueur de l'ordonnance sur les lignes électriques, en se fondant sur l'ancienne ordonnance du 7 juillet 1933 sur le courant fort<sup>17</sup>. Dans le cas des autres lignes aériennes et dans celui de toutes les lignes en câbles, la VLI relative à l'intensité de champ électrique n'est pas atteinte dans les lieux accessibles si bien qu'on peut alors renoncer à des vérifications au cas par cas.

La valeur efficace instantanée la plus élevée de l'intensité de champ électrique est déterminante.

<sup>17</sup> Les distances admises entre les conducteurs et le sol, selon l'ancienne ordonnance sur le courant fort, étaient inférieures à celles admises par l'ordonnance du 1<sup>er</sup> juin 1994 sur les lignes électriques.

Si des ternes à 50 Hz sont combinés avec des ternes du réseau de transport d'électricité des chemins de fer (16,7 Hz), la VLI n'est pas exprimée par un nombre mais par une formule de sommation (annexe 2, ch. 221, ORNI) :

$$\frac{E_{50}}{5000} + \frac{E_{16,7}}{10000} \leq 1 \quad (1)$$

$E_{50}$  et  $E_{16,7}$  étant les valeurs efficaces de l'intensité de champ électrique, exprimées en V/m, pour les fréquences de 50 et 16,7 Hz. La valeur déterminante est la valeur instantanée la plus élevée de la somme (1).

La VLI doit être respectée à tout moment dans tous les lieux de séjour momentané (LSM, § 2.8) et tous les lieux à utilisation sensible (LUS, § 2.7). L'expérience a montré que les seuls LSM critiques sont ceux situés à l'extérieur directement sous une ligne, à l'endroit où la distance entre le conducteur et le sol est la plus faible. Le niveau déterminant pour l'évaluation est situé à 1 m au-dessus du sol.

Pour les nouvelles installations et lors des modifications d'installations, le détenteur de l'installation apporte la preuve du respect de la VLI sur la fiche de données spécifique au site. Si le projet nécessite une étude de l'impact sur l'environnement (EIE), la fiche de données spécifique au site est partie intégrante du rapport EIE lors de l'examen principal.

Les anciennes installations doivent également respecter la VLI. Si ce n'est pas le cas, l'urgence de l'assainissement se définit en fonction de l'intensité et de la fréquence des effets incommodants apparaissant lors d'un contact avec des objets métalliques. La mise en route d'une procédure d'assainissement est indiquée lorsque d'importants effets incommodants apparaissent sous une ligne électrique (§ 1.2).

### 3.3 Délimitation de nouvelles zones à bâtir

L'art. 16 ORNI fixe les exigences à remplir lors de la délimitation de nouvelles zones à bâtir.

---

#### Art. 16 ORNI

*Les zones à bâtir ne doivent être définies que là où les valeurs limites de l'installation au sens de l'annexe 1 sont respectées, ou peuvent l'être grâce à des mesures de planification ou de construction. Sont à considérer les installations existantes ainsi que les projets établis conformément au droit de l'aménagement du territoire.*

---

Alors que les limitations préventives des émissions selon l'annexe 1 ORNI ont pour objectif de limiter la valeur du champ magnétique dans des LUS existants, l'art. 16 a pour objectif de ne laisser aucun LUS être généré à proximité d'une ligne électrique. Pour aucun autre type d'installation régi par l'ORNI, cette disposition n'est aussi importante que pour les lignes aériennes et les lignes en câbles à haute tension. Le respect de la valeur limite de l'installation peut éventuellement exiger une distance pouvant aller jusqu'à cent mètres par rapport à la ligne et constituer ainsi une donnée significative pour l'aménagement du territoire.

Certes, l'art. 16 ORNI ne précise pas à quel mode d'exploitation de l'installation se réfère le respect de la valeur limite de l'installation. Pour des raisons d'unité de la matière, on se fondera, en principe, lors de la construction d'une nouvelle ligne électrique, sur le mode d'exploitation déterminant (§ 2.4).

Les inscriptions d'installations en projet établies conformément au droit de l'aménagement se trouvent dans des plans au sens de la loi sur l'aménagement du territoire (LAT), en particulier dans le plan sectoriel des lignes de transport d'électricité (PSE) de la Confédération (pour des lignes à très haute tension) ou dans le plan directeur cantonal.

Les mesures de planification évoquées à l'art. 16 concernent principalement des limitations d'utilisation. Il est, par exemple, possible de définir une nouvelle zone à bâtir à proximité d'une ligne électrique existante malgré le fait que la valeur limite de l'installation soit dépassée sur une partie de la parcelle. Dans ce cas, il faut garantir dès le départ, par des mesures de limitation d'utilisation, que, dans le secteur où la VLInst est dépassée, il n'y aura aucun lieu à utilisation sensible. On pourrait, par exemple, prévoir dans cette partie de la zone à bâtir des garages, des locaux d'archives, des places de parking ou des espaces verts (sans place de jeux).

La situation est fondamentalement différente lorsqu'une zone à bâtir jouxte une ligne électrique était déjà légalement définie au moment de l'entrée en vigueur de l'ORNI. Pour de telles parcelles, l'ORNI – faute de bases légales dans les lois sur la protection de l'environnement et sur l'aménagement du territoire – ne prévoit aucune limitation relative aux constructions autorisées et ne statue en aucune manière sur l'obligation de dézoner. Du point de vue de l'ORNI, on peut construire un bâtiment sur une telle parcelle même si la valeur limite de l'installation y est dépassée. Ni les maîtres d'ouvrage, ni le détenteur de l'installation ne sont tenus de déposer une demande d'octroi de dérogation. Le détenteur de la ligne électrique est simplement tenu d'optimiser l'ordre des phases (§ 3.1.2), obligation qu'il a de toute façon, la parcelle non bâtie étant déjà considérée comme lieu à utilisation sensible. Il est bien entendu souhaitable de ramener, même dans ce cas, la charge due au champ magnétique dans les nouveaux LUS, en dessous de la valeur limite de l'installation par un placement approprié des bâtiments et des différents locaux et éventuellement des mesures d'ordre technique. Cela relève toutefois de la seule responsabilité des maîtres d'ouvrage.

### 3.4 Obligations du détenteur d'une installation de collaborer et de notifier

Les art. 10 et 11 ORNI fixent les obligations du détenteur de collaborer et de notifier vis-à-vis des autorités :

#### Art. 10 ORNI Obligation de collaborer

*Le détenteur d'une installation est tenu de fournir à l'autorité, à la demande de cette dernière, les renseignements nécessaires à l'exécution, notamment les indications au sens de l'art. 11, al. 2. S'il le faut, il est tenu de procéder à des mesures ou à d'autres enquêtes, ou de les tolérer.*

#### Art. 11 ORNI Obligation de notifier

<sup>1</sup> *Lorsqu'une installation pour laquelle des limitations d'émissions figurent à l'annexe 1 est construite, installée sur un autre site, remplacée sur son site ou modifiée au sens de l'annexe 1, le détenteur doit remettre à l'autorité, dans le cadre de la procédure d'octroi d'autorisation ou de concession, une fiche de données spécifiques au site. Les installations électriques domestiques font exception (annexe 1, ch. 4).*

<sup>2</sup> *La fiche de données spécifique au site doit contenir :*

- a. *les données actuelles et planifiées relatives à la technique et à l'exploitation de l'installation dans la mesure où elles sont déterminantes pour l'émission de rayonnement ;*
- b. *le mode d'exploitation déterminant au sens de l'annexe 1 ;*
- c. *des informations concernant le rayonnement émis par l'installation ;*
  1. *sur le lieu accessible où ce rayonnement est le plus fort,*
  2. *sur les trois lieux à utilisation sensible où ce rayonnement est le plus fort, et*
  3. *sur tous les lieux à utilisation sensible où la valeur limite de l'installation au sens de l'annexe 1 est dépassée ;*
- d. *un plan présentant les informations de la let. c.*

Un instrument important pour la notification des données significatives par rapport au RNI d'une ligne électrique est constitué par la fiche de données spécifique au site selon l'art. 11, ch. 2, ORNI. Un modèle du document recommandé et les instructions pour le remplir figurent à l'annexe 1.

Le détenteur de l'installation remplit la fiche de données spécifique au site et est responsable de l'exactitude des indications. Il la dépose auprès de l'autorité d'approbation des plans lorsqu'une nouvelle ligne est construite (y compris déplacement ou remplacement d'une ligne existante selon les critères des § 2.5.2 et 2.5.3) ou lorsqu'une ligne doit être modifiée au sens de l'ORNI (§ 2.6.1 à 2.6.3). Concernant le contenu, voici quelques précisions :

- > L'art. 11, al. 2, let. c, ch. 1, ORNI (lieu accessible où le rayonnement est le plus fort) concerne le respect de la valeur limite d'immissions (§ 3.2). Des informations figureront sur la fiche de données spécifique au site uniquement si une VLI peut, en

principe, être atteinte ou dépassée. Cela peut être exclu de manière générale pour la densité de flux magnétique. Pour ce qui est de l'intensité de champ électrique, toutes les lignes aériennes de 380 kV sont concernées ainsi que les lignes de 220 kV dont les distances par rapport au sol correspondent à l'ancienne ordonnance sur le courant fort. On n'indiquera donc l'intensité de champ électrique que dans le cas des lignes aériennes évoquées ; dans tous les autres cas, la VLI est considérée a priori comme respectée et il est inutile d'en apporter la preuve dans chaque cas.

- L'art. 11, al. 2, let. c, ch. 2 et 3, ORNI (rayonnement dans les lieux à utilisation sensible) se réfère aux limitations préventives des émissions et ne concerne donc que la densité de flux magnétique. Sur la fiche de données spécifique au site seront indiqués tous les LUS se situant à l'intérieur du périmètre d'examen selon le paragraphe 8.5.2. S'il existe moins de trois LUS dans le périmètre d'examen pour l'ensemble du tronçon à apprécier, il n'est pas nécessaire d'en examiner d'autres.

Lors d'adaptations d'une installation, qui ne sont pas des modifications au sens de l'ORNI (§ 2.6.4), il n'est pas nécessaire de remettre de notification en rapport avec le RNI à l'autorité d'approbation des plans.

Il n'est pas nécessaire de déposer une fiche de données spécifique au site pour les anciennes installations qui continuent d'être exploitées sans changement. Il est en revanche nécessaire de clarifier la question de l'assainissement si cela n'a pas déjà été fait. À cet effet, l'autorité d'approbation des plans peut, en se fondant sur l'art. 10 ORNI, exiger du détenteur qu'il fournisse les indications nécessaires et qu'il effectue les vérifications indispensables. Le formulaire de notification «Évaluation de la nécessité d'assainir une ancienne ligne à haute tension» (annexe 2) est prévu dans ce but. Les éventuelles modifications ultérieures du mode d'exploitation déterminant d'une ancienne installation, ne nécessitant pas de mesure relevant de la construction<sup>18</sup>, peuvent également être déclarées à l'autorité d'approbation des plans au moyen de ce formulaire.

L'obligation de collaborer au sens de l'art. 10 ORNI comprend également l'enregistrement ainsi que l'évaluation, par le détenteur, des données d'exploitation de l'installation au sens du chapitre 8.6 ainsi que la réalisation de mesures de réception au sens du chapitre 8.2. L'autorité d'approbation des plans peut l'exiger dans le cas d'espèce. La reconfiguration d'un tronçon de réseau demande une attention particulière. S'il en résulte une modification durable des caractéristiques de charge d'une ligne électrique, il se peut que le nouveau mode d'exploitation ne soit plus conforme au mode d'exploitation déterminant autorisé. Si une telle non-conformité va exister durablement, le détenteur de l'installation est tenu d'en informer de sa propre initiative l'autorité d'approbation des plans dès avant la transformation.

Le détenteur de l'installation est tenu de donner des renseignements aux autorités cantonales ou communales responsables de l'aménagement du territoire dans le cadre de la délimitation de nouvelles zones à bâtir. Ils seront transmis au moyen du formulaire de notification «Distance à respecter lors de la délimitation de nouvelles zones à bâtir par rapport à une ligne à haute tension» (annexe 3).

<sup>18</sup> En particulier la modification de la combinaison des directions des flux de charge déterminante

## 4 > Droits de la population

---

### 4.1 Participation lors des procédures d'approbation des plans et des procédures d'assainissement

Conformément à l'art. 6 de la loi fédérale sur la procédure administrative (PA) ont qualité de parties les personnes dont les droits ou les obligations pourraient être touchés par la décision concernant une installation. En tant que parties, elles peuvent défendre leurs intérêts en particulier sous forme d'opposition ou de recours. Elles ont également le droit de consulter les dossiers.

Ont un droit d'opposition et de recours, les groupes de personnes qui sont davantage concernées par le rayonnement non ionisant émis par une ligne à haute tension que la collectivité. La légitimation est définie par le périmètre de légitimation, un corridor situé de part et d'autre de l'installation (§ 2.9.2). Sa largeur est définie au sens du paragraphe 8.5.1. En ce qui concerne les limitations préventives des émissions relatives au champ magnétique, ont un droit d'opposition et de recours les personnes séjournant longtemps dans des LUS situés à l'intérieur du périmètre de légitimation, et les propriétaires de LUS situés dans ledit périmètre.

Le périmètre de légitimation ne doit pas être interprété comme étant une zone dangereuse. La densité de flux magnétique est certes généralement supérieure à l'intérieur de ce corridor à celle que subit en général la population ; néanmoins, elle reste bien en-dessous du seuil à partir duquel la science admet l'apparition d'effets nocifs sur la santé et le bien-être.

Lors de la construction de nouvelles installations et la modification d'installations existantes, les parties peuvent défendre leurs intérêts dans le cadre de la procédure d'approbation des plans.

Au sujet de l'évaluation de la nécessité d'assainir et d'un éventuel assainissement d'anciennes installations, voici les points à observer :

> Dans le cas d'installations dont le détenteur n'a pas encore pris de mesures d'assainissement au moment de l'évaluation faite par l'autorité d'approbation des plans, la procédure suit les règles de la PA. C'est-à-dire qu'à la fin de la procédure, une décision d'assainissement est transmise par l'autorité d'approbation des plans au détenteur de l'installation et que les parties concernées sont informées, avant la prise de décision, de la possibilité de participer à la procédure. Si, dans le cadre de l'assainissement, le détenteur de l'installation prévoit également des mesures touchant la construction, on mènera une procédure d'approbation des plans.

- 
- > Dans les cas où le détenteur a déjà assaini son installation de sa propre initiative l'autorité d'approbation des plans en prend connaissance. On peut alors renoncer à une procédure formelle et au dépôt ultérieur du formulaire de notification «Évaluation de la nécessité d'assainir une ancienne ligne à haute tension» selon l'annexe 2. Si les parties concernées devaient demander plus tard une décision susceptible de recours, on mènerait pour elles une procédure selon les règles de la PA.
  - > Il existe des installations qui ne doivent pas être assainies car la valeur limite de l'installation est respectée. En outre, certaines installations ne peuvent pas être assainies pour des raisons techniques, par exemple parce qu'il n'y a qu'un seul terre. L'autorité d'approbation des plans peut alors renoncer à une procédure formelle. Si des parties concernées devaient demander une décision susceptible de recours, on mènerait pour eux une procédure.

4.2

## Information sur l'exploitation de lignes électriques après clôture d'une procédure d'approbation des plans ou d'une procédure d'assainissement

Conformément à l'art. 47, al. 2, LPE et au principe de la transparence (LTrans, en vigueur depuis le 1<sup>er</sup> juillet 2006) auquel sont soumises les autorités fédérales, les personnes intéressées ont le droit d'obtenir des renseignements au sujet de l'exploitation d'installations, qui sont en possession des autorités, pour autant que les secrets de fabrication et d'affaires soient protégés

### Art. 6 LTrans Principe de la transparence

<sup>1</sup> Toute personne a le droit de consulter des documents officiels et d'obtenir des renseignements sur leur contenu de la part des autorités.

### Art. 7 LTrans Exceptions

<sup>1</sup> Le droit d'accès est limité, différé ou refusé, lorsque l'accès à un document officiel :

...

g. peut révéler des secrets professionnels, d'affaires ou de fabrication.

### Art. 47 LPE Information et obligation de garder le secret

...

<sup>2</sup> Après avoir consulté les personnes touchées, les autorités compétentes peuvent publier les résultats des contrôles d'installations et des renseignements en vertu de l'art. 46, s'ils sont d'intérêt général. Sur demande, ces résultats seront communiqués, à moins que des intérêts prépondérants ne s'y opposent. Le secret de fabrication et d'affaires est dans tous les cas protégé.

L'autorité d'approbation des plans disposant d'informations sur l'exploitation d'une ligne électrique est compétente en matière d'accès aux informations relatives à celle-ci<sup>19</sup>. La mesure dans laquelle de telles informations sont publiques se décide au sens des art. 6 à 9 LTrans ; la procédure d'accès à de telles informations est régie par les art. 10 à 17 LTrans.

Les résultats des mesures de réception ordonnées par l'autorité d'approbation des plans ne constituent pas un secret d'affaires (§ 8.2). Dans la mesure où cette autorité a également demandé l'enregistrement et l'évaluation des données d'exploitation (§ 8.6), les éléments statistiques qui en ont résulté ne constituent pas non plus un secret d'affaires.

<sup>19</sup> Le détenteur de l'installation peut également remettre les informations souhaitées directement aux personnes intéressées, ce qui est souvent approprié. Si les parties concernées ne peuvent pas s'entendre sur la nature et l'ampleur des informations, celles-ci peuvent être retirées auprès de l'autorité d'approbation des plans pour autant qu'elles soient en sa possession.

## 5 > Exécution de l'ORNI relative à la construction et la modification de lignes électriques

---

### 5.1 Champ d'application

Les explications du présent chapitre sont valables pour tout projet de construction, de remplacement, de déplacement ou de modification de lignes électriques au sens de l'ORNI. Pour ce qui est des définitions, on se référera au chapitre 2.5 ainsi qu'aux paragraphes 2.6.1 à 2.6.3.<sup>20</sup>

### 5.2 Fiche de données spécifique au site

Le détenteur de l'installation déclare le mode d'exploitation déterminant et la charge de RNI sur la fiche de données spécifique au site et les annexes correspondantes. Un modèle de fiche et les instructions détaillées pour la remplir se trouvent à l'annexe 1.

### 5.3 Demande de dérogation

Lorsque les exigences préventives de l'ORNI ne peuvent pas être remplies dans un ou plusieurs LUS (ch. 3.2 de la fiche de données spécifique au site), le requérant devra déposer une demande de dérogation. La demande doit être fondée et diverses mesures visant à la réduction du champ magnétique doivent être examinées (§ 3.1.4).

Une demande de dérogation ne peut pas être fondée sur une évaluation approximative (fiche complémentaire 1 à la fiche de données spécifique au site). Elle sera fondée sur la densité de flux magnétique modélisée en détail, relative au sous-tronçon concerné (fiche complémentaire 2 ou 3 à la fiche de données spécifique au site).

---

<sup>20</sup> Elles sont également valables lorsque le mode d'exploitation déterminant d'une ligne électrique homologuée seulement après le 1<sup>er</sup> février 2000 doit être nouvellement fixé sans que des mesures soient prises au niveau de la construction. Cela peut en particulier se présenter lorsque les hypothèses faites au sujet de la combinaison des directions des flux de charge déterminante ne se confirment pas dans la réalité de l'exploitation de l'installation.

## 5.4 Examen et approbation par l'autorité

L'autorité d'approbation des plans examine la fiche de données spécifique au site et une éventuelle demande de dérogation. Dans l'approbation des plans, elle définit en particulier le mode d'exploitation déterminant et les dérogations éventuellement accordées. Lorsqu'il ne s'agit que d'une nouvelle définition du mode d'exploitation déterminant (limitation du courant ; combinaison des directions des flux de charge déterminante) sans mesure relative à la construction, l'autorité peut renoncer à mener une procédure formelle d'approbation des plans. Les droits des personnes concernées doivent cependant être respectés dans la même mesure que lors de l'assainissement d'une ancienne installation (voir § 4.1).

Lorsqu'on fixe une limitation de courant fondée sur des considérations non physiques (§ 2.4.1) ou s'il existe des incertitudes quant à la combinaison des directions des flux de charge déterminante, l'autorité d'approbation des plans ordonne l'enregistrement et l'évaluation des données d'exploitation, et leur notification au sens du chapitre 8.6.

Lorsqu'une dérogation est accordée, l'autorité d'approbation des plans ordonne l'enregistrement et l'évaluation des données d'exploitation au sens du chapitre 8.6 ainsi qu'une mesure de réception au sens du chapitre 8.2 au sujet des sous-tronçons concernés par la dérogation. Il n'est pas nécessaire d'effectuer la mesure de réception dans tous les LUS concernés par une dérogation. Une mesure de réception par sous-tronçon, effectuée dans un lieu caractéristique, suffit.

## 5.5 Exploitation de l'installation

### 5.5.1 Enregistrement des données d'exploitation

Le détenteur de l'installation enregistre les données d'exploitation selon le chapitre 8.6 et les notifie à l'autorité d'approbation des plans

- > lorsque celle-ci l'a ordonné dans l'approbation des plans, ou
- > lorsqu'elle l'ordonne a posteriori, car des doutes quant à la conformité de l'exploitation de la ligne avec celle autorisée sont apparus.

S'il apparaît que l'exploitation de l'installation n'est pas conforme au mode d'exploitation déterminant figurant dans l'approbation des plans, l'autorité d'approbation des plans demande au détenteur de l'installation d'actualiser la fiche de données spécifique au site. Il s'agit, en particulier, de fixer le nouveau mode d'exploitation déterminant et de répéter la modélisation de la densité de flux magnétique.

Si la modélisation du nouveau mode d'exploitation déterminant montre que les limitations préventives des émissions ne sont pas respectées dans plus de LUS que ceux admis par la modélisation initiale, l'ordre des phases sera optimisé pour le nouveau mode d'exploitation déterminant. Si, malgré cela, il n'est pas possible de respecter les

limitations préventives des émissions dans ces LUS, il est nécessaire de présenter ultérieurement une demande de dérogation (§ 3.1.4) en la justifiant.

L'autorité d'approbation des plans fixe le nouveau mode d'exploitation déterminant ainsi que les dérogations additionnelles éventuelles dans un avenant à l'approbation des plans.

#### 5.5.2 **Mesure de réception**

Le détenteur de l'installation fait effectuer une mesure de réception par un laboratoire de mesure accrédité, au sens du chapitre 8.2,

- > lorsque l'autorité l'a ordonné dans l'approbation des plans, ou
- > lorsqu'elle l'ordonne a posteriori car des doutes quant à la qualité du modèle de ligne utilisé pour la modélisation relative au RNI sont apparus.

Si les résultats de la modélisation relative à la ligne électrique sont confirmés par la mesure effectuée, le détenteur de l'installation dépose le rapport de mesure auprès de l'autorité d'approbation des plans.

En revanche, s'il existe une différence inacceptable entre les résultats de la modélisation et ceux de la mesure de réception, le détenteur de l'installation veillera à son élimination. Si nécessaire, le modèle de la ligne électrique sera adapté, la modélisation du RNI pour le mode d'exploitation déterminant sera répétée pour le modèle corrigé et la fiche de données spécifique au site sera actualisée. Ensuite, le détenteur de l'installation déposera auprès de l'autorité d'approbation des plans le rapport de mesures accompagné de la fiche de données spécifique au site actualisée. Si la modélisation du nouveau mode d'exploitation déterminant montre que les limitations préventives des émissions ne sont pas respectées dans plus de LUS que ceux admis par la modélisation initiale, on prendra toute mesure raisonnable susceptible de réduire la densité de flux magnétique dans les LUS concernés. Si, malgré cela, il n'est pas possible de respecter les exigences préventives relatives à ceux-ci, il sera nécessaire de présenter ultérieurement une demande de dérogation (§ 3.1.4) en la justifiant.

L'autorité d'approbation des plans fixe les éventuelles dérogations dans un avenant à l'approbation des plans.

## 6 > Exécution de l'ORNI concernant les anciennes installations

---

### 6.1 Champ d'application

Les explications du présent chapitre concernent toutes les anciennes lignes électriques selon la définition du chapitre 2.5.

Le présent chapitre ne concerne pas les anciennes installations qui sont modifiées au sens de l'ORNI (cf. § 2.6 pour les détails concernant les modifications dont il s'agit) ni les anciennes installations qui sont déplacées ou remplacées selon les critères du chapitre 2.5. Dans ces cas, l'exécution est régie par le chapitre 5.

### 6.2 Évaluation de la nécessité d'assainir

Les explications du présent chapitre servent à déterminer si une ancienne installation respecte les limitations préventives des émissions (§ 3.1.2). Dans l'immédiat, on ne vérifiera pas systématiquement si la valeur limite d'immissions relative à l'intensité de champ électrique est respectée dans tous les lieux accessibles. Comme indiqué au chapitre 3.2, les assainissements relatifs au champ électrique ne sont pas considérés comme urgents et ne seront entrepris que si des effets fortement inconfortants apparaissent sous une ligne électrique.

Le détenteur d'une ancienne installation vérifie si elle doit être assainie. Il existe cinq raisons pour lesquelles une ancienne installation ne peut ou ne doit pas être assainie :

- > il n'existe qu'un seul terna par fréquence et, par conséquent, l'ordre des phases n'est pas significatif ;
- > les directions des flux de charge entre les ternes de même fréquence ne sont pas couplées et, par conséquent, on ne peut pas déterminer d'ordre des phases optimal ;
- > l'ordre des phases est déjà optimisé ;
- > la valeur limite de l'installation est respectée dans tous les LUS (la preuve peut être apportée soit par la modélisation de la densité de flux magnétique dans les LUS (§ 8.1) soit au moyen de la distance indicative (§ 8.3.2) lorsque les lignes sont à deux ternes et qu'elles remplissent les conditions du paragraphe 8.3) ;
- > l'ordre des phases n'est pas optimisé et la VLInst est dépassée. La VLInst peut toutefois être respectée sans modification de l'ordre des phases si le courant déterminant est limité à une valeur inférieure au courant thermique limite.

Chacune des cinq raisons se suffit à elle-même. Le détenteur de l'installation est libre dans le choix des preuves qu'il désire apporter.

Si aucune des preuves évoquées ci-dessus ne peut être apportée, l'installation doit être assainie. Dans ce cas, il existe un ordre des phases optimal qui ne correspond pas à l'ordre des phases actuel. En outre, la VLInst est dépassée dans certains LUS et elle ne peut pas non plus être respectée au moyen d'une limitation de courant.

### 6.3 **Formulaire de notification « Évaluation de la nécessité d'assainir une ancienne ligne à haute tension »**

Le détenteur de l'installation fournit, à l'autorité d'approbation des plans, le résultat de l'évaluation de la nécessité d'assainir au moyen du formulaire de notification « Évaluation de la nécessité d'assainir une ancienne ligne à haute tension » et des annexes correspondantes. Un modèle de formulaire de notification et les instructions détaillées pour le remplir se trouvent à l'annexe 2.

Lorsque l'ordre des phases doit être optimisé, le détenteur de l'installation dépose auprès de l'autorité d'approbation des plans une proposition d'assainissement. S'il considère qu'une optimisation de l'ordre des phases, nécessaire de toute façon, n'est pas judicieuse pour des raisons relevant d'une vision plus générale (§ 8.4.4), il le prouve de manière claire et compréhensible.

### 6.4 **Examen par l'autorité**

L'autorité d'approbation des plans examine les données fournies par le détenteur de l'installation.

#### 6.4.1 **Pas d'assainissement**

S'il n'est pas nécessaire, possible ni judicieux d'assainir pour des raisons évidentes, l'autorité d'approbation des plans en prend connaissance. Les exigences posées par l'ORNI sont considérées comme respectées. Les données fournies par le détenteur de l'installation au sujet du mode d'exploitation déterminant sont fixées de manière contraignante.

#### 6.4.2 Assainissement

S'il est nécessaire d'assainir, l'autorité d'approbation des plans ordonne l'assainissement en se fondant sur la proposition du détenteur de l'installation et veille à ce que les personnes concernées puissent défendre leurs droits (§ 4.1). L'autorité d'approbation des plans initie une procédure d'approbation des plans et une procédure d'EIE si l'assainissement l'exige.

Dans la décision d'assainissement, elle fixe, en particulier, le mode d'exploitation déterminant annoncé par le détenteur de l'installation et le délai d'assainissement (voir à ce sujet § 3.1.2).

Si le détenteur a déjà assaini son installation de sa propre initiative, l'autorité d'approbation des plans en prend connaissance. Elle peut renoncer à une procédure formelle et au dépôt ultérieur d'un formulaire de notification «Évaluation de la nécessité d'assainir une ancienne ligne à haute tension» selon l'annexe 2 si, lors de l'assainissement, les principes de la présente aide à l'exécution ont été pris en considération.

#### 6.4.3 Enregistrement des données d'exploitation

L'autorité d'approbation des plans ordonne l'enregistrement des données d'exploitation et leur évaluation au sens du chapitre 8.6,

- > lorsque le détenteur de l'installation demande une limitation de courant non fondée sur des considérations physiques (§ 2.4.1) ;
- > lorsque la combinaison des directions des flux de charge déterminante est incertaine.

#### 6.5 Exploitation de l'installation

Lorsque l'autorité d'approbation des plans a ordonné l'enregistrement et l'évaluation des données d'exploitation d'une installation, le détenteur de l'installation les réalise conformément au paragraphe 8.6.4 et en fournit les résultats à l'autorité d'approbation des plans. S'il résulte de la surveillance que l'exploitation de l'installation n'est pas ou n'est plus conforme au mode d'exploitation déterminant initial, on fixera le nouveau mode d'exploitation déterminant et on vérifiera à nouveau si l'ordre des phases doit être adapté.

## 7 > Délimitation de nouvelles zones à bâtir

*Les explications du présent chapitre s'appliquent aux projets de délimitation de nouvelles zones à bâtir à proximité d'une ligne à haute tension existante ou en projet, définie dans un plan d'aménagement. Pour ce qui est des définitions dans un plan d'aménagement, voir le chapitre 3.3.*

### 7.1 Délimitation de nouvelles zones à bâtir à proximité de lignes existantes

L'autorité cantonale ou communale, compétente en matière d'aménagement du territoire, informe le détenteur d'une ligne à haute tension de la délimitation de nouvelles zones à bâtir situées à proximité de sa ligne. Le détenteur de l'installation remplit à ce sujet un formulaire de notification «Distance à respecter lors de la délimitation de nouvelles zones à bâtir par rapport à une ligne à haute tension» selon l'annexe 3 et le dépose auprès de l'autorité de planification.

Le formulaire de notification comportera, d'une part, les données techniques significatives de l'installation et, d'autre part, un plan de situation en annexe, sur lequel figure un corridor dans lequel la valeur limite de l'installation peut être dépassée dans le mode d'exploitation déterminant de la ligne électrique. Il est garanti que la valeur limite de l'installation est respectée dans ce mode d'exploitation à toute hauteur au-dessus du sol en dehors du corridor. Formellement, cela correspond au périmètre d'examen qui est calculé à l'occasion de la construction ou de la modification d'une installation (cf. § 2.9.1 et 8.5.2).

Si des zones à bâtir doivent être délimitées très près d'une ligne électrique ou si des restrictions d'utilisation doivent être précisées, on modélisera dans une deuxième étape la densité de flux magnétique de manière détaillée. Ce faisant, on prendra en considération la topographie, le niveau des conducteurs au-dessus du sol et la hauteur envisagée des bâtiments prévus dans le projet de nouvelle zone à bâtir. À cet effet, l'autorité d'approbation des plans et le détenteur de l'installation travailleront en étroite collaboration.

### 7.2 Délimitation de nouvelles zones à bâtir à proximité de lignes en projet

Si, lors de l'inscription d'une ligne électrique projetée dans le PSE ou dans le plan directeur cantonal, un corridor a été défini pour sa réalisation, il doit également être respecté lors de la délimitation de nouvelles zones à bâtir. Si une procédure d'approbation des plans (PAP) est déjà ouverte au sujet d'une ligne électrique projetée, c'est-à-dire que le tracé de la ligne, la disposition des conducteurs et le mode d'exploitation déterminant sont déjà connus en détail, la démarche est régie par le chapitre 7.1.

Si aucun corridor n'a été défini, la démarche suivra également le chapitre 7.1, le détenteur de l'installation future est néanmoins tenu de faire des suppositions plausibles sur l'exploitation de celle-ci.

---

## 8 > Méthodes de calcul et de mesure

---

### 8.1 Modélisation de la densité de flux magnétique

#### 8.1.1 But

Il s'agit de calculer la valeur efficace de la densité de flux magnétique dans le mode d'exploitation déterminant (§ 2.4).

#### 8.1.2 Rapport entre modélisation et mesure de la densité de flux magnétique

Le champ magnétique de lignes électriques peut être modélisé à l'aide de programmes informatiques ou mesuré au moyen d'appareils appropriés. Les deux méthodes se complètent et une utilisation combinée diminue le risque d'erreurs.

La modélisation a toutefois un avantage décisif par rapport à la mesure : elle peut en effet être appliquée à tout mode d'exploitation, en particulier au mode d'exploitation déterminant (§ 2.4). La mesure, quant à elle, ne concerne que le mode d'exploitation effectif au moment de la mesure, l'exploitation d'une ligne électrique ne pouvant être que très peu influencée. Les renseignements fournis par la mesure ne concernent donc que le présent mode d'exploitation.

Les limitations préventives au sens de l'ORNI concernant la densité de flux magnétique se réfèrent toujours au mode d'exploitation déterminant, la modélisation prévaudra donc sur la mesure. Dans le cadre de la modélisation, on préparera un jeu de données pour le programme de calcul, données définissant la ligne électrique du point de vue géométrique et électrique. Ces données seront désignées ci-après comme modèle de ligne.

La mesure de la densité de flux magnétique dans le mode d'exploitation effectif, combinée à une détermination simultanée des courants d'exploitation et des angles de déphasage ainsi que de la position du lieu de mesure par rapport aux conducteurs, permet une comparaison quantitative avec les estimations calculées, et, ainsi, une vérification indépendante et une validation du modèle de ligne. Une telle combinaison entre mesure et modélisation est qualifiée de mesure de réception. Elle est décrite en détail au chapitre 8.2. Si le résultat de la mesure et celui de la modélisation relative au mode d'exploitation en vigueur au moment de la mesure correspondent suffisamment, le modèle de ligne ainsi que, par conséquent, la densité de flux magnétique modélisée dans le mode d'exploitation déterminant, sont considérés comme validés et, dès lors, comme juridiquement satisfaisants.

### 8.1.3 Lieu concerné par la modélisation

En règle générale, on modélisera la densité de flux magnétique pour les lieux à utilisation sensible. Concernant le niveau au-dessus du sol et la distance par rapport aux murs, les explications générales du chapitre 2.7 sont applicables.

### 8.1.4 Modélisation pour le mode d'exploitation déterminant

La modélisation de la densité de flux magnétique s'effectue au moyen de programmes informatiques en accord avec les normes techniques correspondantes<sup>21</sup>. Suite à des approximations figurant dans ces programmes et aux simplifications décrites ci-après, les résultats ne sont pas également fiables dans tout le domaine d'intensité de la densité de flux magnétique. Dans le domaine de la valeur limite de l'installation de 1 µT et au-dessus, ils sont suffisamment précis. À mesure que la distance par rapport à la ligne électrique augmente – pour des densités de flux magnétique nettement inférieures à 1 µT –, l'incertitude de la modélisation augmente également. Une détermination précise de l'incertitude de la modélisation n'est toutefois nécessaire que dans le cadre de la mesure de réception. On peut admettre que les algorithmes utilisés fonctionnent correctement et que l'utilisateur n'a pas à le vérifier dans le détail<sup>22</sup>.

Il s'agit de calculer la valeur efficace de la densité de flux magnétique. Elle correspond au module du vecteur de celle-ci. Les composantes de ce vecteur sont les valeurs efficaces de la densité de flux magnétique ( $B_x$ ,  $B_y$ ,  $B_z$ ) dans les trois directions orthogonales de l'espace  $x$ ,  $y$  et  $z$  et son module s'obtient grâce à la relation suivante :

$$B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2} \quad (2)$$

Les relations concernant les phases entre les trois composantes orthogonales n'ont pas d'importance dans cette sommation car on ne détermine pas la valeur de pointe mais la valeur efficace.

Dans le modèle de ligne, on introduit les grandeurs suivantes :

- > Pour chaque terne : le courant déterminant (§ 2.4.1), signes inclus. Les courants de phase à l'intérieur d'un terne sont supposés d'égale valeur (charge symétrique) et les ondes harmoniques ne sont pas prises en compte. Les signes codent les directions des flux de charge et doivent correspondre à la combinaison des directions des flux de charge déterminante (§ 2.4.2). Si les directions des flux de charge ne sont pas couplées, on peut utiliser celles pour lesquelles l'ordre des phases modélisé est optimal.

<sup>21</sup> P. ex. DIN/VDE 0848-1, 2000-8 : Sicherheit in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern ; Teil 1 : Definitionen, Mess- und Berechnungsverfahren ; chapitre 5.1

<sup>22</sup> En principe, les développeurs de logiciels sont responsables de la validation des programmes de calcul. Il paraît cependant opportun que les utilisateurs se fassent une idée personnelle de la justesse des résultats de calculs effectués avec de nouvelles versions de programmes.

- > Pour chaque conducteur de phase : la phase. Pour garantir la cohérence, on respectera, pour des systèmes triphasés, la convention suivante<sup>23</sup> :
  - R (ou L1) :  $0^\circ$
  - S (ou L2) :  $-120^\circ$
  - T (ou L3) :  $120^\circ$
- > La disposition géométrique des conducteurs de phase (coordonnées relatives) selon les plans approuvés ou déposés pour la silhouette de mât ou le bloc des tubes. Dans le cas des lignes aériennes, l'incertitude liée aux coordonnées relatives devra être inférieure à  $\pm 1\%$ .
- > La situation absolue des conducteurs de phase par rapport au terrain (en vue latérale et en hauteur ou en profondeur) selon les profils en long approuvés ou déposés (lignes aériennes) ou les plans des travaux de génie civil (lignes en câbles). Les coordonnées absolues doivent être connues avec une précision telle que la distance par rapport à un LUS puisse être indiquée avec une incertitude inférieure à  $\pm 1\%$ .

Dans le cas des lignes aériennes, les courants des conducteurs de terre ne doivent pas nécessairement être pris en compte<sup>24</sup>.

Dans le cas des lignes en câbles, il n'est pas nécessaire de prendre en compte les courants circulant dans les gaines<sup>25</sup>.

Si une ligne électrique comprend des ternes de 16,7 et de 50 Hz, les valeurs efficaces des densités de flux magnétique seront tout d'abord calculées pour chacun des systèmes de courant. Les deux valeurs efficaces sont ensuite additionnées selon la formule de Parseval :

$$B = \sqrt{B_{16,7}^2 + B_{50}^2} \quad (3)$$

Le résultat de la modélisation sera représenté par une isoligne de  $1 \mu\text{T}$  située dans le plan perpendiculaire à l'axe de la ligne électrique. En ce qui concerne les LUS pour lesquels une demande dérogation a été déposée (§ 3.1.4), on indiquera en outre, de manière explicite, la densité de flux magnétique.

Des exemples de représentation d'isolignes correspondant à des configurations standard de lignes aériennes et de lignes en câbles se trouvent sur le site de l'OFEV<sup>26</sup>.

Des modèles de calcul bi- et tri-dimensionnels sont disponibles.

<sup>23</sup> Lorsque des transformateurs produisent un déphasage fixe entre deux niveaux de tension, cela doit être pris en compte lors de l'introduction de la phase des courants. Dans ce cas, on choisira comme système de référence (R=0°, S=-120°, T=120°) le niveau de tension le plus élevé. Les phases des courants aux tensions transformées inférieures seront alors corrigées de ce déphasage fixe. Exemple : un transformateur équipé d'un couplage de branchement Yd11 produit un déphasage  $\varphi(\text{tension primaire})-\varphi(\text{tension secondaire}) = 330^\circ$ . Les phases des courants côté basse tension sont donc de : R :  $30^\circ$  ( $0^\circ-330^\circ$ ), S :  $-90^\circ$  ( $-120^\circ-330^\circ$ ), T :  $+150^\circ$  ( $120^\circ-330^\circ$ ).

<sup>24</sup> Si toutefois les conducteurs de terre sont intégrés aux bibliothèques des mâts livrées avec le programme de calcul et si le programme dispose d'un module de calcul du courant du conducteur de terre, on prendra ce dernier également en compte pour le calcul de la densité de flux magnétique.

<sup>25</sup> Dans le cas des lignes en câbles auxquelles s'applique la présente recommandation (câbles unipolaires dans des tubes séparés), il ne faut pas s'attendre à ce que les courants circulant dans les gaines soient significatifs. En effet, soit de telles lignes en câbles disposent d'une mise à la terre unilatérale, soit les blindages sont disposés en cross bonding.

<sup>26</sup> [www.bafu.admin.ch/elektrosmog/01100/01108/04391/index.html?lang=fr](http://www.bafu.admin.ch/elektrosmog/01100/01108/04391/index.html?lang=fr)

#### 8.1.4.1 Modélisation tridimensionnelle

La modélisation tridimensionnelle (3D) peut être utilisée dans tous les cas. Par elle, on modélise la géométrie d'une ligne dans les trois dimensions de l'espace, flèche, longueurs de conducteurs finies et d'éventuels changements de direction inclus. La densité de flux magnétique peut être calculée pour l'ensemble de l'espace entourant la ligne électrique. Ce faisant, il est important que les longueurs des lignes, introduites dans le modèle, soient suffisamment grandes par rapport à la dimension spatiale de l'isoligne de 1  $\mu\text{T}$ . C'est le cas lorsque, comparés à la distance maximale entre l'isoligne de 1  $\mu\text{T}$  et un conducteur, tous les conducteurs sont modélisés à une distance au moins cinq fois plus grande, à l'avant et à l'arrière du plan de calcul.

#### 8.1.4.2 Modélisation bi-dimensionnelle

Les modélisations bi-dimensionnelles (2D) nécessitent moins de données que les modélisations 3D mais ne peuvent être utilisées que de manière limitée. Elles existent en deux variantes :

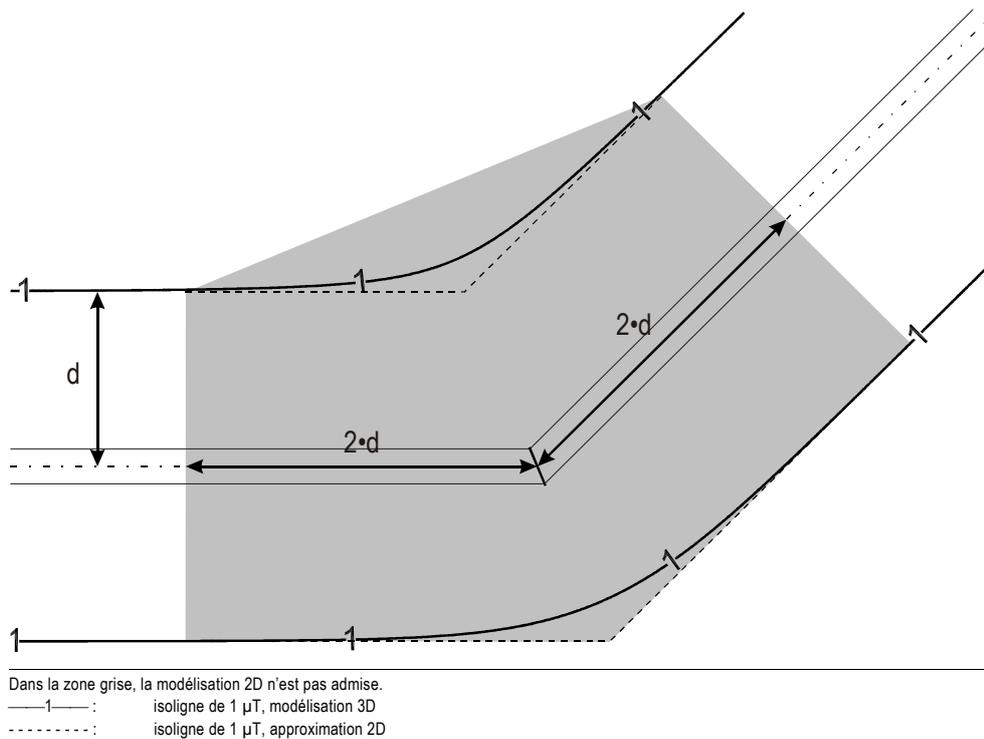
- > Certains programmes de calcul supposent des conducteurs infiniment longs, droits et parallèles. Il suffit d'enregistrer les positions des conducteurs situées dans le plan perpendiculaire à l'axe de la ligne. La densité de flux magnétique peut être calculée dans ce plan uniquement.
- > Un modèle 3D permet également d'effectuer quasiment une modélisation 2D. Dans ce cas, le calcul est certes tridimensionnel et il suppose que les longueurs des conducteurs soient finies, mais la ligne est modélisée de manière simplifiée : les coordonnées latérales des conducteurs sont en effet introduites dans le modèle de la ligne conformément à la réalité, mais la flèche est ignorée, ce qui signifie que les conducteurs sont considérés comme parallèles au sol à une hauteur constante. Il importe néanmoins que les longueurs de lignes, introduites dans le modèle, soient suffisamment grandes par rapport à la dimension spatiale de l'isoligne de 1  $\mu\text{T}$ . C'est le cas lorsque, comparés à la distance maximale entre l'isoligne de 1  $\mu\text{T}$  et un conducteur, tous les conducteurs sont modélisés à une distance au moins cinq fois plus grande, à l'avant et à l'arrière du plan de calcul.

Les modélisations 2D ne seront pas utilisées :

- > pour des LUS à proximité de changements de direction<sup>27</sup> (le domaine dans lequel la modélisation 2D ne livre pas de résultats fiables est marqué en gris à la figure 6. *d* correspond à l'éloignement latéral maximal de l'isoligne de 1  $\mu\text{T}$  par rapport à l'axe de la ligne électrique, calculé avec le modèle 2D. Le secteur marqué en gris définit en même temps le périmètre d'examen selon le § 8.5.2.) ;
- > pour les LUS à proximité de croisements de lignes ;
- > pour des portées entre deux pylônes qui présentent des dispositions des conducteurs différentes (lignes aériennes).

<sup>27</sup> Par changement de direction, on entend une déviation de plus de 5 degrés par rapport à la ligne droite.

Fig. 6 > Modélisation de la densité de flux magnétique près d'un changement de direction.



## 8.2 Mesure de réception

### 8.2.1 Généralités

La correspondance entre la mesure et la modélisation de la densité de flux magnétique pour un mode d'exploitation réel de la ligne est vérifiée à l'aide d'une mesure de réception. Si la différence entre les deux résultats est inférieure à l'incertitude élargie totale de la mesure de réception, le modèle de la ligne et les densités de flux magnétique calculées avec celui-ci sont considérés comme validés.

En règle générale, une mesure de réception comprend les étapes suivantes<sup>28</sup> :

- > mesures de la tension, des puissances active et réactive de tous les termes de l'installation considérée ou, à défaut, mesures des courants et de leurs phases ;
- > mesure de la densité de flux magnétique en un lieu approprié ;

<sup>28</sup> Les mesures de densité de flux magnétique effectuées sans enregistrement simultané de tous les paramètres d'exploitation significatifs de la ligne sont, en revanche, à considérer comme indicatives. Il en est de même pour les mesures suivies d'une extrapolation simplifiée au mode d'exploitation déterminant sans utilisation d'un modèle de calcul numérique précis. Les résultats de telles mesures indicatives sont utiles aux personnes concernées en tant qu'estimation mais ne permettent pas, en général, de tirer des conclusions par rapport à l'ORNI, qui auraient une valeur juridique.

- > détermination de la position du lieu de mesure (distance latérale et différence de niveau) relativement aux conducteurs ;
- > modélisation de la densité de flux magnétique pour le lieu de la mesure de RNI à l'aide du modèle de ligne à valider, dans lequel les courants et coordonnées mesurés sont introduits ;
- > calcul de la différence entre les densités de flux magnétique modélisée et mesurée, incertitudes comprises.

Pour la mesure de la densité de flux magnétique, on choisira un lieu bien accessible, hors de toute influence parasite. La distance par rapport à la ligne électrique sera choisie de manière à ce que la densité de flux magnétique dans le mode d'exploitation déterminant se situe entre 1 et 2  $\mu\text{T}$ . Il ne doit pas nécessairement s'agir d'un LUS.

Plus la charge de la ligne est élevée par rapport au mode d'exploitation déterminant, meilleure devrait être la correspondance entre les mesures et les modélisations des densités de flux magnétique. C'est pourquoi il est recommandé de n'effectuer des mesures de réception que si tous les ternes de la ligne électrique sont suffisamment chargés et que si les appareils de mesure de la puissance, de la tension ou des courants peuvent travailler dans un intervalle de mesure favorable, incluant si possible de faibles incertitudes de mesure. Au cours de la mesure de réception, les directions des flux de charge devront correspondre, autant que possible, à celles du mode d'exploitation déterminant.

Il est souhaitable d'enregistrer et d'évaluer différents modes d'exploitation de la ligne électrique. Toutefois, les possibilités sont limitées car l'exploitation d'une ligne électrique ne se laisse pas influencer.

Les mesures de la densité de flux magnétique et des grandeurs liées à l'exploitation de la ligne électrique doivent être effectuées simultanément et être suffisamment synchronisées dans le temps. Lorsque l'exploitation de la ligne est fluctuante, les valeurs mesurées seront, en règle générale, enregistrées durant une heure. Lorsque les courants et la densité de flux magnétique sont stables, cette durée peut être réduite. Pour l'évaluation, on choisira au moins un intervalle de la période d'enregistrement durant lequel les conditions suivantes ont été remplies :

- > faibles variations des densités de flux magnétique mesurées ;
- > tous les ternes sont parcourus par des courants égaux ou supérieurs à ceux correspondant à leur charge typique.

Cet intervalle correspondra à une minute au moins. Plus il est court, plus le taux d'enregistrement des appareils de mesure doit être élevé et plus les mesures du courant et de la densité de flux magnétique doivent être synchronisées avec précision.

Pour l'intervalle choisi, les valeurs mesurées pour les tensions, les puissances, les courants et la densité de flux magnétique sont moyennées dans le temps. La comparaison entre la densité de flux magnétique modélisée et celle mesurée s'effectuera sur la base de ces moyennes temporelles.

Le détenteur de l'installation devra être informé suffisamment tôt que des mesures seront effectuées. Il devra faire connaître au laboratoire de mesure, les périodes qu'il juge les plus favorables sur la base de son expérience d'exploitation. Il remettra les données si possible directement au laboratoire de mesure. Si les deux parties ne peuvent s'entendre sur l'enregistrement et la remise des données d'exploitation, c'est l'autorité d'approbation des plans qui décide.

Les mesures de réception exigent de l'expérience et des connaissances techniques. Elles seront donc effectuées par des laboratoires accrédités.

### 8.2.2 Détermination des courants et des angles de déphasage

Pour ce qui est des courants et des angles de déphasage des lignes à très haute tension, on peut souvent utiliser les enregistrements effectués par l'exploitant de la ligne électrique. En général, on n'enregistre pas directement les courants et les angles de déphasage mais la tension ainsi que les puissances active et réactive. Dans ce cas, les courants et les angles de déphasage seront calculés à partir des tensions et des puissances mesurées, à l'aide des formules ci-dessous. Ce faisant, on suppose implicitement que tous les conducteurs de phase du terna concerné sont parcourus par les mêmes courants et que leurs phases diffèrent de la valeur théorique de 120 ou 180 degrés (pour des lacets de 16,7 Hz).

$$I = \text{signe}(P) \cdot \frac{\sqrt{3}}{3 \cdot U} \cdot \sqrt{P^2 + Q^2} \quad \text{pour le courant triphasé (50 Hz)} \quad (4)$$

$$I = \text{signe}(P) \cdot \frac{1}{U} \cdot \sqrt{P^2 + Q^2} \quad \text{pour courant de traction (16,7 Hz)} \quad (5)$$

$$\varphi = \arctan \frac{Q}{P} \quad (6)$$

Signification des symboles :

$I$	courant de substitution symétrique
$U$	tension composée
$P$	puissance active
$Q$	puissance réactive
$\varphi$	angle de déphasage

Lorsque l'installation comprend des ternes de divers exploitants, il faudra accorder une attention particulière à la cohérence des signes.

Si les moyens d'enregistrement ne sont pas déjà installés de manière standard, il faudra prendre des dispositions pour pouvoir le faire pour la durée de la mesure de réception. À cet effet, on prendra en considération en principe des systèmes de mesure qui saisisseront soit directement les courants et les angles de déphasage, soit la tension et les puissances active et réactive.

Lorsque le courant est saisi directement, il suffit de mesurer le courant d'un seul conducteur de phase par terre ainsi que l'angle de déphasage. En outre, on ne saisira que la fréquence de base tandis que les ondes harmoniques sont filtrées.

Des différences entre les deux procédés de mesure, bien supérieures à l'incertitude de mesure des appareils, peuvent apparaître à faible charge, en particulier, lorsque les charges sont asymétriques, ou que d'autres ternes induisent des courants ou du fait de l'apparition d'ondes harmoniques ou d'autres couplages.

Les appareils de mesure installés déterminent souvent la valeur temporelle moyenne sur une période donnée (typiquement de 1 minute). Dans la mesure où la formation automatique de la moyenne n'est pas implémentée, on mesurera avec un fort taux de balayage et on effectuera ensuite la moyenne numérique pour la période considérée.

On peut, en général, renoncer à mesurer OK les courants des conducteurs de terre et ceux circulant dans les gaines.

L'incertitude de mesure liée aux courants doit être déterminée dans chaque cas. Si les courants sont déterminés par le biais de mesures de tension et de puissance, on se fondera sur les incertitudes qui leur sont liées pour déterminer l'incertitude liée aux courants. Lorsque les courants sont mesurés directement, on se fondera sur les données d'étalonnage ou les spécifications du système de mesure concerné. On ajoutera en outre une contribution fixe, prenant en compte l'incertitude liée à la formation de la moyenne temporelle des courants et les déviations éventuelles par rapport à la charge symétrique idéale des différentes phases. Pour cette contribution fixe on propose une valeur de  $\pm 2,5\%$ <sup>29</sup> (incertitude standard).

### 8.2.3 Détermination des positions des conducteurs et du lieu de mesure

Les coordonnées des conducteurs les unes par rapport aux autres ne doivent pas être mesurées ok mais peuvent être reprises des plans car leur précision est généralement suffisante. Une vérification n'est indiquée que si on constate des différences inexplicables entre la mesure et la modélisation de la densité de flux magnétique.

En revanche, la situation du lieu de mesure doit être déterminée par rapport aux conducteurs, c'est-à-dire la distance latérale et la différence de niveau.

Dans le cas des lignes aériennes, on utilise les procédés techniques de mesure usuels. Ils ne sont pas décrits ici en détail. L'objectif est de déterminer la distance directe entre les conducteurs et le lieu de mesure avec une incertitude de  $\pm 1\%$  au plus. Selon la position du lieu de mesure par rapport à la ligne électrique, on déterminera en outre la distance latérale ou la différence de niveau avec une précision plus grande. Cette détermination ne doit pas nécessairement être effectuée en même temps que la mesure des courants et de la densité de flux magnétique. Elle peut être décalée dans le temps

<sup>29</sup> Cette valeur sera, si nécessaire, adaptée dans le futur sur la base de l'expérience pratique.

aussi longtemps que les variations de la distance directe entre les conducteurs et le lieu de mesure, provoquées par des modifications de la flèche, restent inférieures à 1 %.

Dans le cas des lignes en câbles, on ne peut pas, en règle générale, déterminer la profondeur de pose de manière indépendante mais on la reprendra des plans originaux. Toutefois, pour ces lignes, la position latérale a plus d'importance dans la détermination de la distance directe au lieu de mesure. Si nécessaire, elle peut être déterminée par une mesure indicative de la densité de flux magnétique au-dessus de la ligne en câbles (section perpendiculaire à l'axe du câble).

L'incertitude liée à la détermination de la distance doit être indiquée.

#### 8.2.4 Mesure de la densité de flux magnétique

Lors du choix du lieu de la mesure de la densité de flux magnétique, on s'assurera qu'il n'existe aucune source d'influence parasite.

La densité de flux magnétique sera mesurée avec une résolution temporelle aussi élevée que possible.

La densité de flux magnétique sera mesurée sur la fréquence de base par sélection de fréquence. Les ondes harmoniques seront filtrées<sup>30</sup>.

Les appareils de mesure de la densité de flux magnétique rempliront les conditions suivantes :

- > mesure sélective sur les fréquences de 16,7 et 50 Hz, les ondes harmoniques étant filtrées ;
- > mesure de la valeur efficace aux fréquences citées ;
- > mesure isotrope<sup>31</sup> ;
- > surface efficace de la bobine : 100 cm<sup>2</sup> ;
- > résolution  $\leq 10$  nT dans le domaine de mesure 0–1  $\mu$ T ;
- > incertitude de mesure :  $\pm 5$  % au maximum<sup>32</sup>.

Les appareils de mesure de la densité de flux magnétique seront étalonnés tous les deux ans.

L'incertitude de mesure doit être indiquée. Elle est déterminée, d'une part, par l'étalonnage de l'appareil de mesure et, d'autre part, par les variations de la valeur mesurée durant l'intervalle d'évaluation.

<sup>30</sup> Cette condition ne peut être pleinement remplie dans le cas d'une installation comprenant aussi bien des câbles de 16,7 Hz que des câbles de 50 Hz. La troisième harmonique des câbles de 16,7 Hz pour le moins ne peut être techniquement séparée de la fréquence de base des câbles de 50 Hz.

<sup>31</sup> Un enregistrement séparé des différentes composantes de l'espace est avantageux mais pas nécessaire.

<sup>32</sup> À considérer comme écart maximal (distribution rectangulaire). Cela correspond à une incertitude standard de  $\pm 2,9$  % (voir annexe 6, chapitre A6-1)

La formation de la moyenne durant la période d'évaluation (voir ci-dessous) diminue certes la seconde des contributions à l'incertitude citées, mais ne l'élimine cependant pas complètement. Du point de vue statistique, elle sera introduite dans le calcul de l'incertitude globale sous la forme de l'écart-type  $\sigma_m$  lié à la moyenne. L'écart-type se calcule au moyen de la formule suivante :

$$\sigma_m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (B_i - \bar{B})^2}{n(n-1)}} \quad (7)$$

Signification des symboles :

$n$	nombre de mesures effectuées durant la période d'évaluation
$B_i$	résultat de la mesure $i$ de la densité de flux magnétique
$\bar{B}$	moyenne de la densité de flux magnétique pour la période d'évaluation
$\sigma_m$	écart-type de la moyenne de la densité de flux magnétique

Un exemple, accompagné d'explications, se trouve à l'annexe 6.

#### 8.2.5 Modélisation de la densité de flux magnétique pour le mode d'exploitation durant la mesure de réception

Sur la base de l'enregistrement de la densité de flux magnétique ainsi que des tensions/puissances ou des courants/angles de déphasage, on détermine a posteriori l'intervalle d'évaluation durant lequel la densité de flux magnétique était la plus stable et où tous les ternes étaient chargés de manière notable. Les courants déterminés sont moyennés sur cet intervalle de temps.

La modélisation de la densité de flux magnétique doit être effectuée avec le même modèle de ligne que celui qui a été utilisé pour le calcul de l'estimation du mode d'exploitation déterminant. Les grandeurs suivantes seront introduites dans le modèle :

- > les positions (relatives) des conducteurs conformément aux plans (celles-ci resteront ainsi conservées par rapport à la modélisation pour le mode d'exploitation déterminant) ;
- > les coordonnées du lieu de mesure déterminées par rapport aux conducteurs/câbles ;
- > le courant moyen, signe inclus, durant l'intervalle d'évaluation, pour chacun des conducteurs de phase ;
- > pour chaque conducteur de phase, la phase définie par le système conformément à la convention (cf. § 8.1.4), corrigée de la valeur de l'angle de déphasage mesuré et d'un éventuel déphasage fixe entre des ternes de tension différente.

Pour la détermination de l'incertitude du résultat du calcul, certains paramètres devront être déterminés en tenant compte des spécificités de la situation, d'autres seront pris en considération par le biais d'une contribution forfaitaire fixe. Cette dernière prend implicitement en compte toutes les approximations et simplifications du modèle de calcul, l'incertitude des positions (relatives) des conducteurs et d'autres conditions non

idéales qui ne peuvent pas être déterminées ou qui ne peuvent l'être que difficilement dans le cas d'espèce. Pour cette contribution forfaitaire, on propose une valeur de  $\pm 3\%$  pour les lignes aériennes et de  $\pm 6\%$  pour les lignes en câbles<sup>33</sup> (incertitude standard).

En revanche, on déterminera et on évaluera, selon chaque situation, les incertitudes des courants ainsi que les effets qu'elles exercent sur le résultat de la modélisation. La méthode est décrite en détail à l'annexe 6 et illustrée par un exemple.

### 8.2.6 Incertitude liée à la mesure de réception

Les mesures de la densité de flux magnétique, des courants, des positions des conducteurs et du lieu de mesure ainsi que le modèle pour le calcul de la densité de flux magnétique comportent nécessairement des incertitudes. Une correspondance entre une valeur mesurée et une valeur résultant d'un modèle ne peut, en principe, être attendue que dans les limites des incertitudes correspondantes. Pour cette raison, l'incertitude et l'effet qu'elle exerce sur la densité de flux magnétique devront être déterminés pour les paramètres les plus importants qui sont mesurés dans le cadre d'une mesure de réception. En outre, on ajoute à ces incertitudes à déterminer dans chaque cas particulier, une contribution forfaitaire prenant en compte les influences qui ne peuvent pas être déterminées ou qui ne peuvent l'être que difficilement.

Les causes de l'incertitude liée à une mesure de réception sont en particulier :

- > l'incertitude de l'étalonnage des appareils de mesure pour la densité de flux magnétique, la tension, les puissances active et réactive ou les courants ;
- > l'incertitude liée à la formation de la moyenne temporelle des grandeurs citées (écart-type de la moyenne) ;
- > les déviations par rapport à la charge symétrique idéale de tous les conducteurs d'un terme ;
- > l'incertitude liée à la détermination de la distance entre le lieu de mesure et les conducteurs ;
- > l'incertitude liée aux positions relatives des conducteurs entre eux ;
- > les approximations et simplifications implicites au modèle de calcul.

La présence de champs magnétiques étrangers à l'installation fausse la mesure de la densité de flux magnétique due à celle-ci. L'erreur ainsi induite n'est en revanche pas prise en compte dans l'incertitude (statistique). De telles erreurs systématiques seront en effet éliminées d'emblée par un choix approprié du lieu de mesure.

L'incertitude totale d'une mesure de réception résulte de la combinaison statistique correcte des contributions individuelles en admettant que celles-ci soient indépendantes les unes des autres. Une instruction détaillée liée à un exemple se trouve à l'annexe 6.

<sup>33</sup> Ces valeurs seront, si nécessaire, adaptées dans le futur sur la base de l'expérience pratique.

### 8.2.7 Validation du modèle de ligne

Pour la validation du modèle de ligne on compare la valeur mesurée à la valeur modélisée de la densité de flux magnétique en prenant en compte toutes les contributions à l'incertitude. Le modèle de ligne est considéré comme validé lorsque la différence entre les deux valeurs est inférieure à l'incertitude élargie totale de la mesure de réception.

Si l'installation comporte des ternes de 50 et de 16,7 Hz, la validation sera effectuée séparément pour chaque fréquence.

Si la différence est supérieure à l'incertitude élargie, cela indique que des erreurs sont intervenues lors de la détermination de la densité de flux magnétique. Les causes possibles sont diverses, elles peuvent être simples ou multiples. Citons par exemple :

- > la mesure de la densité de flux magnétique a pu être faussée, par exemple par des champs parasites ;
- > l'exploitation de la ligne a fortement varié durant la mesure ;
- > la charge de la ligne était trop faible durant la mesure ;
- > le modèle de ligne choisi peut représenter une approximation trop grossière de la situation (p. ex. une modélisation 2D au lieu d'une modélisation 3D nécessaire) ;
- > les positions effectives (relatives) des conducteurs peuvent être différentes de celles des plans ;
- > la position du lieu de mesure par rapport aux conducteurs peut avoir été mesurée avec des erreurs ;
- > l'ordre des phases du modèle de ligne ne peut pas correspondre à la réalité.

De telles différences doivent être expliquées et éliminées. À cet effet, on vérifiera aussi bien la mesure de la densité de flux magnétique et des paramètres liés à l'exploitation de la ligne électrique, la détermination de la position que le modèle de la ligne. Si nécessaire, on répétera la mesure de réception ou on adaptera le modèle de la ligne jusqu'à ce qu'on obtienne une correspondance à l'intérieur de l'incertitude de mesure.

### 8.2.8 Exigences posées au rapport de mesure

Le rapport de mesure concernant la mesure de réception doit être détaillé au point que toutes les étapes de la mesure, du traitement des résultats et de la modélisation puissent être comprises et reproduites.

### 8.2.9 Accréditation des laboratoires d'essai ou des organismes d'inspection

Les laboratoires de mesure peuvent faire admettre les mesures de réception au sens du chapitre 8.2 dans le domaine de validité de leur accréditation. Les mesures de réception comprennent les mesures de la densité de flux magnétique, la détermination des courants et de la position du lieu de mesure ainsi que la modélisation de la densité de flux magnétique par des modèles de calcul informatiques, déterminations des incertitudes correspondantes comprises.

### 8.3 Distance indicative pour le respect de la valeur limite de l'installation

#### 8.3.1 But

La méthode décrite dans le présent chapitre permet, lorsque les conducteurs sont disposés simplement, de vérifier le respect de la VLInst sans devoir modéliser la densité de flux magnétique dans le détail selon le chapitre 8.1. Il s'agit d'une évaluation approximative permettant de vérifier simplement et définitivement le respect de la VLInst dans le cas d'installations non critiques. Il en résulte une distance indicative  $r$ , pour laquelle la VLInst est respectée dans tous les cas. La méthode se fonde sur la situation la plus défavorable en ce qui concerne la disposition des conducteurs, les directions des flux de charge et l'ordre des phases, la distance indicative résultante n'est jamais inférieure à la distance qui résulterait d'une modélisation détaillée de la densité de flux magnétique selon le chapitre 8.1 et concernant la situation donnée. Il faut donc la comprendre comme une approximation quasi sûre.

#### 8.3.2 Champ d'application

Cette évaluation approximative permet de montrer que :

- > la VLInst est respectée dans un LUS ;
- > deux lignes électriques parallèles doivent être évaluées en tant que deux installations indépendantes.

La méthode n'est toutefois pas appropriée pour montrer que la VLInst est dépassée dans un LUS. Le dépassement ne peut être constaté de manière définitive que grâce à une modélisation détaillée de la densité de flux magnétique, effectuée selon le chapitre 8.1, ou que grâce à une mesure de réception (§ 8.2). La méthode n'est pas non plus appropriée pour montrer de façon définitive que deux lignes électriques parallèles constituent ensemble une seule installation. Pour le prouver, on utilisera la méthode de référence décrite au paragraphe 2.1.3 par laquelle les isolignes de  $1 \mu\text{T}$  des deux lignes individuelles sont modélisées en détail.

La méthode ne sera utilisée que si les conditions suivantes sont remplies :

- > installations comprenant deux ternes au maximum ;
- > courant thermique limite de 750 A au maximum ;
- > distance  $q$  entre les deux conducteurs d'un même terna les plus éloignés l'un de l'autre égale à 620 cm au maximum.

La distance  $q$  est illustrée à la figure 7 pour des dispositions de conducteurs typiques du réseau de 50 Hz. Pour les lignes en câbles, elle se situe en général en-dessous de 80 cm ; dans le cas des lignes aériennes, elle est typiquement supérieure à 1 m. Pour les lignes de 16,7 Hz des chemins de fer,  $q$  représente la distance entre les deux conducteurs d'un lacet.

### 8.3.3 Distance indicative

La distance indicative  $r$  pour des lignes électriques à un et deux ternes se trouve ci-après (tableaux 2 et 3). Elle est valable pour les lignes aériennes et les lignes en câbles.

Si le courant thermique limite relatif aux deux ternes d'une installation est différent d'un terne à l'autre, on indiquera la valeur la plus élevée. Si la distance  $q$  concernant deux conducteurs d'un même terne n'est pas la même pour les deux ternes, on utilisera, là aussi, la valeur la plus élevée.

La valeur indicative sera mesurée à partir du centre de gravité du terne concerné. Si la distance directe entre un LUS et le centre de gravité du terne le plus proche est supérieure à la distance indicative, la VLInst est respectée avec certitude dans ce LUS.

**Tab. 2** > Lignes à un terne.

*Distance indicative  $r$  pour le respect de la valeur limite de l'installation.*

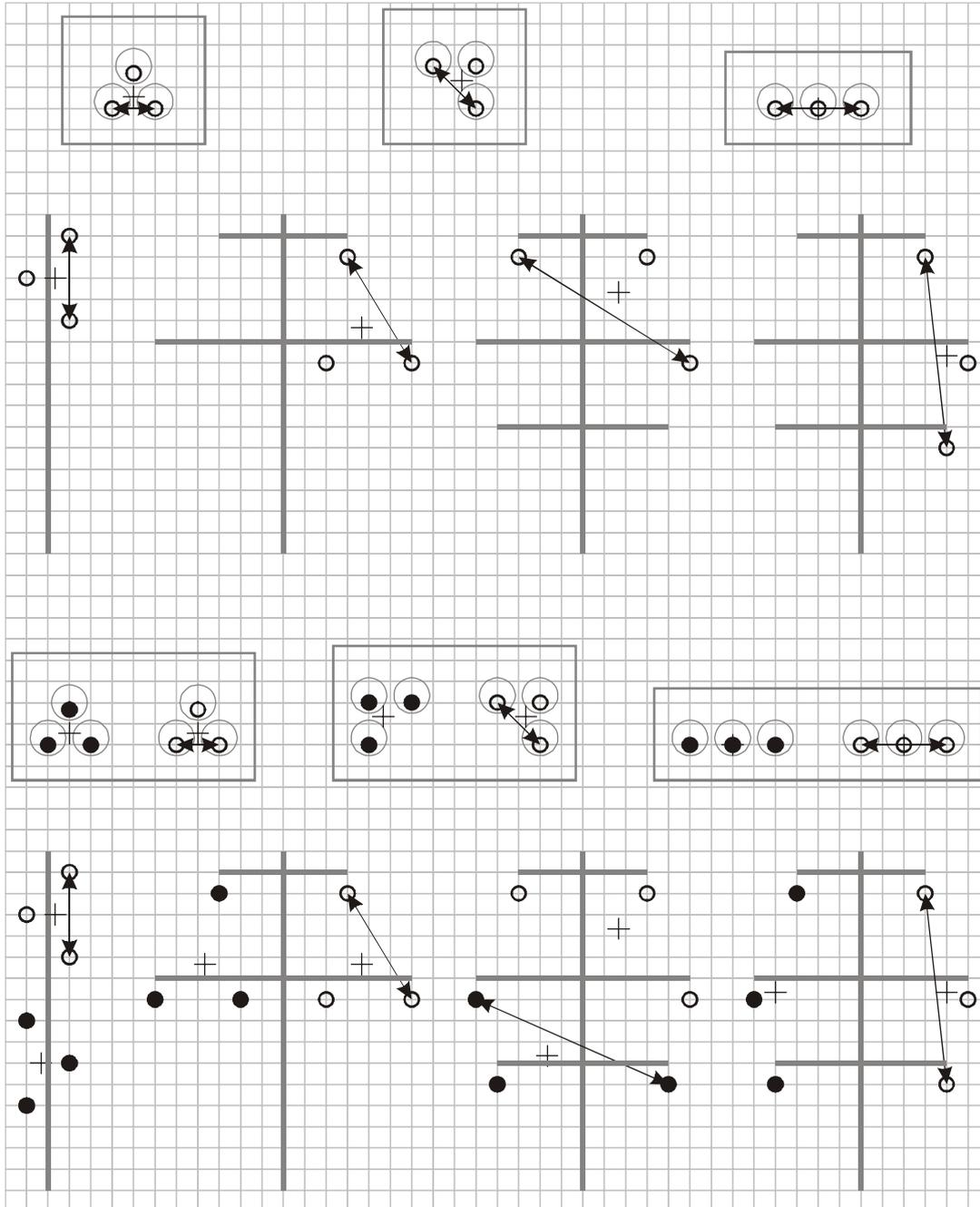
Distance maximale $q$ entre 2 conducteurs	Courant thermique limite				
	jusqu'à 100 A	101 à 225 A	226 à 400 A	401 à 625 A	626 à 750 A
jusqu'à 20 cm	2,4 m	3,6 m	4,8 m	6,0 m	6,6 m
21 à 40 cm	3,2 m	4,8 m	6,4 m	8,0 m	8,8 m
41 à 60 cm	4,0 m	6,0 m	8,0 m	10,0 m	11,0 m
61 à 80 cm	4,6 m	6,9 m	9,2 m	11,5 m	12,7 m
81 à 100 cm	5,0 m	7,5 m	10,0 m	12,5 m	13,8 m
101 à 200 cm	7,0 m	10,5 m	14,0 m	17,5 m	19,3 m
201 à 400 cm	10,0 m	15,0 m	20,0 m	25,0 m	27,5 m
401 à 620 cm	12,5 m	18,8 m	25,0 m	31,3 m	34,4 m

**Tab. 3** > Lignes à deux ternes.

*Distance indicative  $r$  pour le respect de la valeur limite de l'installation.*

Distance maximale $q$ entre 2 conducteurs du même terne	Courant thermique limite				
	jusqu'à 100 A	101 à 225 A	226 à 400 A	401 à 625 A	626 à 750 A
jusqu'à 20 cm	3,2 m	4,8 m	6,4 m	8,0 m	8,8 m
21 à 40 cm	4,6 m	6,9 m	9,2 m	11,5 m	12,7 m
41 à 60 cm	5,6 m	8,4 m	11,2 m	14,0 m	15,4 m
61 à 80 cm	6,4 m	9,6 m	12,8 m	16,0 m	17,6 m
81 à 100 cm	7,0 m	10,5 m	14,0 m	17,5 m	19,3 m
101 à 200 cm	10,0 m	15,0 m	20,0 m	25,0 m	27,5 m
201 à 400 cm	14,0 m	21,0 m	28,0 m	35,0 m	38,5 m
401 à 620 cm	17,5 m	26,3 m	35,0 m	43,8 m	48,2 m

Fig. 7 > Paramètre de distance  $g$  pour des dispositions des conducteurs de 3 phases typiques.



- position des conducteurs du terne1
- position des conducteurs du terne2
- + centre de gravité d'un terne

## 8.4 Détermination de l'ordre des phases optimal

### 8.4.1 Généralités

Si une installation comprend deux ternes ou plus, de même fréquence, les champs électrique et magnétique peuvent se renforcer ou se compenser partiellement selon l'ordre des phases.

L'optimisation de l'ordre des phases relativement au champ magnétique n'est possible que si les directions des flux de charge de deux ternes au moins sont couplées. Lorsque les directions des flux de charge ne sont pas couplées, on considérera que tous les ordres des phases sont équivalents. Dans le cas des lignes à un terna, il n'est pas possible d'optimiser les phases.

En règle générale, l'ordre des phases sera optimisé pour un champ magnétique minimal en dehors du tracé de la ligne électrique. Pour la plupart des lignes, l'ordre des phases optimal pour le champ magnétique l'est également pour le champ électrique. Ce qui ne se vérifie toutefois pas lorsque deux ternes présentent des directions des flux de charge contraires. L'ordre des phases réduisant le champ magnétique renforce dans ce cas le champ électrique et inversement. Aussi longtemps que la valeur limite d'immissions est respectée pour l'intensité de champ électrique, cela ne présente pas de problèmes ; dans ce cas, on optimisera l'ordre des phases en principe par rapport au champ magnétique. Pour certaines lignes de 380 kV et de 220 kV présentant des flux de charge contraires, cela pourrait aboutir à un conflit entre le respect de la valeur limite d'immissions pour l'intensité de champ électrique et la minimisation du champ magnétique. On procédera alors à une observation de l'ensemble. On tentera, dans les limites de ce qui est techniquement possible et économiquement supportable, de remplir les deux exigences – respect de la valeur limite d'immissions et minimisation du champ magnétique.

Lors de l'optimisation des phases, on prêtera une attention particulière à d'éventuels déphasages fixes entre deux ternes de tensions différentes du réseau à 50 Hz. Certains des transformateurs provoquent en effet un déphasage fixe de 150 ou 330 degrés entre la partie haute tension et la partie basse tension. Pour l'optimisation de l'ordre des phases, on peut en première approximation considérer un déphasage de 150 degrés comme équivalent à des directions des flux de charge contraires et un déphasage de 330 degrés comme parallèles. Si toutefois l'ordre des phases optimal est déterminé par le biais d'une modélisation du champ magnétique, on utilisera, dans le modèle, les phases effectives.

Si une installation comprend des ternes de fréquences différentes (50 et 16,7 Hz), on n'optimisera les uns par rapport aux autres que les ternes de même fréquence. Par la suite, une paire de ternes est toujours comprise comme une paire de même fréquence.

Certains ordres de phases produisent une répartition asymétrique du champ magnétique par rapport à l'axe de la ligne. Cette situation peut, en principe, être utilisée pour

réduire quelque peu la densité de flux magnétique d'un côté de la ligne afin de pouvoir respecter la VLInst en un LUS critique. Cependant, de telles optimisations ponctuelles conduisent en général à une augmentation du champ magnétique de l'autre côté de la ligne. On ne les utilisera donc que s'il est garanti que de l'autre côté de la ligne il n'y a pas et qu'il n'y aura pas de LUS à une distance significative.

#### 8.4.2 Deux ternes de même fréquence

Si les flux de charge des deux ternes sont soit parallèles soit antiparallèles, il existe un ordre des phases optimal. Pour les configurations standard de lignes électriques, on peut reprendre l'ordre des phases optimal de collecte d'exemples actuels<sup>34</sup>. Pour d'autres silhouettes de mât, il devra être déterminé au cas par cas par modélisation du champ magnétique pour tous les ordres de phase. Ce faisant, on se souviendra qu'il faut minimiser la densité de flux magnétique *en dehors* du tracé de la ligne. Une modélisation 2D est suffisante pour cette optimisation. Cette procédure d'optimisation est déjà partiellement implémentée dans les programmes de calcul disponibles dans le commerce.

Si les directions des flux de charge des deux ternes ne sont pas couplées, il n'existe pas d'ordre des phases optimal.

#### 8.4.3 Trois ternes ou plus de même fréquence

L'ordre des phases optimal sera déterminé par modélisation systématique du champ magnétique pour toutes les combinaisons indépendantes des ordres des phases. On utilisera à cet effet les courants déterminants et les directions des flux de charge correspondant au mode d'exploitation déterminant et on optimisera la densité de flux magnétique pour le domaine situé *en dehors* du tracé de la ligne. Une modélisation 2D est suffisante pour cette optimisation. Cette procédure d'optimisation est déjà partiellement implémentée dans les programmes de calcul disponibles dans le commerce<sup>35</sup>.

La méthode d'optimisation décrite peut conduire, dans certains cas d'exploitation réelle de l'installation, à des surprises désagréables. En particulier, lorsque certains ternes sont durablement fortement chargés alors que d'autres le sont beaucoup moins, l'effet de compensation du champ magnétique apparaissant dans la modélisation est perdu. La densité de flux magnétique peut, de ce fait, être durablement plus élevée que la valeur modélisée pour le mode d'exploitation déterminant. Alors que pour les lignes à deux ternes il n'existe pas de possibilité d'amélioration dans ce cas, on peut, pour les lignes à trois ternes et plus, prendre en considération un autre ordre des phases, non fondé sur le mode d'exploitation déterminant, mais prenant en compte la charge durablement inégale des ternes. Pour répondre à la préoccupation élémentaire de minimiser le champ magnétique, il est permis voire souhaité de s'éloigner de la lettre stricte de

<sup>34</sup> Site internet OFEV, [www.bafu.admin.ch/elektrosmog/01100/01108/04391/index.html?lang=fr](http://www.bafu.admin.ch/elektrosmog/01100/01108/04391/index.html?lang=fr)

<sup>35</sup> Cette méthode est valable à condition qu'aucun terne ne soit totalement découplé de tous les autres en ce qui concerne la direction des flux de charge. Si cela devait exceptionnellement ne pas être le cas, on déterminerait l'ordre des phases optimal en premier lieu pour les ternes couplés. En principe, l'ordre des phases du terne non couplé est libre ; il est toutefois recommandé de l'optimiser par analogie aux lignes à deux ternes non couplés pour les périodes de forte charge de ce terne.

l'ORNI et d'optimiser, exceptionnellement, l'ordre des phases pour des conditions d'exploitation réelles. Des évaluations faites à ce propos doivent être indiquées dans la fiche de données spécifique au site ou sur le formulaire de notification « Évaluation de la nécessité d'assainir une ancienne ligne à haute tension ».

#### 8.4.4 Aspects de grande envergure

Les méthodes d'optimisation des phases décrites dans les paragraphes 8.4.2 et 8.4.3 considèrent toujours l'installation à optimiser pour elle-même. Cela est justifié lorsqu'une installation comprend, sur toute la distance entre deux sous-stations, les mêmes ternes dans la même configuration. Dans la pratique, ceci ne se vérifie cependant pas toujours. Il est en effet tout à fait possible qu'entre deux sous-stations certains ternes dévient sur des lignes électriques qui leur sont propres et qu'elles s'y combinent avec d'autres ternes qui, quant à eux, sont combinés ailleurs encore avec d'autres ternes. Lorsque des ternes sont disposés de cette manière, l'optimisation de l'ordre des phases sur un tronçon de ligne peut, en principe, avoir des effets négatifs sur des tronçons voisins. Dans ce cas, on procédera à une observation de l'ensemble incluant tous les LUS concernés<sup>36</sup>. Pour autant que cela soit techniquement possible, on réalisera un ordre des phases optimal sur tous les sous-tronçons. Si cela n'est pas possible, on optimisera par priorité les ternes étroitement couplés lors de l'exploitation, c'est-à-dire les ternes conduisant des courants comparables et plutôt élevés.

### 8.5 Détermination des périmètres de légitimation et d'examen

#### 8.5.1 Détermination du périmètre de légitimation

Le périmètre de légitimation est un corridor situé de part et d'autre d'une ligne électrique, symétrique par rapport à l'axe de la ligne. Sa largeur ne dépend que de la disposition des conducteurs et des courants déterminants (selon le § 2.4.1) et non pas de l'ordre des phases et des directions des flux de charge effectifs. La largeur est déterminée ainsi :

- > tout d'abord on détermine, à l'aide d'un modèle 2D, pour les courants déterminants (§ 2.4.1) et l'ordre des phases optimal (§ 8.4), l'isoligne de  $1 \mu\text{T}$  située dans le plan perpendiculaire à l'axe de la ligne ;
- > ensuite, on détermine l'éloignement latéral maximal  $d$  de l'isoligne de  $1 \mu\text{T}$  par rapport à l'axe de la ligne ;
- > la distance de légitimation équivaut au double de la distance  $d$ , toutefois à 20 m au moins. Elle est mesurée horizontalement à partir de l'axe de la ligne et s'applique des deux côtés de celle-ci, symétriquement par rapport à l'axe de la ligne. Le corridor qui en résulte constitue le périmètre de légitimation. Des exemples se trouvent aux figures 8 et 9.

<sup>36</sup> Un critère de décision possible est constitué par la somme des densités de flux magnétique de tous les LUS dans lesquels la VLInst est dépassée à l'état d'exploitation déterminant. Lorsque les LUS concernés sont de grandeurs très différentes et d'utilisations très diverses, on peut en outre pondérer au moyen de l'intensité d'utilisation (nombre de personnes ; durée de séjour).

Si l'isoligne de  $1 \mu\text{T}$  n'est pas symétrique par rapport à l'axe de la ligne, on applique tout de même la distance de légitimation trouvée des deux côtés de la ligne et de manière symétrique. Un exemple pour une ligne aérienne de 220/380 kV se trouve à la figure 10.

Certaines portées dans lesquelles s'effectue le passage entre deux silhouettes de pylônes constituent un cas particulier. Pour une telle portée, on appliquera le périmètre de légitimation le plus large des deux portées adjacentes. Un exemple se trouve à la figure 11.

Dans le cas de lignes électriques parallèles, le périmètre de légitimation est déterminé séparément pour chaque ligne, que ces lignes soient ou non considérées comme distinctes au sens de l'ORNI. Le périmètre de légitimation global résulte alors du recouvrement des corridors individuels déterminés pour chaque ligne. Un exemple se trouve à la figure 12.

Le périmètre de légitimation sera inscrit sur le plan d'ensemble et, si possible, aussi sur les plans de situation de la ligne électrique.

Le périmètre de légitimation peut également être déterminé, dans le cas de lignes électriques simples, à l'aide de la distance indicative  $r$  selon le chapitre 8.3. Cette méthode simple n'est applicable qu'à des lignes à un ou deux ternes remplissant les conditions du paragraphe 8.3.2 en ce qui concerne le courant thermique limite et la disposition des conducteurs. Dans ce cas, on utilise comme distance latérale  $d$  (fig. 8 à 12), la distance indicative selon le paragraphe 8.3.3. La distance de légitimation – latéralement à partir de l'axe de la ligne – correspond alors au double de la distance indicative, toutefois à 20 mètres au moins.

**Fig. 8 > Détermination des périmètres de légitimation et d'examen à l'exemple d'une ligne en câbles de 110 kV (plan vertical).**

*Explications dans le texte.*

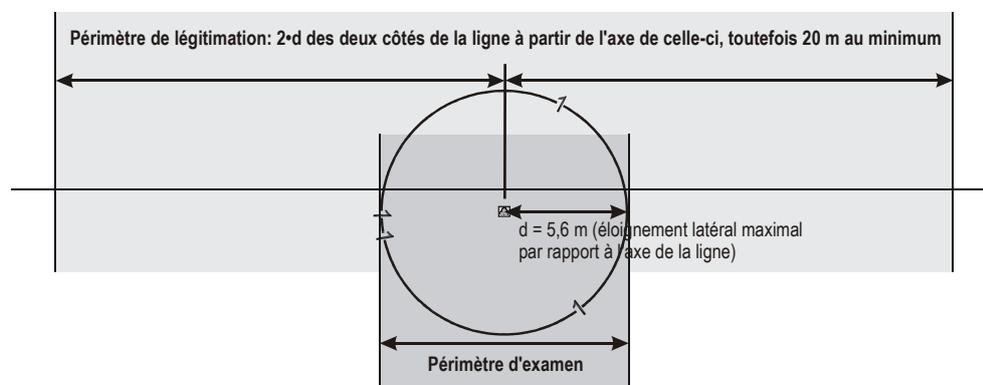


Fig. 9 > Détermination des périmètres de légitimation et d'examen à l'exemple d'une ligne aérienne de 380 kV présentant une isoligne de  $1\mu\text{T}$  symétrique (plan vertical).

Explications dans le texte.

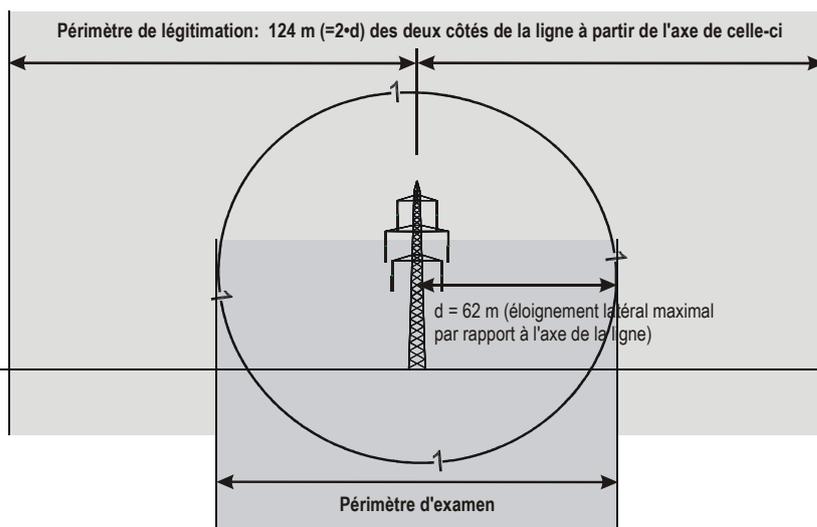
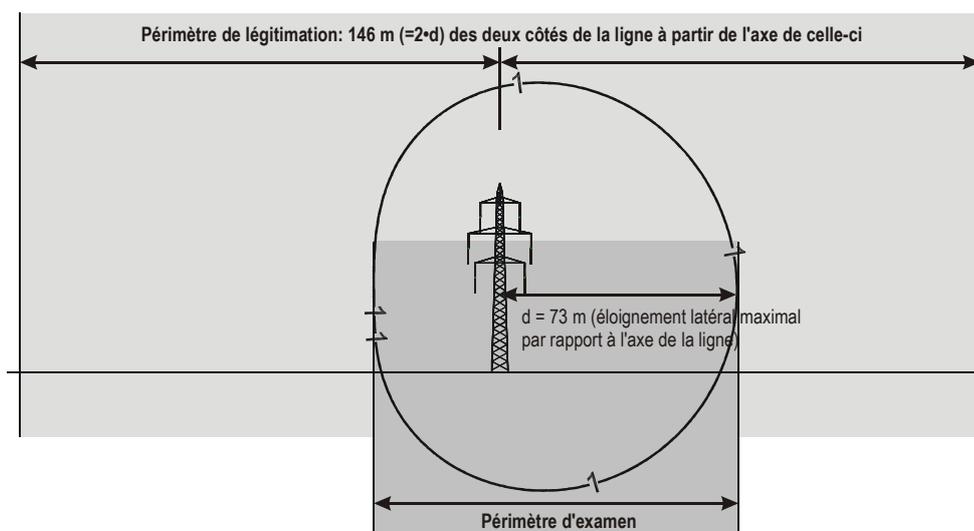


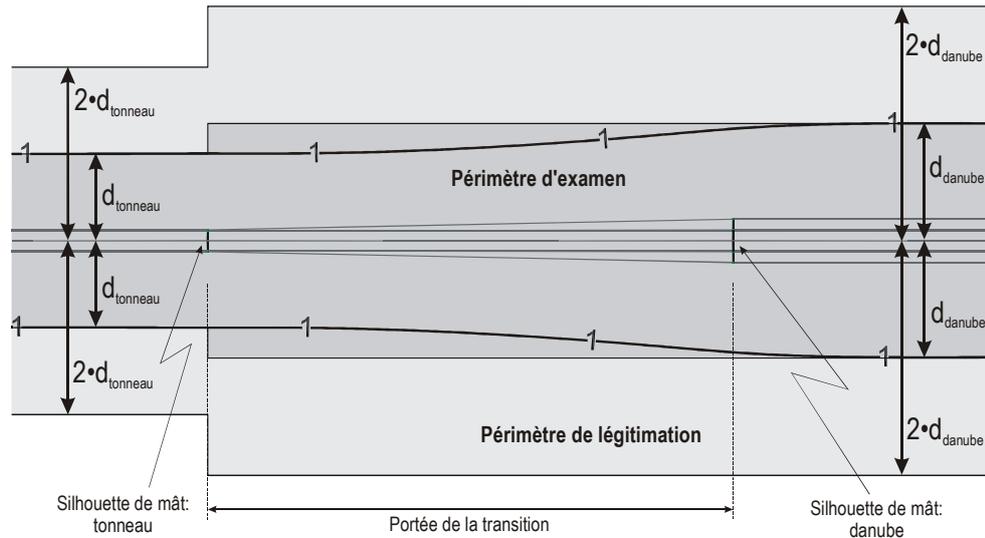
Fig. 10 > B Détermination des périmètres de légitimation et d'examen à l'exemple d'une ligne aérienne de 220/380 kV présentant une isoligne de  $1\mu\text{T}$  non symétrique (plan vertical).

Explications dans le texte.



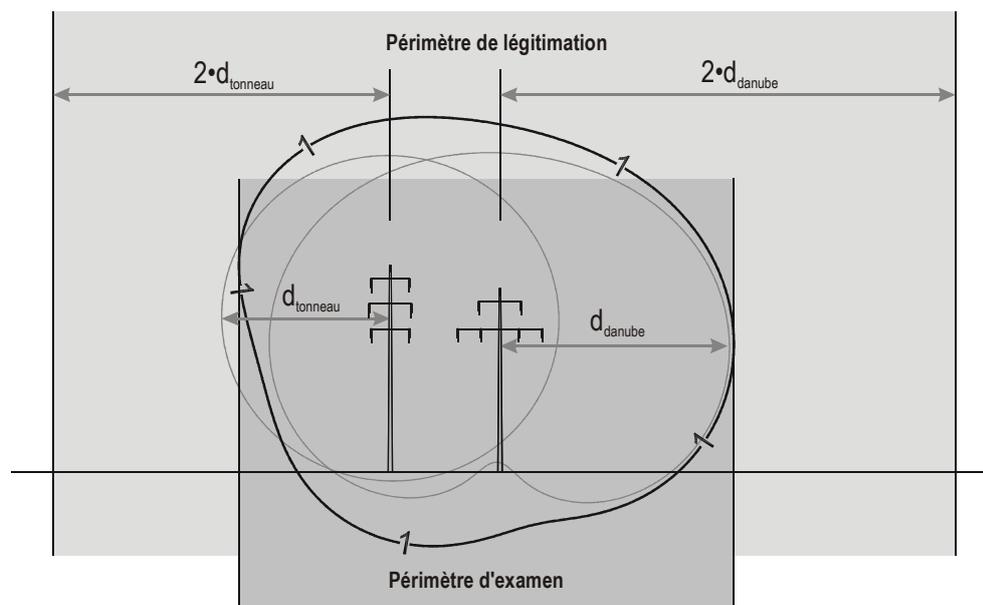
**Fig. 11** > Détermination des périmètres de légitimation et d'examen lors du passage d'une disposition des conducteurs à une autre (ligne aérienne ; plan horizontal).

*Explications dans le texte.*



**Fig. 12** > Détermination des périmètres de légitimation et d'examen de deux lignes parallèles considérées comme une seule installation (plan vertical).

*Explications dans le texte.*



## 8.5.2 Détermination du périmètre d'examen

Le périmètre d'examen est le domaine situé de part et d'autre d'une ligne électrique dans lequel la VLInst dans le mode d'exploitation déterminant peut être atteinte ou dépassée selon le niveau au-dessus ou en-dessous du sol. Sa limitation est déterminée par projection de l'isoligne de  $1 \mu\text{T}$  (ou de l'isosurface de  $1 \mu\text{T}$ ) sur le sol. Cette isoligne de  $1 \mu\text{T}$  est, dans la plupart des cas, identique à celle déjà modélisée pour la détermination du périmètre de légitimation (§ 8.5.1). On obtient des isolignes différentes uniquement dans le cas de lignes parallèles et dans les cas où l'ordre des phases n'est pas optimal dans le mode d'exploitation déterminant.

Pour un sous-tronçon de ligne présentant, conformément à la définition (cf. annexe 1, § A1-1 et A1-2), les mêmes ternes, le même mode d'exploitation déterminant et la même disposition géométrique des conducteurs (lignes aériennes : même silhouette de mât) sur toute sa longueur, on ne calculera qu'une seule isoligne de  $1 \mu\text{T}$ . Une modélisation 2D, effectuée au sens du paragraphe 8.1.4 suffit en général pour ce faire. La projection de cette isoligne sur le sol définit les limites du périmètre d'examen. Celui-ci a la même largeur tout le long du tronçon considéré. Il ne doit pas nécessairement être symétrique par rapport à l'axe de la ligne. Pour une ligne aérienne, des exemples se trouvent aux figures 9 et 10, pour une ligne en câbles à la figure 8.

Pour des sous-tronçons de ligne auxquels on ne peut appliquer une modélisation 2D (voir § 8.1.4), l'isosurface de  $1 \mu\text{T}$  doit en général être calculée avec un modèle 3D et être projetée sur le sol. Dans les cas suivants, cela peut être simplifié :

- > au niveau d'un changement de direction, le périmètre d'examen correspond à la surface grise de la figure 6 ;
- > dans le cas d'une portée d'une ligne aérienne, dans laquelle se situe le passage d'une silhouette de mât à une silhouette différente, on peut reprendre le périmètre d'examen le plus large des deux portées adjacentes. Un exemple se trouve à la figure 11.

Dans le cas de lignes parallèles constituant une seule installation au sens du paragraphe 2.1.3, il n'existe qu'un seul périmètre d'examen, contrairement à la démarche pour la détermination du périmètre de légitimation (§ 8.5.1). Il est déterminé sur la base de l'isoligne de  $1 \mu\text{T}$  de l'ensemble de l'installation en prenant en compte les directions des flux de charge dans le mode d'exploitation déterminant et l'ordre des phases actuel. Un exemple se trouve à la figure 12. Dans le cas de lignes électriques parallèles, considérées comme deux installations distinctes, il existe également deux périmètres d'examen indépendants.

Le périmètre d'examen sera indiqué sur les plans d'ensemble et de situation de la ligne.

## 8.6 Détermination de la combinaison des directions des flux de charge déterminante

### 8.6.1 Généralités

Le présent paragraphe décrit de quelle façon peut être établie la combinaison des directions des flux de charge déterminante de deux ternes de même fréquence (parallèle ou antiparallèle ; § 2.4.2). La méthode de référence est celle de l'évaluation statistique décrite au paragraphe 8.6.2. Elle sera utilisée aux conditions d'exploitation suivantes :

Sur l'un des ternes ou sur les deux, le flux de charge change de direction de manière périodique ou non, les caractéristiques étant par ailleurs les suivantes :

- > les périodes de flux parallèles et de flux contraires sont à peu près aussi fréquentes les unes que les autres ; ou
- > les périodes de flux parallèles dominent certes en termes de temps, mais les ternes sont nettement plus chargés lors des rares périodes de flux contraires ; ou
- > les périodes de flux contraires dominent certes en termes de temps, mais les ternes sont nettement plus chargés lors des rares périodes de flux parallèles.

Dans de nombreux cas, en particulier lorsqu'aucun changement de direction ne survient sur aucun des ternes, la méthode d'évaluation statistique est inutile. La combinaison des directions des flux de charge déterminante est déjà clairement connue par les directions des flux de charge des deux ternes.

Cependant, chaque fois que les conditions ne sont pas très claires, il est indiqué d'utiliser la méthode d'évaluation statistique. Celle-ci ne permet toutefois pas de clarifier forcément toute situation. Le résultat de l'évaluation statistique peut également être que les directions des flux de charge ne soient pas couplées, c'est-à-dire que les exploitations en flux parallèles et antiparallèles – en prenant en compte la charge correspondante – soient à peu près également représentées. En principe, cette constatation ne sera faite que sur la base de l'évaluation statistique et non pas sur celle d'une estimation purement qualitative.

### 8.6.2 Évaluation statistique des données relatives aux flux de charge de deux ternes

Pour cette analyse, deux séries chronologiques de courants d'exploitation, signes inclus, sont nécessaires, une pour chacun des deux ternes. Ces séries doivent être synchronisées par rapport au temps et aux intervalles entre les différentes valeurs. Durant la phase de planification, de telles séries doivent être simulées. Pour l'évaluation de l'exploitation réelle d'une ligne électrique, on se fondera sur des mesures à long terme des paramètres de l'exploitation.

Le signe indique la direction du flux de charge et il est très important à ce titre. On veillera à une utilisation cohérente de la convention des signes à propos des ternes

considérés. On y prêtera une attention particulière lorsque l'installation comprend des ternes de plusieurs détenteurs.

Ces séries chronologiques sont soumises à une régression linéaire, la droite de régression passant par le point zéro. Parmi les résultats, on n'utilisera par la suite que le coefficient de corrélation  $k$ . Celui-ci est calculé comme suit :

$$k = \frac{\sum_t (I_{1,t} \cdot I_{2,t})}{\sqrt{\left(\sum_t I_{1,t}^2\right) \left(\sum_t I_{2,t}^2\right)}} \quad (8)$$

Signification des symboles :

- $I_{1,t}$  courant du terna 1 à l'instant  $t$  (signe inclus)
- $I_{2,t}$  courant du terna 2 à l'instant  $t$  (signe inclus)
- $k$  coefficient de corrélation

La valeur et le signe de  $k$  déterminent si les flux de charge sont parallèles, antiparallèles ou non couplés :

- >  $k > 0,2$  : flux parallèles
- >  $k < -0,2$  : flux antiparallèles
- >  $k$  entre  $-0,2$  et  $0,2$  : directions des flux de charge non couplées

Une application EXCEL dans laquelle cette évaluation est programmée (mode d'emploi inclus) se trouve prête au téléchargement sur le site de l'OFEV ([www.bafu.admin.ch/elektrosmog/01100/01108/04391/index.html?lang=fr](http://www.bafu.admin.ch/elektrosmog/01100/01108/04391/index.html?lang=fr)). Ce programme calcule non seulement les coefficients de corrélation mais aussi le 98<sup>e</sup> pourcentile du courant pour chacun des ternes. Cette grandeur est utile lorsqu'il s'agit de vérifier si une limitation de courant est respectée.

À l'annexe 5 se trouvent deux exemples illustrant la procédure sur la base d'évolution de courants sur 24 heures et concernant deux ternes.

### 8.6.3 Estimation au cours de la phase de planification

Si l'on suppose que, durant une période assez longue, une des conditions citées au paragraphe 8.6.1 puisse survenir, il est indiqué d'utiliser la méthode d'évaluation statistique dès la phase de planification. À cet effet, il faut simuler des conditions de flux de charge typiques pour autant que cela soit d'emblée possible. La période à simuler dépend de la nature de l'exploitation attendue pour les ternes concernés. Si l'on s'attend à des évolutions journalières périodiques se différenciant peu de jour en jour, une simulation pour une période de 24 heures typique suffit. Les valeurs seront simulées à des intervalles de temps égaux durant la période considérée.

#### 8.6.4 Détermination sur la base d'enregistrements de données d'exploitation

L'autorité d'approbation des plans peut, dans des cas d'espèce, ordonner l'enregistrement et l'évaluation des courants d'exploitation. La mesure des courants ou des tensions, des puissances active et réactive ainsi que les calculs nécessaires seront effectués au sens du paragraphe 8.2.2. Ces grandeurs seront enregistrées en continu durant une année et agrégées en des moyennes horaires. Une série complète portant sur une année comprend donc 8760 moyennes horaires du courant (signes compris) pour chaque terme. L'évaluation statistique, au sens du paragraphe 8.6.2, sera effectuée au moyen de ces séries.

### 8.7 Détermination de l'intensité de champ électrique

#### 8.7.1 But

On déterminera la valeur efficace de l'intensité de champ électrique pour le mode d'exploitation pour lequel elle est la plus élevée. Ce faisant, on montre que la valeur limite d'immissions pour l'intensité de champ électrique est respectée ou dépassée.

#### 8.7.2 Méthodes

L'intensité de champ électrique sous les lignes aériennes peut, en principe, être mesurée ou modélisée au moyen de programmes informatiques. La mesure de champs électriques basse fréquence est très sensible aux influences parasites. De manière générale, on ne dispose que de peu d'expérience pratique en la matière. Au vu des connaissances actuelles, des mesures de l'intensité de champ électrique ne sont donc pas recommandées de manière générale. Lorsque de telles mesures sont effectuées, elles n'ont pour l'instant qu'un caractère indicatif. La détermination de l'intensité de champ électrique s'effectue donc dans l'immédiat exclusivement par modélisation.

#### 8.7.3 Mode d'exploitation EMax

Comme indiqué au chapitre 3.2, c'est la valeur efficace de l'intensité de champ électrique (temporelle et locale) la plus élevée qui est déterminante pour le respect de la valeur limite d'immissions. L'intensité de champ électrique doit donc être déterminée pour le lieu et le mode d'exploitation pour lesquels on obtient la valeur la plus élevée. Ce mode d'exploitation est désigné ci-après comme mode d'exploitation avec l'intensité de champ électrique maximale (mode d'exploitation EMax). Il peut être facilement traité par une modélisation RNI ; toutefois, lors d'une mesure, on n'obtiendrait la valeur maximale temporelle que par hasard car l'exploitation de la ligne ne peut pas être influencée aux fins d'une mesure.

On est en présence du mode d'exploitation EMax lorsque

- > la tension d'exploitation est la plus élevée ;
- > la flèche des conducteurs est la plus grande ;

Certains ternes sont déclenchés pour certains ordres des phases :

- > L'intensité de champ électrique est directement proportionnelle à la tension de la ligne pour une configuration des conducteurs donnée. On fait la distinction entre la tension nominale et la tension d'exploitation maximale<sup>37</sup>, la ligne étant en règle générale exploitée peu en-dessous de la tension d'exploitation maximale. Dans le cas des lignes de 380 kV, la tension nominale est de 380 kV, la tension d'exploitation maximale de 420 kV. Lors de la modélisation de l'intensité de champ électrique, on utilisera la tension d'exploitation maximale.
- > L'intensité de champ électrique sous une ligne électrique augmente lorsque la flèche des conducteurs augmente. Lors de sa modélisation, on utilisera les positions des conducteurs conformément aux profils en long approuvés ou déposés pour approbation.
- > Dans le cas de lignes à deux ternes, les champs électriques des ternes individuels se compensent ou se renforcent en fonction de l'ordre des phases des ternes individuels. Si, pour un ordre des phases entraînant une compensation, on met un terne hors tension ou si on l'exploite à une tension plus faible, l'effet de compensation disparaît totalement ou partiellement et l'intensité de champ électrique devient plus élevée que si les deux ternes étaient sous tension.

Lors de la modélisation de l'intensité de champ électrique provenant de lignes à deux ternes dont l'ordre des phases provoque un effet de compensation pour le champ électrique, on admettra que l'un des ternes est hors tension. Dans le cas de lignes à plus de deux ternes, l'ordre des phases provoquant un effet de compensation, on admettra qu'un ou plusieurs ternes sont hors tension. Les ternes correspondants seront choisis de telle manière qu'au lieu désigné pour la modélisation on obtienne l'intensité de champ électrique la plus élevée.

#### 8.7.4 Lieu choisi pour la détermination

On déterminera l'intensité de champ électrique dans le lieu accessible dans lequel elle est la plus élevée. Les lieux considérés comme accessibles sont précisés au chapitre 2.8. Ce maximum local se trouve à l'extérieur, en règle générale, directement sous la ligne électrique, là où la distance entre la ligne et le sol est la plus faible<sup>38</sup>. Sur terrain plat, la détermination s'effectuera au milieu de la portée entre deux pylônes ; sur terrain accidenté, on déterminera le point à l'aide des plans (profils en long).

L'intensité de champ électrique sera déterminée à l'extérieur à une hauteur de 1 m au-dessus d'un terrain accessible.

<sup>37</sup> cf. annexe 3 de l'ordonnance sur le courant fort

<sup>38</sup> Cela est valable lorsqu'aucun bâtiment ou autre structure élevée accessible ne se trouve sous la ligne ou à proximité immédiate de celle-ci. Si cela devait être exceptionnellement le cas, le lieu où l'intensité de champ électrique est la plus élevée se trouverait éventuellement sur un tel bâtiment (p. ex. balcon, terrasse en attique). A l'intérieur des bâtiments, en revanche, le champ électrique est nettement affaibli si bien qu'il n'est pas nécessaire d'y déterminer l'intensité de champ électrique dans chaque cas.

### 8.7.5 Modélisation de l'intensité de champ électrique

L'intensité de champ électrique est modélisée pour une hauteur de 1 mètre au-dessus du sol au moyen de programmes informatiques prenant en compte les normes techniques correspondantes<sup>39</sup> et est présentée en tant que coupe transversale. En règle générale, une modélisation 2D suffit. Les conducteurs de terre seront pris en compte dans la modélisation. Comme conditions d'exploitation on utilisera celles du mode d'exploitation EMax selon le paragraphe 8.7.3. Les ternes admis comme hors tension dans le mode d'exploitation EMax doivent être pris en compte dans la modélisation et modélisés comme étant mis à la terre.

On pourra renoncer à une modélisation détaillée de la topographie. Un terrain incliné sera représenté approximativement par un plan incliné correspondant à l'inclinaison du terrain au lieu d'examen. La végétation éventuelle n'est pas modélisée.

Des profils d'intensité de champ pour des configurations standard de lignes aériennes se trouvent sur le site de l'OFEV<sup>40</sup>.

Si l'intensité de champ électrique modélisée pour le LSM le plus chargé est inférieure ou égale à la VLI, celle-ci est considérée comme respectée. Sinon elle est dépassée.

Le traitement des cas particuliers, p. ex. des bâtiments à côté ou en-dessous de la ligne électrique ou des terrains accidentés (crêtes), est mis en attente jusqu'à ce que le besoin en soit prouvé.

<sup>39</sup> P. ex. DIN/VDE 0848-1, 2000-8 : Sicherheit in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern ; Teil 1 : Definitionen, Mess- und Berechnungsverfahren, chapitre 5.1.

<sup>40</sup> [www.bafu.admin.ch/elektrosmog/01100/01108/04391/index.html?lang=fr](http://www.bafu.admin.ch/elektrosmog/01100/01108/04391/index.html?lang=fr)

## > Annexe 1

### A1 **Fiche de données spécifique au site concernant les lignes à haute tension**

#### A1-1 **Structure de la fiche de données spécifique au site**

La fiche de données spécifique au site est utilisée lorsqu'une installation doit être construite ou lorsqu'une installation existante doit être modifiée au sens de l'ORNI. Les définitions correspondantes se trouvent aux chapitres 2.5 (nouvelle et ancienne installations) et 2.6 (modification d'une ancienne installation), les limitations préventives des émissions de l'ORNI au chapitre 3.1.

Pour l'évaluation RNI, le tronçon à apprécier est subdivisé en sous-tronçons. Un sous-tronçon est une partie de ligne pour laquelle les caractéristiques suivantes sont constantes :

- > statut selon l'ORNI (nouvelle installation ; modification d'une nouvelle installation ; modification d'une ancienne installation) ;
- > ternes ;
- > mode d'exploitation déterminant ;
- > disposition géométrique des conducteurs (dans le cas des lignes aériennes cela signifie : même silhouette de mât).

S'il existe le long du tronçon à apprécier deux parties ou plus, non successives, pour lesquelles ces quatre caractéristiques concordent, elles peuvent être considérées et traitées comme un seul sous-tronçon.

Si, sur tout le tronçon à apprécier, les quatre caractéristiques sont les mêmes, il n'est pas nécessaire de procéder à une subdivision.

La fiche de données spécifique au site est composée des éléments suivants :

- > corps de la fiche (ch. 1 à 4), à remplir pour toutes les lignes électriques, résumant les principaux résultats des fiches complémentaires ;
- > fiches complémentaires 1 à 4, la nature et le nombre étant fonction de la nature du projet ;
- > annexes, en particulier plans de situation, coupes transversales de la densité de flux magnétique et de l'intensité de champ électrique, détermination du périmètre de légitimation, la nature et le nombre d'annexes étant fonction du projet.

L'évaluation RNI est effectuée séparément pour chaque sous-tronçon. Elle requiert une fiche complémentaire 1, 2 ou 3 ainsi qu'un plan d'ensemble et d'autres annexes. La

nature de l'installation, le statut selon l'ORNI (nouvelle installation ; modification d'une nouvelle installation ; modification d'une ancienne installation) et le résultat de l'évaluation déterminent la fiche complémentaire à considérer. Une aide à la décision se trouve à la figure 13.

L'évaluation approximative, implémentée sur la fiche complémentaire 1, est la plus simple à effectuer. Elle ne s'applique cependant qu'à certaines lignes à un ou deux ternes<sup>41</sup>. La fiche complémentaire 1 ne sera utilisée que si elle permet de montrer que, dans le LUS le plus proche du sous-tronçon concerné, la distance indicative est respectée. Dans tous les autres cas, on utilisera une fiche complémentaire 2 ou 3.

Dans le cas d'une ligne aérienne de 380 kV, on remettra en outre une fiche complémentaire 4, montrant que la VLI est respectée.

Le nombre de lignes des tableaux de la fiche de données spécifique au site et des fiches complémentaires sera adapté au projet correspondant. Les tableaux qui resteraient vides peuvent être supprimés.

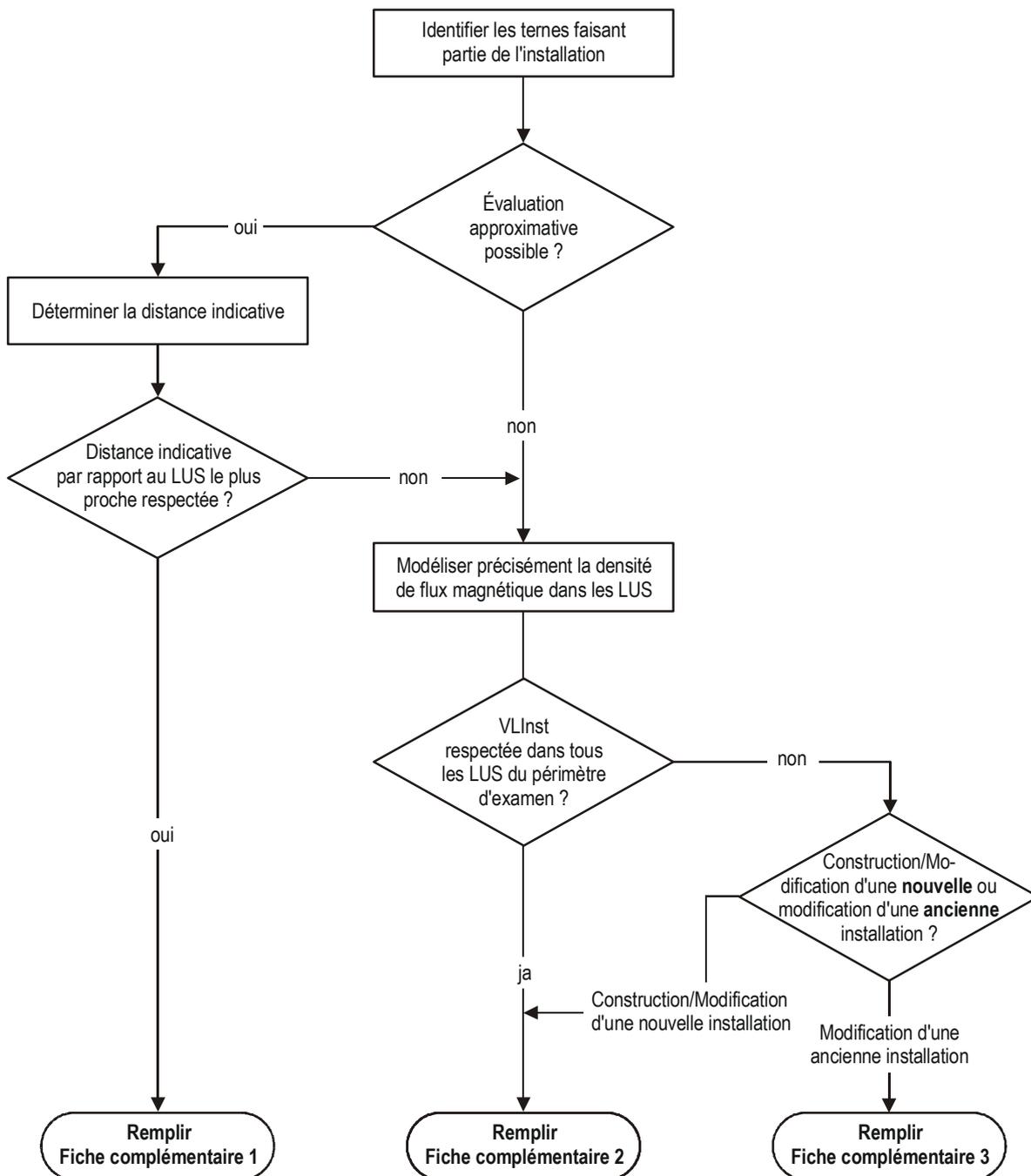
Un formulaire au format Word de la fiche de données spécifique au site où la taille des lignes des tableau s'adapte automatiquement à la longueur des énoncés peut être téléchargé à l'adresse internet suivante : [www.bafu.admin.ch/elektrosmog/01100/01108/04391/index.html?lang=fr](http://www.bafu.admin.ch/elektrosmog/01100/01108/04391/index.html?lang=fr). Seul ce modèle de formulaire doit être utilisé pour remplir les fiches de données spécifiques au site.

Dans la fiche de données spécifique au site et les fiches complémentaires, sur les plans d'ensemble et dans les annexes liées aux calculs, on veillera à la cohérence des désignations/numérotations des sous-tronçons, des ternes et des LUS. Les sous-tronçons sont désignés par des lettres majuscules, les ternes par des abréviations appropriées, les LUS par des numéros.

La fiche de données spécifique au site sera, de préférence, remplie dans l'ordre suivant :

1. page de couverture, ch. 1 et 2 du corps ;
2. une fiche complémentaire 1, 2 ou 3 par sous-tronçon, annexes incluses, avec les résultats de la modélisation, ainsi que des plans d'ensemble et des plans de situation ;
3. une fiche complémentaire 4 pour les lignes aériennes de 380 kV ;
4. report des résultats des fiches complémentaires sous les ch. 3.1 à 3.3 du corps ;
5. ch. 4 du corps et liste des annexes.

<sup>41</sup> Cela concerne également deux lignes parallèles à un terne chacune, constituant ensemble une seule installation (§ 2.1.3).

**Fig. 13 > Choix de la fiche complémentaire à remplir.***À vérifier individuellement pour chaque sous-tronçon.*

## A1-2 Exemples

Trois exemples illustrent ci-après la manière dont un projet est subdivisé en sous-tronçons et montrent quelles fiches complémentaires doivent être remises.

### A1-2.1 Exemple 1

Construction d'une ligne aérienne de 220 kV à deux ternes sur un nouveau tracé. Pylônes 1 à 10 : pylône tonneau ; pylônes 11 à 15 : pylône danube ; pylônes 16 à 20 : pylône tonneau. Courant thermique limite pour les deux ternes : 1920 A.

On est en présence de quatre sous-tronçons :

- > Sous-tronçon A : pylônes 1 à 10 ainsi que 16 à 20 : pylônes tonneau
- > Sous-tronçon B : pylônes 10 à 11 : passage du pylône tonneau au pylône danube
- > Sous-tronçon C : pylônes 11 à 15 : pylônes danube
- > Sous-tronçon D : pylônes 15 à 16 : passage du pylône danube au pylône tonneau

Les quatre sous-tronçons ont le statut de nouvelle installation. Le courant thermique limite étant supérieur à 750 A, l'évaluation approximative au moyen de la fiche complémentaire 1 n'est donc pas applicable.

Quatre fiches complémentaires 2 (une pour chaque sous-tronçon) doivent être remises.

Sous-tronçons

Fiches complémentaires

### A1-2.2 Exemple 2

La construction d'une nouvelle ligne en câbles de 110 kV, à un terne, avec des câbles unipolaires dans des tubes séparés, est prévue entre X et Z. Entre X et Y, les nouveaux câbles sont introduits dans des tubes existants vides, situés à côté d'une ligne en câbles à un terne existante (approbation des plans avant le 1<sup>er</sup> février 2000) ; entre Y et Z, on construit un nouveau bloc de tubes s'éloignant de la ligne en câbles existante.

On est en présence de deux sous-tronçons se distinguant par leur statut et le nombre de ternes :

- > Sous-tronçon A (X à Y) : l'ancien terne et le terne projeté constituent ensemble une installation. Il s'agit d'une modification de l'ancienne installation.
- > Sous-tronçon B (Y à Z) : il s'agit de la construction d'une nouvelle installation.

La géométrie des conducteurs et les courants thermiques limites sont tels qu'il est possible de procéder à l'évaluation approximative (fiche complémentaire 1).

On remplira une fiche complémentaire pour chacun des sous-tronçons :

- > Sous-tronçon A (modification d'une ancienne installation) : l'étude préliminaire montre que la distance indicative n'est pas respectée dans le LUS le plus proche et que la densité de flux magnétique dépasse la VLInst dans certains LUS, même si la

Sous-tronçons

Fiches complémentaires

modélisation est effectuée dans le détail. On remplira dès lors la fiche complémentaire 3.

- > Sous-tronçon B (nouvelle installation) : l'étude préliminaire montre que la distance indicative est respectée dans le LUS le plus proche. Cela peut être documenté au moyen de la fiche complémentaire 1.

### A1-2.3 Exemple 3

La construction d'une nouvelle ligne aérienne à un terne de 220 kV et un terne de 380 kV est prévue entre les points X et Z. À mi-chemin, au point Y, se trouve une sous-station introduite uniquement dans le terne à 220 kV. Silhouette de mât, sections des conducteurs et ordre des phases sont invariables sur tout le tronçon. En revanche, le détenteur de la ligne estime que les combinaisons des directions des flux de charge déterminantes seront différentes sur les deux sous-tronçons : parallèle entre X et Y ; non couplée entre Y et Z.

On est en présence de deux sous-tronçons se différenciant dans le mode d'exploitation déterminant. Dans les deux cas, il s'agit de la construction d'une nouvelle installation.

Sous-tronçons

- > Sous-tronçon A : X à Y. flux de charge parallèles
- > Sous-tronçon B : Y à Z : directions des flux de charge non couplées

La géométrie des conducteurs et les courants thermiques limites sont tels qu'il n'est pas permis de procéder à l'évaluation approximative (fiche complémentaire 1).

Fiches complémentaires

- > Deux fiches complémentaires 2, une par sous-tronçon
- > Une fiche complémentaire 4 (intensité de champ électrique dans le LSM le plus chargé)

## A1-3 Instructions pour remplir de la fiche de données spécifique au site

### A1-3.1 Page de couverture

La désignation de la ligne électrique, vue à grande échelle.

Désignation de la ligne électrique

Désignation du tronçon dont il est question sur la fiche de données spécifique au site.

Tronçon à apprécier

Exemples :

- > pylônes 10 à 20
- > sous-station P jusqu'à la frontière

Le projet ou l'évènement nécessitant l'établissement ou l'actualisation de la fiche de données spécifique au site.

Motif de l'évaluation RNI

Mentions possibles :

- > construction
- > remplacement des conducteurs par des faisceaux à deux conducteurs
- > mise en place d'un terne supplémentaire (lignes aériennes)
- > introduction d'un terne supplémentaire (lignes en câbles)
- > déplacement des pylônes m à n
- > surélévation des pylônes a à b
- > nouvelle fixation de la combinaison des directions du flux de charge déterminante
- > etc.

On peut indiquer plusieurs motifs si le projet diffère d'un sous-tronçon à l'autre.

**A1-3.2 Corps de la fiche (ch. 1 à 4)**

Le corps de la fiche de données spécifique au site doit être rempli pour tous les projets. Il constitue un extrait des fiches complémentaires, permet un rapide survol de la question du respect des exigences de l'ORNI et rend attentif aux données qui pourraient nécessiter un enregistrement de l'exploitation ou des mesures de réception.

## A1-3.2.1 À propos du ch. 2 : À propos du ch. 2 : Sous-tronçons pour l'évaluation RNI

Pour l'évaluation RNI, le tronçon à apprécier est, si nécessaire, subdivisé en sous-tronçons. Les critères régissant la subdivision et des exemples figurent aux chapitres A1-1 et A1-2.

À propos des colonnes du tableau

Même liste que sous « Motif de l'évaluation RNI » (§ A1-3.1), se référant toutefois ici à chacun des sous-tronçons.

Projet

Mentions possibles :

- > nouvelle installation
- > modification d'une nouvelle installation
- > modification d'une ancienne installation

Statut selon l'ORNI

Ce qu'on entend par nouvelle installation est décrit en détail au chapitre 2.5 de l'aide à l'exécution, ce qu'on entend par modification d'une ancienne installation au chapitre 2.6. Le statut d'un sous-tronçon est déterminant pour les limitations des émissions de l'ORNI à appliquer.

## A1-3.2.2 À propos du ch. 3 : Résultat

Les indications à apporter sous ce chiffre sont reprises des fiches complémentaires 1 à 3.

## A1-3.2.3 À propos du ch. 3.1 : Limitations préventives des émissions respectées

Figureront dans le tableau les sous-tronçons pour lesquels les limitations préventives des émissions peuvent être respectées dans tous les LUS. Les preuves sont apportées dans le détail pour chaque sous-tronçon au moyen de la fiche complémentaire correspondante et d'éventuelles annexes.

À propos des colonnes du tableau

Indication de la fiche complémentaire utilisée pour apporter la preuve concernant le sous-tronçon correspondant. Mentions possibles : « 1 », « 2 » ou « 3 ».

Fiche complémentaire

Lorsque sur la fiche complémentaire 2 ou 3, le courant déterminant est inférieur au courant thermique limite, on inscrira ici une croix (x) pour le sous-tronçon correspon-

Limitation du courant prévue

nant. Si l'évaluation est faite au moyen de la fiche complémentaire 1, aucune limitation de courant ne doit être prévue.

Lorsque, sur la fiche complémentaire 2 ou 3, la combinaison des directions des flux de charge déterminante est indiquée comme incertaine, on inscrira ici une croix (x) pour le sous-tronçon correspondant.

**Combinaison des directions des flux de charge déterminante incertaine**

#### A1-3.2.4 À propos du ch. 3.2 : Limitations préventives des émissions non respectées

Dans le tableau figureront les LUS dans lesquels les limitations préventives des émissions ne peuvent être respectées. Les preuves sont apportées dans le détail au moyen de la fiche complémentaire 2 ou 3 correspondante et des annexes y relatives. Une demande de dérogation motivée être faite pour chaque LUS (§ 3.1.4).

##### À propos des colonnes du tableau

N° LUS, sous-tronçon, situation ; description/utilisation sont repris de la fiche complémentaire 2 ou 3.

Pour *Projet*, la mention est reprise de la fiche complémentaire correspondante. On n'indiquera de mention pour *état initial* que si le projet constitue une modification d'une ancienne installation (documentation figurant sur la fiche complémentaire 3).

**Densité de flux magnétique**

Lorsque, sur la fiche complémentaire 2 ou 3, le courant déterminant est inférieur au courant thermique limite, on inscrira ici une croix (x) pour les LUS correspondants.

**Limitation du courant prévue**

Lorsque, sur la fiche complémentaire 2 ou 3, la combinaison des directions des flux de charge déterminante est indiquée comme incertaine, on inscrira ici une croix (x) pour les LUS correspondants.

**Combinaison des directions des flux de charge déterminante incertaine**

#### A1-3.2.5 À propos du ch. 3.3 : Valeur limite d'immissions (VLI) pour l'intensité de champ électrique

Ici on détermine d'abord s'il est nécessaire d'apporter une preuve détaillée. Si oui, on remplira une fiche complémentaire 4 et on en reportera le résultat.

### A1-3.3 Fiche complémentaire 1 Respect de la VLInst dans le LUS le plus proche Évaluation approximative

#### A1-3.3.1 Généralités

Cette fiche complémentaire sert à effectuer une évaluation approximative au sens du chapitre 8.3. Celle-ci est surtout utile dans les cas où les LUS concernant un sous-tronçon sont situés à une grande distance de l'installation. En ce qui concerne la disposition des conducteurs, les directions des flux de charge et l'ordre des phases, la procédure se base sur le cas le moins favorable. Il en résulte une distance indicative  $r$  par rapport au centre de gravité d'un terne à partir de laquelle la VLInst est respectée avec certitude.

En raison des hypothèses qui lui sont inhérentes, l'évaluation approximative ne peut être utilisée que si les conditions suivantes sont réunies :

- > installation à un ou deux ternes ;
- > courants thermiques limites jusqu'à 750 A ;
- > distance  $q$  entre les deux conducteurs les plus éloignés l'un de l'autre du même terne/lacet égale à 620 cm au maximum.

Une fiche complémentaire 1 ne sera remise que si elle permet de montrer que dans le LUS le plus proche, la distance indicative est effectivement respectée. Si ce n'est pas le cas, on remplira une fiche complémentaire 2 ou 3 pour le sous-tronçon correspondant.

#### A1-3.3.2 À propos du ch. 1 : Liste des ternes

On fera figurer dans le tableau les ternes ou lacets faisant partie de l'installation. Dans le cas de lignes parallèles, on vérifiera, au moyen de la procédure du paragraphe 2.1.3, quels sont les ternes constituant ensemble une seule installation. Le résultat sera documenté en annexe.

#### À propos des colonnes du tableau

Mentions possibles :

- > ligne aérienne
- > ligne en câbles

Type de ligne

#### A1-3.3.3 À propos du ch. 2 : Courants thermiques limites

Dans le tableau figurera le courant thermique limite pour chaque terne. Si, dans le cas d'une ligne à deux ternes, les deux courants limites sont différents l'un de l'autre, on utilisera la valeur la plus élevée pour la détermination de la distance indicative.

#### A1-3.3.4 À propos du ch. 3 : Distance indicative et distance de légitimation

La disposition des conducteurs sera représentée graphiquement en annexe. La distance  $q$  entre les conducteurs les plus éloignés l'un de l'autre d'un même terne/lacet doit apparaître clairement sur le graphique. Cette distance doit être reportée ici. Si, dans le cas d'une ligne à deux ternes, les deux distances correspondantes sont différentes, on reportera la valeur la plus élevée.

**Disposition des conducteurs**

La distance indicative  $r$  est reprise du tableau de référence correspondant (à un terne ou à deux ternes) sous ch. 3 de la fiche complémentaire 1.

**Distance indicative  $r$**

La distance de légitimation correspond au double de la distance indicative, mais à 20 m au moins. Elle sera indiquée sous forme de corridor (périmètre de légitimation) sur le plan de situation.

**Distance de légitimation**

#### A1-3.3.5 À propos du ch. 4 : LUS le plus proche

Pour le sous-tronçon considéré, on identifiera le LUS le plus proche de la ligne. La distance directe (distance oblique entre le LUS et le centre de gravité du terne (le plus proche) est déterminante. Ce LUS doit être décrit. S'il est situé à l'intérieur du périmètre de légitimation, il devra en outre être documenté en annexe, avec la ligne, sous forme de coupe transversale. La distance directe entre ce LUS et le terne (le plus proche) doit figurer sur celle-ci.

S'il existe, sur le sous-tronçon concerné, plusieurs LUS qualifiés de « plus proche », se situant donc à égale distance de la ligne, cela doit être indiqué. On en choisira un, particulièrement représentatif, que l'on documentera.

#### A1-3.3.6 À propos du ch. 5 : Résultat

La fiche complémentaire 1 ne sera remise que si la distance indicative est respectée dans le LUS le plus proche. Ce résultat est reporté sous le ch. 3.1 du corps de la fiche de données spécifique au site.

#### A1-3.3.7 Annexes

- > Plan d'ensemble comportant le périmètre de légitimation
- > Plan de la disposition des conducteurs
- > Coupe transversale passant par le LUS le plus proche (lorsque ledit LUS se situe à l'intérieur du périmètre de légitimation)
- > Identification des ternes faisant partie de l'installation (lorsque on a affaire à des OK lignes parallèles)

## **A1-3.4 Fiche complémentaire 2**

### **Densité de flux magnétique dans les LUS : installation en projet**

#### A1-3.4.1 Généralités

Au moyen de cette fiche complémentaire on modélise, dans le détail, la densité de flux magnétique générée par l'installation en projet, dans tous les LUS du périmètre d'examen le long du sous-tronçon considéré. Elle est en principe utilisable pour tous les projets. Si toutefois, pour le sous-tronçon considéré, il s'agit d'une modification d'une ancienne installation et si la VLInst ne peut pas être respectée dans tous les LUS, les données de cette fiche complémentaire ne suffisent alors pas pour une évaluation définitive. Dans ce cas, on remettra une fiche complémentaire 3 au lieu de la fiche complémentaire 2 (cf. fig. 13).

#### A1-3.4.2 À propos du ch. 1 : Liste des ternes

Voir paragraphe A1-3.3.2

#### A1-3.4.3 À propos du ch. 2 : À propos du ch. 2 : Courants déterminants

On fera figurer dans ce tableau le courant thermique limite et le courant déterminant pour chaque terne (§ 2.4.1). Si le courant déterminant est inférieur au courant thermique limite, cela doit être justifié sous « Remarques ». On apportera une mention correspondante sous le chiffre 3.1 ou 3.2 du corps du formulaire de notification.

Si, après transformation de la tension, un terne présente un déphasage fixe et différent de 0 ou 180 degrés, cela doit être indiqué sous la rubrique « Remarque » du tableau (valeur du déphasage incluse). Voir à ce sujet la note de bas de page n° 23.

#### A1-3.4.4 À propos du ch. 3 : Combinaison des directions des flux de charge déterminante

Ce chiffre doit être complété pour les installations comportant deux ternes ou plus, de même fréquence. Des informations de base relatives à cette donnée d'exploitation figurent au paragraphe 2.4.2 et au chapitre 8.6.

Dans le tableau « Ternes de 50 Hz », on remplira une ligne pour chaque paire de ternes de 50 Hz figurant sous le ch. 1 du tableau. Cela s'applique par analogie aux lacets de 16,7 Hz. Les combinaisons entre deux ternes de fréquences différentes n'entrent pas en considération.

Pour deux ternes il existe une paire, pour trois ternes trois paires, pour quatre ternes six paires, etc.

### À propos des colonnes des tableaux

Mentions possibles :

- > parallèles
- > antiparallèles
- > non couplées

Combinaison des directions des flux de charge déterminante

On indiquera ici si le couplage mentionné a été estimé de manière qualitative ou s'il a été déterminé par une évaluation des données relatives au flux de charge selon le paragraphe 8.6.3. Dans ce dernier cas, le résultat de l'analyse statistique sera annexé et on introduira un renvoi à cette annexe dans le tableau.

Base

Mentions possibles :

- > « *certain* » : En raison de la fonction occupée par les deux ternes dans le réseau, on peut admettre que la combinaison des directions des flux de charge indiquée sera prépondérante sur une grande durée.
- > « *incertain* » : Il faut supposer que la combinaison des directions des flux de charge indiquée n'est pas très robuste et qu'elle pourrait changer avec le temps. On le mentionnera sous ch. 3.1 ou 3.2 du corps de la fiche.

Certitude du résultat

#### A1-3.4.5 À propos du ch. 4 : Périmètres de légitimation et d'examen

La dimension spatiale du périmètre de légitimation est à déterminer selon le paragraphe 8.5.1, celle du périmètre d'examen selon le paragraphe 8.5.2. Ces déterminations doivent figurer en annexe (en général, sous forme de coupe transversale comprenant la représentation d'isolignes de la densité de flux magnétique).

Les deux périmètres figureront sous forme de corridor sur le plan d'ensemble.

#### A1-3.4.6 À propos du ch. 5 : Densité de flux magnétique dans les LUS situés à l'intérieur du périmètre d'examen

On fera état d'une mention relative à la densité de flux magnétique pour tous les LUS se trouvant totalement ou partiellement à l'intérieur du périmètre d'examen. À cet effet, la densité de flux magnétique sera modélisée conformément au paragraphe 8.1.4. Le résultat sera documenté dans des annexes sous forme de coupes transversales comportant une représentation d'isolignes de la densité de flux magnétique. Seront représentés les positions des conducteurs, l'ordre des phases et l'isoligne de 1  $\mu\text{T}$  ainsi qu'un ou plusieurs LUS dans leur situation relative exacte par rapport aux conducteurs. On obtient ainsi deux groupes de LUS :

- > les LUS, dans lesquels la VLInst est dépassée, pour lesquels on joindra un plan de situation précis et une coupe transversale (isoligne) de la densité de flux magnétique spécifique à la situation (densité de flux magnétique calculée et indiquée explicitement) ;
- > les LUS, dans lesquels la VLInst est respectée. Ceux-ci sont, certes, situés à l'intérieur du périmètre d'examen, mais en dehors de l'isoligne de 1  $\mu\text{T}$ . Pour de tels

LUS, il n'est pas nécessaire de modéliser explicitement la densité de flux magnétique. Il suffit de montrer qu'ils sont situés en dehors de l'isoligne de  $1 \mu\text{T}$ . On peut, à cet effet, représenter plusieurs LUS sur la même coupe transversale, même s'ils se trouvent dans des portées différentes, mais il faut qu'ils soient positionnés correctement (distance latérale par rapport aux conducteurs et niveau).

#### À propos des colonnes du tableau

Les LUS seront numérotés clairement dans le tableau, sur les coupes transversales ainsi que sur les plans d'ensemble et de situation.

**N° LUS**

On inscrira ici les données facilitant la recherche du LUS correspondant. Exemple :

**Situation**

- > adresse
- > entre pylône a et b
- > au km x etc.

Une description de l'objet montrant qu'il s'agit d'une utilisation sensible au sens de l'ORNI.

**Description/Utilisation**

Pour les LUS, dans lesquels la VLInst est respectée, l'indication « $\leq 1 \mu\text{T}$ » suffit. Pour les LUS, dans lesquels la VLInst est dépassée, on mentionnera la valeur de la densité de flux magnétique modélisée.

**Densité de flux magnétique**

Renvoi à l'annexe comportant la modélisation de la densité de flux magnétique pour le LUS concerné.

**Coupe transversale**

#### A1-3.4.7 À propos du ch. 6 : Résultat

On cochera ce qui convient. Si la VLInst est respectée dans tous les LUS, on le notera sous le ch. 3.1 du corps de la fiche.

Si la VLInst ne peut pas être respectée dans un ou plusieurs LUS, ceux-ci doivent être mentionnés sous le ch. 3.2 du corps de la fiche ; on déposera en outre une demande de dérogation en la justifiant (§ 3.1.4). Cela ne concerne que les sous-tronçons ayant le statut de « nouvelle installation » ou de « modification d'une nouvelle installation ». En revanche, en cas de modification d'une ancienne installation, on utilisera la fiche complémentaire 3 si la VLInst est dépassée.

## A1-3.4.8 Annexes

- > Plan d'ensemble comportant les périmètres de légitimation et d'examen. L'échelle sera choisie de manière à ce que les deux périmètres soient bien visibles. Tous les LUS situés à l'intérieur du périmètre d'examen seront numérotés de manière claire.
- > Plans de situation pour les LUS, dans lesquels la VLInst est dépassée
- > Détermination du périmètre de légitimation
- > Des coupes transversales comportant une représentation d'isolignes de la densité de flux magnétique
- > Identification des ternes faisant partie de l'installation (pour les lignes parallèles)
- > En option : Simulation et évaluation statistique des données relatives aux flux de charge

### A1-3.5 Fiche complémentaire 3 Densité de flux magnétique dans les LUS : installation en projet et état initial

#### A1-3.5.1 Généralités

Cette fiche complémentaire sera remise lorsque le projet prévu concerne la modification d'une ancienne installation et que la VLInst ne peut pas être respectée dans tous les LUS du sous-tronçon considéré. Pour chaque LUS situé dans le périmètre d'examen, on fera figurer une mention relative à la densité de flux magnétique correspondante. Pour les LUS situés à l'intérieur de l'isoligne de  $1 \mu\text{T}$ , on calculera la densité de flux magnétique aussi bien pour l'état projeté que pour l'état initial.

Les fiches complémentaires 2 et 3 se correspondent en termes de structure et de contenu, néanmoins la seconde demande en outre les données techniques et parfois la modélisation de la densité de flux magnétique relatives à l'état initial. Les instructions pour remplir la fiche complémentaire 2 (§ A1-3.4) s'appliquent ici par analogie. Ne suivent que quelques précisions et explications complémentaires.

#### A1-3.5.2 À propos du ch. 4 : Périmètres de légitimation et d'examen

Les deux périmètres doivent être déterminés pour l'installation en projet et non pour l'installation existante.

#### A1-3.5.3 À propos du ch. 5 : Densité de flux magnétique dans les LUS situés à l'intérieur du périmètre d'examen

##### À propos des colonnes du tableau

Une mention n'est nécessaire que si la densité de flux magnétique de l'installation en projet dépasse la VLInst.

Densité de flux magnétique  
(état initial)

«ORNI respectée» est une abréviation de «les limitations préventives des émissions au sens de l'ORNI sont respectées». Mentions possibles :

ORNI respectée

- > «oui» : C'est le cas lorsqu'une des deux conditions suivantes est remplie :
  - l'installation en projet respecte la VLInst ;
  - l'installation en projet dépasse la VLInst, la densité de flux magnétique n'est cependant pas supérieure à celle de l'état initial.
- > «non» : L'installation en projet dépasse la VLInst et la densité de flux magnétique est supérieure à celle de l'état initial.

---

A1-3.5.4 À propos du ch. 6 : Résultat

On cochera ce qui convient. Si l'ORNI est respectée dans tous les LUS, on le notera sous le ch. 3.1 du corps de la fiche.

Si l'ORNI ne peut pas être respectée dans un ou plusieurs LUS, ceux-ci doivent être mentionnés sous le ch. 3.2 du corps de la fiche ; on déposera en outre une demande de dérogation en la justifiant (§ 3.1.4).

A1-3.5.5 Annexes

Outre les annexes mentionnées au paragraphe A1-3.4.8 :

- > Coupe transversale comportant une représentation d'isolignes de la densité de flux magnétique aussi bien pour l'état prévu que pour l'état initial (pour les LUS dans lesquels l'installation en projet dépassera la VLInst).
- > Évaluation statistique concernant la combinaison des directions des flux de charge déterminante (lorsque celle-ci a été déterminée sur la base d'un enregistrement des courants d'exploitation).

**A1-3.6 Fiche complémentaire 4****Champ électrique dans le LSM le plus chargé**

Cette fiche complémentaire ne concerne que les lignes aériennes de 380 kV. Il suffit d'en remplir une pour la portée sous laquelle on attend l'intensité de champ électrique la plus élevée. Le LSM correspondant, le plus chargé, doit figurer sur le plan d'ensemble. Cette fiche complémentaire permet d'apporter la preuve que la VLI est respectée dans le LSM le plus chargé. Le projet sera réadapté jusqu'à ce que cette preuve puisse être fournie.

## A1-3.6.1 À propos du ch. 1 : LSM le plus chargé

Mention de la portée correspondante (entre pylônes a et b).

Situation du LSM

Exemples :

- > pâturage
- > zone agricole
- > lac
- > route
- > parking
- > balcon etc.

Description

## A1-3.6.2 À propos du ch. 2 : Ordre des phases dans la portée du LSM le plus chargé

La géométrie des conducteurs avec l'ordre des phases prévu sera représentée sur un plan (annexe).

## A1-3.6.3 À propos du ch. 3 : Mode d'exploitation EMax

On indiquera le mode d'exploitation pour lequel on obtient l'intensité de champ électrique la plus élevée pour l'ordre des phases prévu. Certains termes devront éventuellement être mentionnés comme hors tension. Voir le paragraphe 8.7.3.

## A1-3.6.4 À propos du ch. 4 : Résultat de la modélisation pour le mode d'exploitation EMax dans le LSM le plus chargé

Une coupe transversale de l'intensité de champ électrique passant par le LSM le plus chargé sera réalisée selon les instructions du paragraphe 8.7.5 et représentée en annexe. L'intensité de champ électrique dans le LSM le plus chargé sera reportée dans le tableau. S'il existe des ternes de 50 et 16,7 Hz, l'intensité de champ électrique sera modélisée séparément pour chacune des fréquences et les valeurs correspondantes seront reportées dans le tableau et la formule de sommation.

## A1-3.6.5 Annexes

- > Plan de la disposition des conducteurs et ordre des phases
- > Coupe transversale de l'intensité de champ électrique

---

## **Fiche de données spécifique au site pour les lignes à haute tension (Art. 11 et annexe 1, ch. 1, ORNI)**

---

Désignation de la ligne électrique :

Tronçon à apprécier :

Motif de l'évaluation RNI :

Entreprises impliquées :

Détenteur de la ligne 1 :

Détenteur de la ligne 2 :

Détenteur de la ligne 3 :

Remplace la fiche de données  
spécifique au site du :

Complète la fiche de données  
spécifique au site du :

Numéro de l'approbation des plans :

Cocher ce qui convient

**1 Indications géographiques concernant le tronçon à apprécier**

Extrémité 1 : Lieu : Coordonnées :

Extrémité 2 : Lieu : Coordonnées :

Remarques :

**2 Sous-tronçons pour l'évaluation RNI**

ID sous-tronçon	de	à	Projet	Statut selon l'ORNI*
A				
B				
C				
D				

\* Mentions possibles : nouvelle installation ; modification d'une nouvelle installation ; modification d'une ancienne installation.

Remarques :

**3 Résultat****3.1 Limitations préventives des émissions respectées**

Les limitations préventives des émissions sont respectées pour les sous-tronçons suivants.

ID sous-tronçon	Fiche complémentaire	Limitation du courant prévue	Combinaison des directions des flux de charge déterminante incertaine
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**3.2 Limitations préventives des émissions non respectées**

Dans les LUS suivants, les limitations préventives des émissions ne peuvent pas être respectées.

→ Une demande fondée de dérogation est annexée.

ID sous-tronçon	N° LUS	Situation	Description / Utilisation	Densité de flux magnétique ( $\mu$ T)		Limitation du courant prévue	Combinaison des directions des flux de charge déterminante incertaine
				Projet	État initial*		
						<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
						<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
						<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
						<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

\* Ne s'applique que s'il s'agit – pour le sous-tronçon en question – de la modification d'une ancienne installation

Remarques :

### 3.3 Valeur limite d'immissions (VLI) pour l'intensité de champ électrique

Il s'agit d'une

<input type="checkbox"/> ligne en câbles	→ La fiche complémentaire 4 ne doit pas être remplie, puisque la VLI est considérée comme respectée.
<input type="checkbox"/> ligne aérienne de tension nominale inférieure à 380 kV	
<input type="checkbox"/> ligne aérienne de 380 kV	→ La fiche complémentaire 4 doit être remplie. <b>Résultat selon la fiche complémentaire 4 :</b> <input type="checkbox"/> VLI respectée

## 4 Déclaration du détenteur de l'installation

Le détenteur de l'installation soussigné déclare que les indications figurant sur la présente fiche de données spécifique au site et sur les documents annexes sont complètes et correctes. Il s'engage à exploiter l'installation conformément au mode d'exploitation déterminant déclaré et à notifier à l'autorité d'approbation des plans les différences éventuelles qui pourraient motiver une réévaluation.

Date :

Signature :

Timbre de l'entreprise :

### Annexes (indiquer le nombre)

Fiche complémentaire 1 : Respect de la VLInst dans le LUS le plus proche – Évaluation approximative

Fiche complémentaire 2 : Densité de flux magnétique dans les LUS : installation en projet

Fiche complémentaire 3 : Densité de flux magnétique dans les LUS : installation en projet et état initial

Fiche complémentaire 4 : Champ électrique dans le LSM le plus chargé

Plan d'ensemble

Plan de situation des LUS dans lesquels la densité de flux magnétique dépasse la VLInst

Plan de la disposition des conducteurs

Coupe transversale passant par le LUS le plus proche

Détermination du périmètre de légitimation

Coupe transversale comportant les isolignes de la densité de flux magnétique

Coupe transversale de l'intensité de champ électrique

Identification des ternes faisant partie de l'installation dans le cas de lignes parallèles

Évaluation des données relatives aux flux de charge

## Fiche complémentaire 1

### Respect de la VLInst dans le LUS le plus proche : évaluation approximative

#### Sous-tronçon :

Cocher ce qui convient

#### 1 Liste des ternes

- Il n'y a qu'une seule ligne.
- Il y a des lignes parallèles. La détermination des ternes devant être pris en compte se trouve à l'annexe

#### Ternes et lacets faisant partie de l'installation

ID Terne/Lacet	Désignation	Détendeur	Type de ligne*	Tension nominale (kV)	Fréquence	Remarque

\* Mentions possibles : ligne aérienne ; ligne en câbles

#### 2 Courants thermiques limites

ID Terne/Lacet	Section/Matériau	Courant thermique limite (A)	Remarque
	/		
	/		

#### 3 Distance indicative et distance de légitimation

##### Disposition des conducteurs

Figure cotée de la disposition des conducteurs à l'annexe :

Distance maximale  $q$  entre deux conducteurs d'un terne/lacet : m

Distance indicative  $r$  pour le respect de la VLInst selon le tableau ci-après : m

Distance de légitimation ( $2 \cdot r$ , au moins 20 m) : m

→ Faire figurer le périmètre de légitimation sur le plan d'ensemble

**Ligne à un terne**Distance indicative  $r$  entre un LUS et le centre de gravité du terne

Distance maximale $q$ entre 2 conducteurs	Courant thermique limite				
	jusqu'à 100 A	101 à 225 A	226 à 400 A	401 à 625 A	626 à 750 A
jusqu'à 20 cm	2,4 m	3,6 m	4,8 m	6,0 m	6,6 m
21 à 40 cm	3,2 m	4,8 m	6,4 m	8,0 m	8,8 m
41 à 60 cm	4,0 m	6,0 m	8,0 m	10,0 m	11,0 m
61 à 80 cm	4,6 m	6,9 m	9,2 m	11,5 m	12,7 m
81 à 100 cm	5,0 m	7,5 m	10,0 m	12,5 m	13,8 m
101 à 200 cm	7,0 m	10,5 m	14,0 m	17,5 m	19,3 m
201 à 400 cm	10,0 m	15,0 m	20,0 m	25,0 m	27,5 m
401 à 620 cm	12,5 m	18,8 m	25,0 m	31,3 m	34,4 m

**Ligne à deux ternes**Distance indicative  $r$  entre un LUS et le centre de gravité du terne le plus proche

Distance maximale $q$ entre 2 conducteurs du même terne	Courant thermique limite				
	jusqu'à 100 A	101 à 225 A	226 à 400 A	401 à 625 A	626 à 750 A
jusqu'à 20 cm	3,2 m	4,8 m	6,4 m	8,0 m	8,8 m
21 à 40 cm	4,6 m	6,9 m	9,2 m	11,5 m	12,7 m
41 à 60 cm	5,6 m	8,4 m	11,2 m	14,0 m	15,4 m
61 à 80 cm	6,4 m	9,6 m	12,8 m	16,0 m	17,6 m
81 à 100 cm	7,0 m	10,5 m	14,0 m	17,5 m	19,3 m
101 à 200 cm	10,0 m	15,0 m	20,0 m	25,0 m	27,5 m
201 à 400 cm	14,0 m	21,0 m	28,0 m	35,0 m	38,5 m
401 à 620 cm	17,5 m	26,3 m	35,0 m	43,8 m	48,2 m

**4 LUS le plus proche**

Description/Utilisation du LUS le plus proche :

Distance directe entre ce LUS et le centre de gravité du terne (le plus proche) : m

Remarques :

**5 Résultat**

- La distance directe entre le LUS et le terne (le plus proche) est supérieure à la distance indicative  $r$ .  
 ➔ La VLInst est respectée dans tous les LUS.  
 Reporter le résultat sous le ch. 3.1 du corps de la fiche de données spécifique au site.
- Le LUS le plus proche est situé à l'intérieur du périmètre de légitimation.  
 ➔ Joindre une coupe transversale passant par ce LUS : annexe

## Fiche complémentaire 2

### Densité de flux magnétique dans les LUS : installation en projet

#### Sous-tronçon :

Cocher ce qui convient

#### 1 Liste des ternes

- Il n'y a qu'une seule ligne.
- Il y a des lignes parallèles. La détermination des ternes devant être pris en compte se trouve à l'annexe

#### Ternes et lacets faisant partie de l'installation

ID Terme/Lacet	Désignation	Détendeur	Type de ligne*	Tension nominale (kV)	Fréquence	Remarque

\* Mentions possibles : ligne aérienne ; ligne en câbles

#### 2 Courants déterminants

ID Terme/Lacet	Section/Matériau	Courant thermique limite (A)	Courant déterminant (A)	Remarque
	/			
	/			
	/			
	/			

- Il n'y a qu'un seul terme ou lacet par fréquence.  
 → Les directions des flux de charge ne sont pas déterminantes pour la modélisation de la densité de flux magnétique.  
 Le ch. 3 de la présente fiche complémentaire ne doit pas être complété.
- Il y a au moins deux ternes/lacets de même fréquence.  
 → Les directions des flux de charge sont déterminantes pour la modélisation de la densité de flux magnétique.  
 Le ch. 3 de la présente fiche complémentaire doit être complété.
- Le courant déterminant est inférieur au courant thermique limite.  
 → Mentionner une limitation de courant sous le ch. 3.1 ou 3.2 du corps de la fiche de données spécifique au site.

Remarques :

### 3 Combinaison des directions des flux de charge déterminante

#### Ternes de 50 Hz

Terne m / Terne n	Combinaison des directions des flux de charge déterminante*	Base**	Certitude du résultat***	Remarque
/				
/				
/				

\* Mentions possibles : parallèle ; antiparallèle ; non couplée

\*\* Mentions possibles : estimation ; simulation

\*\*\* Mentions possibles : certain ; incertain

#### Lacets de 16,7 Hz

Lacet i / Lacet j	Combinaison des directions des flux de charge déterminante*	Base**	Certitude du résultat***	Remarque
/				
/				
/				

\* Mentions possibles : parallèle ; antiparallèle ; non couplée

\*\* Mentions possibles : estimation ; simulation

\*\*\* Mentions possibles : certain ; incertain

- La combinaison des directions des flux de charge déterminante est incertaine.  
 → À mentionner sous le ch. 3.1 ou 3.2 du corps de la fiche de données spécifique au site

Remarques :

### 4 Périmètres de légitimation et d'examen

Documentation concernant la détermination du périmètre de légitimation à l'annexe :

Documentation concernant la détermination du périmètre d'examen à l'annexe :

→ Périmètres de légitimation et d'examen à reporter sur le plan d'ensemble.

### 5 Densité de flux magnétique dans les LUS situés à l'intérieur du périmètre d'examen

N° LUS	Situation	Description/Utilisation	Densité de flux magnétique ( $\mu\text{T}$ )	Coupe transversale (annexe n°)

### 6 Résultat

- VLInst respectée dans tous les LUS  
 → Reporter le résultat sous le ch. 3.1 du corps de la fiche de données spécifique au site.
- VLInst dépassée dans un ou plusieurs LUS  
 → Mentionner chaque LUS dans lequel la VLInst est dépassée sous le ch. 3.2 du corps de la fiche de données spécifique au site.

## Fiche complémentaire 3

### Densité de flux magnétique dans les LUS : installation en projet et état initial

#### Sous-tronçon :

Cocher ce qui convient

#### 1 Liste des ternes

##### 1.1 État initial (ancienne installation)

- Il n'y a qu'une seule ligne.
- Il y a des lignes parallèles. La détermination des ternes à prendre en compte se trouve à l'annexe

##### Ternes ou lacets faisant partie de l'ancienne installation

ID Terne/Lacet	Désignation	Détendeur	Type de ligne*	Tension nominale (kV)	Fréquence	Remarque

\* Mentions possibles : ligne aérienne ; ligne en câbles

##### 1.2 Projet (installation modifiée)

- Il n'y a qu'une seule ligne.
- Il y a des lignes parallèles. La détermination des ternes à prendre en compte se trouve à l'annexe

##### Ternes ou lacets faisant partie de l'installation projetée

ID Terne/Lacet	Désignation	Détendeur	Type de ligne*	Tension nominale (kV)	Fréquence	Remarque

\* Mentions possibles : ligne aérienne ; ligne en câbles

#### 2 Courants déterminants

##### 2.1 État initial (ancienne installation)

ID Terne/Lacet	Section/Matériau	Courant thermique limite (A)	Courant déterminant (A)	Remarque
	/			
	/			
	/			
	/			

- Il n'y a qu'un seul terne ou lacet par fréquence.  
 ➔ Les directions des flux de charge ne sont pas significatives pour la modélisation de la densité de flux magnétique.  
 Le ch. 3.1 de la présente fiche complémentaire ne doit pas être complété.
- Il y a au moins deux ternes/lacets de même fréquence.  
 ➔ Les directions des flux de charge sont significatives pour la modélisation de la densité de flux magnétique.  
 Le ch. 3.1 de la présente fiche complémentaire doit être complété.

Remarques :

---

## 2.2 Projet (installation modifiée)

ID Terne/Lacet	Section/Matériau	Courant thermique limite (A)	Courant déterminant (A)	Remarque
	/			
	/			
	/			
	/			

- Il n'y a qu'un seul terne ou lacet par fréquence.  
 ➔ Les directions des flux de charge ne sont pas significatives pour la modélisation de la densité de flux magnétique.  
 Le ch. 3.2 de la présente fiche complémentaire ne doit pas être complété.
- Il y a au moins deux ternes/lacets de même fréquence.  
 ➔ Les directions des flux de charge sont significatives pour la modélisation de la densité de flux magnétique.  
 Le ch. 3.2 de la présente fiche complémentaire doit être complété.
- Le courant déterminant est inférieur au courant thermique limite  
 ➔ Mentionner une limitation de courant sous le ch. 3.1 ou 3.2 du corps de la fiche de données spécifique au site.

Remarques :

---

## 3 Combinaison des directions des flux de charge déterminante

### 3.1 État initial (ancienne installation)

#### Ternes de 50 Hz

Terne m / Terne n	Combinaison des directions des flux de charge déterminante*	Base**	Remarque
/			
/			
/			

\* Mentions possibles : parallèle ; antiparallèle ; non couplée

\*\* Mentions possibles : estimation ; enregistrement des données d'exploitation

#### Lacets de 16,7 Hz

Lacet i / Lacet j	Combinaison des directions des flux de charge déterminante*	Base**	Remarque
/			
/			
/			

\* Mentions possibles : parallèle ; antiparallèle ; non couplée

\*\* Mentions possibles : estimation ; enregistrement des données d'exploitation

Remarques :

---

### 3.2 Projet (installation modifiée)

#### Ternes de 50 Hz

Terne m / Terne n	Combinaison des directions des flux de charge déterminante*	Base**	Certitude du résultat***	Remarque
/				
/				
/				

\* Mentions possibles : parallèle ; antiparallèle ; non couplée

\*\* Mentions possibles : estimation ; simulation

\*\*\* Mentions possibles : certain ; incertain

#### Lacets de 16,7 Hz

Lacet i / Lacet j	Combinaison des directions des flux de charge déterminante*	Base**	Certitude du résultat***	Remarque
/				
/				
/				

\* Mentions possibles : parallèle ; antiparallèle ; non couplée

\*\* Mentions possibles : estimation ; simulation

\*\*\* Mentions possibles : certain ; incertain

- a combinaison des directions des flux de charge déterminante est incertain.  
 → À mentionner sous le ch. 3.1 ou 3.2 du corps de la fiche de données spécifique au site.

Remarques :

## 4 Périmètres de légitimation et d'examen

Documentation concernant la détermination du périmètre de légitimation à l'annexe :

Documentation concernant la détermination du périmètre d'examen à l'annexe :

→ Périmètres de légitimation et d'examen à reporter sur le plan d'ensemble.

## 5 Densité de flux magnétique dans les LUS situés à l'intérieur du périmètre d'examen

N° LUS	Situation	Description / Utilisation	Densité de flux magnétique ( $\mu\text{T}$ )		Coupe transversale (n° annexe)	ORNI respectée**
			Projet	Etat initial*		
						<input type="checkbox"/>
						<input type="checkbox"/>
						<input type="checkbox"/>
						<input type="checkbox"/>

\* Mention nécessaire seulement si la densité de flux magnétique concernant l'installation en projet dépasse la VLInst.

\*\* Limitation préventive des émissions lors de la modification d'anciennes installations :

- la densité de flux magnétique ne doit pas augmenter dans les LUS dans lesquels la VLInst était dépassée dans l'état initial ;
- la VLInst ne doit pas être dépassée dans les LUS dans lesquels elle était respectée dans l'état initial.

## 6 Résultat

- ORNI respectée dans tous les LUS situés à l'intérieur du périmètre d'examen  
→ Reporter le résultat sous le ch. 3.1 du corps de la fiche de données spécifique au site.
- ORNI non respectée dans un ou plusieurs LUS  
→ Mentionner chaque LUS dans lequel l'ORNI n'est pas respectée sous le ch. 3.2 du corps de la fiche de données spécifique au site.

## Fiche complémentaire 4

### Intensité de champ électrique dans le LSM le plus chargé

Cocher ce qui convient

#### 1 LSM le plus chargé

Situation du LSM :

Description :

#### 2 Ordre des phases de la portée du LSM le plus chargé

Figure présentant l'ordre des phases à l'annexe :

#### 3 Mode d'exploitation EMax

ID Terne	Désignation du terne	Tension nominale (kV)	Tension d'exploitation maximale (kV)

#### 4 Résultat de la modélisation pour le mode d'exploitation EMax dans le LSM le plus chargé

Base : coupe transversale, annexe n°

Fréquence	Intensité de champ électrique	VLI
50 Hz	V/m	5 000 V/m
16,7 Hz	V/m	10 000 V/m

Somme pondérée lorsque les deux fréquences sont présentes :  $\frac{E_{50}}{5000} + \frac{E_{16,7}}{10000} =$

La VLI est respectée lorsque la valeur de la somme ne dépasse pas 1,0.

VLI respectée → Reporter le résultat sous le ch. 3.3 du corps de la fiche de données spécifique au site.

Remarques :

## > Annexe 2

### A2 **Formulaire de notification : Évaluation de la nécessité d'assainir une ancienne ligne à haute tension**

#### A2-1 **Structure du formulaire de notification**

Pour l'évaluation de la nécessité d'assainir<sup>42</sup>, le tronçon à apprécier peut, si nécessaire, être subdivisé en sous-tronçons. Un sous-tronçon est une partie de ligne pour laquelle les caractéristiques suivantes sont constantes :

- > ternes ;
- > mode d'exploitation déterminant ;
- > disposition géométrique des conducteurs (pour les lignes aériennes cela signifie : même silhouette de mât).

S'il existe, le long du tronçon à apprécier, deux parties ou plus, non successives, pour lesquelles ces trois caractéristiques concordent, elles peuvent être considérées et traitées comme un seul sous-tronçon.

Si, sur tout le tronçon à apprécier, les trois caractéristiques sont les mêmes, il n'est pas nécessaire de procéder à une subdivision.

Le formulaire de notification se compose

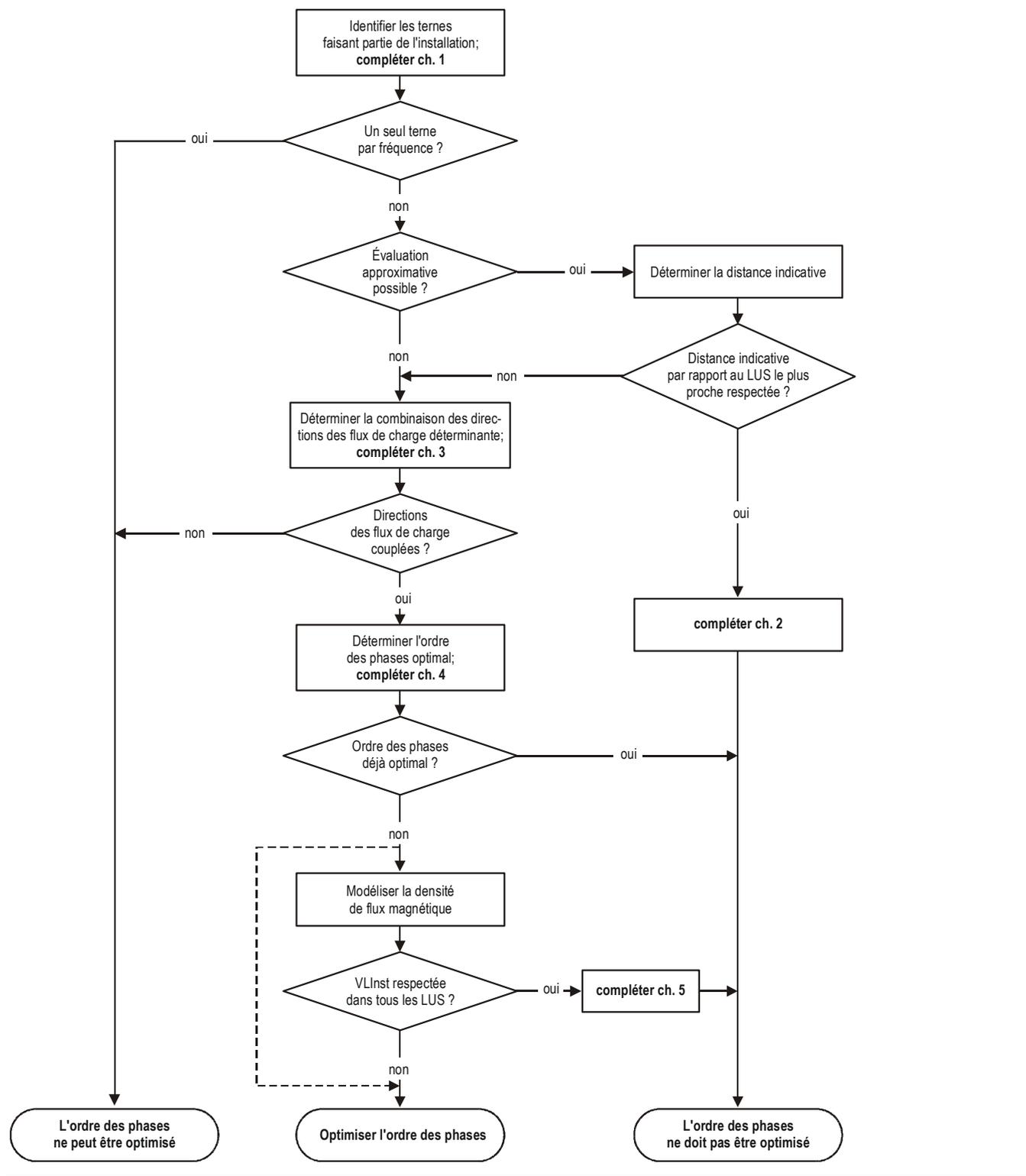
- > du corps (ch. 1 à 4), comportant un résumé des résultats de la fiche complémentaire ;
- > d'une fiche complémentaire pour chaque sous-tronçon, de type modulaire, ne devant être remplie qu'autant que la preuve des résultats l'exige si un résultat demande à être prouvé (fig. 14) ;
- > d'annexes, en particulier de plans de situation, de plans des dispositions des conducteurs et de coupes transversales de la densité de flux magnétique, dans la mesure où cela est prévu sur la fiche complémentaire sous le chiffre correspondant.

L'évaluation de la nécessité d'assainir est effectuée séparément pour chaque sous-tronçon. Il y a donc une fiche complémentaire par sous-tronçon. La démarche générale est schématisée à la figure 14. Elle comporte également les chiffres à compléter sur la fiche complémentaire. Les lignes en pointillés de la figure sont à prendre en compte lorsque le détenteur de l'installation envisage d'assainir de toute façon une installation dont l'ordre des phases n'est pas optimal, que la VLInst soit respectée ou dépassée dans des LUS. On pourra alors renoncer à la modélisation de la densité de flux magnétique.

<sup>42</sup> Dans la présente aide à l'exécution, on entend par « assainissement » toute mesure prise dans le but de respecter les exigences de l'ORNI, sauf les transformations et travaux de maintenance effectués pour garantir la sécurité technique des lignes électriques.

Fig. 14 > Évaluation de la nécessité d'assainir.

À effectuer pour chaque sous-tronçon. Les chiffres se réfèrent à la fiche complémentaire liée au formulaire de notification.



---

Le nombre de lignes des tableaux du formulaire de notification et des fiches complémentaires sera adapté à chaque ligne électrique.

Sur les fiches complémentaires, on peut supprimer les chiffres ne devant pas être complétés ainsi que les tableaux qui resteraient vides.

Un formulaire au format Word où la taille des lignes des tableau s'adapte automatiquement à la longueur des énoncés peut être téléchargé à l'adresse internet suivante : [www.bafu.admin.ch/elektrosmog/01100/01108/04391/index.html?lang=fr](http://www.bafu.admin.ch/elektrosmog/01100/01108/04391/index.html?lang=fr). Seul ce modèle de formulaire doit être utilisé pour remplir les formulaires de notification.

Dans le formulaire de notification, les fiches complémentaires, sur les plans de situation et dans les annexes liées aux calculs, on veillera à la cohérence des désignations/numérotations des sous-tronçons, des ternes et des LUS. Les sous-tronçons sont désignés par des lettres majuscules, les ternes par des abréviations appropriées, les LUS par des numéros.

Le formulaire de notification sera, de préférence, rempli dans l'ordre suivant :

1. page de couverture, ch. 1 et 2 du corps du formulaire ;
2. une fiche complémentaire pour chaque sous-tronçon, accompagnée des annexes nécessaires ;
3. ch. 3 et 4 du corps et liste des annexes.

## A2-2 Instructions pour remplir le formulaire de notification

### A2-2.1 Page de couverture

Désignation de la ligne électrique, vue à grande échelle.

Désignation de la ligne électrique

Désignation du tronçon dont il est question dans le formulaire de notification.

Tronçon à apprécier

Exemples :

- > pylônes 10 à 20
- > sous-station P jusqu'à la frontière

### A2-2.2 Corps du formulaire (ch. 1 à 4)

Le corps du formulaire de notification sera rempli pour toutes les lignes électriques. Il constitue un extrait des fiches complémentaires, sert à une rapide vue d'ensemble de la nécessité d'assainir et rend attentif aux faits qui pourraient nécessiter un enregistrement des données de l'exploitation.

#### A2-2.2.1 À propos du ch. 2 : À propos du ch. 2 : Sous-tronçons pour l'évaluation de la nécessité d'assainir

Pour l'évaluation de la nécessité d'assainir, le tronçon à apprécier est, si nécessaire, subdivisé en sous-tronçons. Les critères régissant la subdivision et des exemples se trouvent au chapitre A2-1.

#### A2-2.2.2 À propos du ch. 3 : À propos du ch. 3 : Résultat de l'évaluation de la nécessité d'assainir

Les indications à reporter sous ce chiffre sont reprises des fiches complémentaires.

#### A2-2.2.3 À propos du ch. 3.1 : Sous-tronçons ne devant pas être assainis

Dans ce tableau seront indiqués les sous-tronçons ne devant pas ou ne pouvant pas être assainis.

#### À propos des colonnes du tableau

On mentionnera un des motifs suivants :

Motif

- > « Distance indicative par rapport au LUS le plus proche respectée ». La preuve est apportée au ch. 2 de la fiche complémentaire.
- > « Ordre des phases optimisé ». La preuve est apportée au ch. 4 de la fiche complémentaire.
- > « VLIInst respectée dans les LUS ». La preuve est apportée au ch. 5 de la fiche complémentaire.
- > « Un seul terne par fréquence ». La preuve est apportée au ch. 1 de la fiche complémentaire.
- > « Directions des flux de charge non couplée ». La preuve est apportée au ch. 3 de la fiche complémentaire.

Si le courant déterminant, mentionné sous le ch. 5 de la fiche complémentaire, est inférieur au courant thermique limite, on inscrira ici une croix (x) pour le sous-tronçon correspondant.

Limitation du courant prévue

Si la combinaison des directions des flux de charge déterminante, mentionnée sous le ch. 3 de la fiche complémentaire, est désignée comme incertaine, on inscrira ici une croix (x) pour le sous-tronçon correspondant.

Combinaison des directions des flux de charge déterminante incertaine

#### A2-2.2.4 À propos du ch. 3.2 : Sous-tronçons à assainir

On reportera dans ce tableau les sous-tronçons restants ne figurant pas sous le ch. 3.1. L'ordre des phases les concernant n'est pas optimisé. La preuve est apportée au ch. 4 de la fiche complémentaire.

##### À propos des colonnes du tableau

On mentionnera ici si le détenteur de l'installation envisage d'effectuer l'assainissement du sous-tronçon correspondant. En cas de « non », cela doit être justifié en détail sous le ch. 4 du corps du formulaire.

Optimisation de l'ordre des phases prévue

Si la combinaison des directions des flux de charge déterminante, mentionnée sous le ch. 3 de la fiche complémentaire, est désignée comme incertaine, on inscrira ici une croix (x) pour le sous-tronçon correspondant.

Combinaison des directions des flux de charge déterminante incertaine

#### A2-2.2.5 À propos du ch. 4 : Déclaration du détenteur de l'installation

On prendra en considération la troisième option offerte (demande de renoncement à l'optimisation des phases) en particulier lorsque, sur la base d'une évaluation d'ensemble concernant plusieurs lignes, il apparaît que des compromis sont inévitables en ce qui concerne l'ordre des phases (§ 8.4.4). Une demande correspondante doit être fondée en tous points.

**A2-2.3 Fiche complémentaire au formulaire de notification**

## A2-2.3.1 Généralités

On remplira une fiche complémentaire pour chaque sous-tronçon. Les chiffres à compléter découlent de la figure 14.

## A2-2.3.2 À propos du ch. 1 : Liste des ternes

Ce chiffre doit toujours être complété. Dans le tableau seront indiqués les ternes et les lacets faisant partie de l'installation. Dans le cas de lignes parallèles, on vérifiera et on précisera dans une annexe, conformément à la procédure du paragraphe 2.1.3, quels ternes sont considérés comme formant ensemble une installation.

S'il n'existe qu'un seul terne par fréquence, on reportera la mention «un seul terne par fréquence» sous le ch. 3.1 du corps de la fiche. L'évaluation de la nécessité d'assainir est close ici pour le sous-tronçon concerné.

À propos des colonnes du tableau

Mentions possibles :

- > ligne aérienne
- > ligne en câbles

Type de ligne

## A2-2.3.3 À propos du ch. 2 : Respect de la VLInst dans le LUS le plus proche : évaluation approximative

Sous ce chiffre on procède à une évaluation approximative au sens du chapitre 8.3. Celle-ci est surtout utile pour les sous-tronçons pour lesquels les LUS sont situés à une grande distance de l'installation. En ce qui concerne la disposition des conducteurs, les directions des flux de charge et l'ordre des phases, la démarche est fondée sur le cas le moins favorable. Le résultat est une distance indicative  $r$ , partant du centre de gravité d'un terne, à partir de laquelle la VLInst est respectée avec certitude.

En raison des hypothèses implicites, cette évaluation approximative ne doit être effectuée qu'aux conditions suivantes :

- > installation à deux ternes ;
- > courants thermiques limites jusqu'à 750 A :
- > distance  $q$  entre les deux conducteurs du même terne/lacet les plus éloignés l'un de l'autre égale à 620 cm au maximum.

Le courant thermique limite sera reporté pour chacun des deux ternes. Si les deux valeurs sont différentes, la valeur la plus élevée sera prise en considération pour la détermination de la distance indicative.

Courants thermiques limites

La disposition des conducteurs sera présentée graphiquement en annexe. La distance  $q$  entre les deux conducteurs d'un terne/lacet les plus éloignés l'un de l'autre doit pouvoir

Disposition des conducteurs

être lue sur le graphique. Cette distance doit être mentionnée ici. Si les deux distances correspondantes sont différentes, on reportera la valeur la plus élevée.

La distance indicative  $r$  est reprise du tableau de référence du ch. 2 de la fiche complémentaire.

Distance indicative

Pour le sous-tronçon considéré, on identifiera le LUS le plus proche de la ligne. La distance directe (distance oblique entre le LUS et le centre de gravité du terna le plus proche est déterminante. Ce LUS doit être décrit. Si la distance horizontale entre ce LUS et l'axe de la ligne est inférieure à 20 mètres ou inférieure au double de la distance indicative, il devra en outre être documenté en annexe, avec la ligne électrique, sous forme de coupe transversale. La distance directe entre ce LUS et le terna le plus proche doit figurer sur celle-ci.

LUS le plus proche

S'il existe, sur le sous-tronçon concerné, plusieurs LUS, qualifié chacun de «plus proche», se situant donc à égale distance de la ligne, cela doit être indiqué. On en choisira un, particulièrement représentatif, et on le documentera.

Cette évaluation approximative ne sera remise que si elle permet de montrer que la distance indicative est respectée dans le LUS le plus proche. Si c'est le cas, l'évaluation se termine ainsi. Comme résultat on portera sous ch. 3.1 du corps du formulaire de notification la mention «Distance indicative par rapport au LUS le plus proche respectée».

Résultat

A2-2.3.4 À propos du ch. 3 : À propos du ch. 3 : Combinaison des directions des flux de charge déterminante

Ce chiffre doit être complété pour des installations comprenant deux ternes ou plus, de même fréquence. Sont exclues les installations à deux ternes pour lesquelles on a prouvé sous le ch. 2 que la distance indicative était respectée dans le LUS le plus proche.

Des informations de base complètes sur cette donnée d'exploitation figurent au paragraphe 2.4.2 et au chapitre 8.6.

Dans le tableau « Ternes de 50 Hz », on remplira une ligne pour chaque paire de ternes de 50 Hz figurant sous le ch. 1 du tableau. Cela vaut par analogie pour les lacets de 16,7 Hz. Les combinaisons entre deux ternes de fréquences différentes n'entrent pas en considération.

Pour deux ternes il existe une paire, pour trois ternes trois paires, pour quatre ternes six paires, etc.

#### À propos des colonnes des tableaux

Mentions possibles :

- > parallèle
- > antiparallèle
- > non couplée

Combinaison des directions  
des flux de charge déterminante

On indiquera ici si le couplage mentionné a été estimé de manière qualitative ou s'il a été déterminé par une évaluation des données relatives aux flux de charge selon le paragraphe 8.6.2. Dans ce dernier cas, le résultat de l'analyse statistique sera annexé et on introduira un renvoi à cette annexe dans le tableau.

Base

Mentions possibles :

Certitude du résultat

> « certain » :

en raison de la fonction occupée par les deux ternes dans le réseau, on peut admettre que la combinaison des directions des flux de charge indiquée sera prépondérante sur une longue durée.

> « incertain » :

sur la base de l'analyse des données relatives aux flux de charge, il faut supposer que la combinaison des directions des flux de charge indiquée n'est pas très robuste et qu'elle pourrait changer à l'avenir. S'il faut le mentionner, on le fera aussi sous le ch. 3.1 ou 3.2 du corps du formulaire de notification.

Lorsque, pour toutes les paires de ternes, les directions des flux de charge sont mentionnées comme non couplées, il n'existe pas d'ordre des phases optimal et l'évaluation de la nécessité d'assainir est ainsi close. Comme résultat on notera la mention « directions des flux de charge non couplées » sous le ch. 3.1 du corps du formulaire.

A2-2.3.5 À propos du ch. 4 : À propos du ch. 4 : Vérification de l'ordre des phases

Sous ce chiffre on détermine l'ordre des phases optimal et on le compare à l'ordre des phases actuel. Cela concerne des installations comprenant au moins deux ternes, de même fréquence, dont les directions des flux de charge sont clairement couplées. Il n'est pas nécessaire de compléter ce chiffre si, sous le ch. 2, on a montré que la distance indicative est respectée dans le LUS le plus proche.

L'ordre des phases actuel et l'ordre des phases optimal seront reportés chacun sur un graphique correspondant de la disposition des conducteurs. Si l'ordre des phases optimal n'est pas clair, on joindra des représentations des isolignes de la densité de flux magnétique pour les différents ordres des phases possibles.

S'il s'avère que l'ordre des phases est déjà optimisé, l'évaluation de la nécessité d'assainir est close ici. Comme résultat, on notera la mention « ordre des phases optimisé » sous le ch. 3.1 du corps du formulaire de notification.

A2-2.3.6 À propos du ch. 5 : Respect de la VLInst dans les LUS : évaluation précise

Contrairement à l'évaluation approximative effectuée selon le ch. 2, on modélisera la densité de flux magnétique de manière détaillée pour les LUS. On prendra en compte tous les LUS se situant à l'intérieur du périmètre d'examen (§ 2.9.1). On ne remettra qu'un résultat s'il permet de montrer que la VLInst est respectée dans tous les LUS du périmètre d'examen pour l'ordre des phases actuel dans le mode d'exploitation déterminant. Comme résultat on notera la mention « VLInst respectée dans les LUS » sous le ch. 3.1 du corps du formulaire de notification.

On fera figurer dans ce tableau le courant thermique limite et le courant déterminant pour chaque terna (§ 2.4.1). Si le courant déterminant est inférieur au courant thermique limite, cela doit être justifié sous «Remarques». Sous le chiffre 3.1 du corps du formulaire de notification on apportera une mention correspondante.

**Courants déterminants**

Si, suite à des modifications de tensions, un terna présente un déphasage fixe et différent de 0 ou 180 degrés, cela doit être indiqué sous la rubrique «Remarque» du tableau (valeur du déphasage incluse). Voir à ce sujet la note de bas de page n° 23.

La détermination du périmètre d'examen s'effectue au sens du paragraphe 8.5.2. Il sera reporté sur le plan d'ensemble.

**Périmètre d'examen**

On montrera que la VLInst est respectée dans tous les LUS se trouvant totalement ou partiellement à l'intérieur du périmètre d'examen. La modélisation de la densité de flux magnétique sera effectuée conformément au paragraphe 8.1.4. Le résultat sera documenté en annexe. En général, ces annexes comporteront des coupes transversales avec une représentation des isolignes de la densité de flux magnétique. Seront représentés les positions des conducteurs, l'ordre des phases et l'isoline de 1  $\mu$ T ainsi qu'un ou plusieurs LUS dans leur situation relative exacte par rapport aux conducteurs. Plusieurs LUS peuvent figurer sur la même représentation, même s'ils se trouvent dans des portées différentes ; ce qui compte c'est qu'ils soient positionnés correctement par rapport aux positions des conducteurs, tant latéralement qu'en hauteur. La VLInst est respectée si les LUS se trouvent en dehors de l'isoline de 1  $\mu$ T.

**LUS situés à l'intérieur du périmètre d'examen**

#### À propos des colonnes du tableau

Les numéros des LUS seront mentionnés clairement dans le tableau, sur les coupes transversales et le plan d'ensemble.

**N° LUS**

On fera figurer ici une mention facilitant la recherche du LUS correspondant sur le plan de situation. Exemples :

**Situation**

- > adresse
- > entre pylônes a et b
- > au km x etc.

Une description de l'objet montrant qu'il s'agit d'une utilisation sensible au sens de l'ORNI.

**Description/Utilisation**

Renvoi à l'annexe comportant la modélisation de la densité de flux magnétique pour le LUS correspondant.

**Coupe transversale**

---

## **Formulaire de notification**

### **Évaluation de la nécessité d'assainir une ancienne ligne à haute tension**

---

Désignation de la ligne électrique :

Tronçon à apprécier :

Entreprises impliquées :

Détenteur de la ligne 1 :

Détenteur de la ligne 2 :

Détenteur de la ligne 3 :

Numéro de l'approbation des plans :

Cocher ce qui convient

**1 Données géographiques concernant le tronçon de ligne à apprécier**

Extrémité 1 : Lieu : Coordonnées :

Extrémité 2 : Lieu : Coordonnées :

Remarques :

**2 Sous-tronçons pour l'évaluation de la nécessité d'assainir**

ID Sous-tronçon	de	à	Description
A			
B			
C			
D			

**3 Résultat de l'évaluation de la nécessité d'assainir****3.1 Sous-tronçons ne devant pas être assainis**

ID Sous-tronçon	Motif	Limitation du courant prévue	Combinaison des directions des flux de charge déterminante incertaine	Remarque
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

\* Mentions possibles : distance indicative par rapport au LUS le plus proche respectée, ordre des phases optimisé, VLInst respectée dans les LUS, un seul terme par fréquence, directions des flux de charge non couplées

**3.2 Sous-tronçons à assainir**

ID Sous-tronçon	Optimisation de l'ordre des phases prévue	Combinaison des directions des flux de charge déterminante incertaine	Remarque
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

#### 4 Déclaration du détenteur de l'installation

Le détenteur de l'installation déclare que les indications figurant sur le présent formulaire de notification et sur les documents annexes sont complètes et correctes. Il s'engage à exploiter l'installation conformément au mode d'exploitation déterminant déclaré et à notifier à l'autorité d'approbation des plans les différences éventuelles qui pourraient motiver une réévaluation.

À propos de l'assainissement, le détenteur constate :

- Il n'est pas nécessaire d'assainir l'installation
- L'installation doit être assainie. L'ordre des phases va être optimisé.
- L'installation doit être assainie. Le détenteur demande toutefois à ne pas effectuer l'optimisation de l'ordre des phases pour les raisons suivantes

Motif :

---

Date :

Signature :

Timbre de l'entreprise :

#### Annexes (indiquer le nombre)

- Fiche complémentaire au formulaire de notification
- Plan d'ensemble
- Coupe transversale passant par le LUS le plus proche
- Plan de la disposition des conducteurs
- Coupe transversale présentant les isolignes de la densité de flux magnétique
- Identification des ternes faisant partie de l'installation pour les lignes parallèles
- Évaluation des données relatives aux flux de charge
- Détermination de l'ordre des phases optimal

## Fiche complémentaire à l'évaluation de la nécessité d'assainir

### Sous-tronçon :

Cocher ce qui convient

#### 1 Recueil des ternes

- Il n'y a qu'une seule ligne.  
 Il y a des lignes parallèles. La détermination des ternes à prendre en compte se trouve à l'annexe

Ternes et lacets faisant partie de l'installation

ID Terne/Lacet	Désignation	Détendeur	Type de ligne*	Tension nominale (kV)	Fréquence	Remarque

\* Mentions possibles : ligne aérienne ; ligne en câbles

#### 2 Respect de la VLInst dans le LUS le plus proche : évaluation approximative

##### Courants thermiques limites

ID Terne/Lacet	Section/Matériau	Courant thermique limite (A)	Remarque
	/		
	/		

##### Disposition des conducteurs et distance indicative

Figure cotée de la disposition des conducteurs à l'annexe :

Distance maximale  $q$  entre deux conducteurs d'un terne/lacet : m

Distance indicative  $r$  pour le respect de la VLInst selon le tableau ci-après : m

##### Ligne à deux ternes

Distance indicative  $r$  entre un LUS et le centre de gravité du terne le plus proche

Distance maximale $q$ entre 2 conducteurs du même terne	Courant thermique limite				
	jusqu'à 100 A	101 à 225 A	226 à 400 A	401 à 625 A	626 à 750 A
jusqu'à 20 cm	3,2 m	4,8 m	6,4 m	8,0 m	8,8 m
21 à 40 cm	4,6 m	6,9 m	9,2 m	11,5 m	12,7 m
41 à 60 cm	5,6 m	8,4 m	11,2 m	14,0 m	15,4 m
61 à 80 cm	6,4 m	9,6 m	12,8 m	16,0 m	17,6 m
81 à 100 cm	7,0 m	10,5 m	14,0 m	17,5 m	19,3 m
101 à 200 cm	10,0 m	15,0 m	20,0 m	25,0 m	27,5 m
201 à 400 cm	14,0 m	21,0 m	28,0 m	35,0 m	38,5 m
401 à 620 cm	17,5 m	26,3 m	35,0 m	43,8 m	48,2 m

**LUS le plus proche**

Description/Utilisation du LUS le plus proche :

Distance directe entre ce LUS et le centre de gravité du terne le plus proche : m

**Résultat :**

- La distance directe entre le LUS et le terne le plus proche est supérieure à la distance indicative  $r$ .  
 → La VLInst est respectée dans tous les LUS. À reporter sous ch. 3.1 du corps du formulaire de notification avec la mention « distance indicative par rapport au LUS le plus proche respectée ».
- La distance latérale entre l'axe de la ligne et le LUS le plus proche est inférieure à 20 m ou au double de la distance indicative  $r$ .  
 → Joindre une coupe transversale passant par ce LUS : annexe

**3 Combinaison des directions des flux de charge déterminante****Ternes de 50 Hz**

Terne m / Terne n	Combinaison des directions des flux de charge déterminante*	Base**	Certitude du résultat***	Remarque
/				
/				
/				

\* Mentions possibles : parallèle ; antiparallèle ; non couplée

\*\* Mentions possibles : estimation ; enregistrement des données d'exploitation ;

\*\*\* Mentions possibles : certain ; incertain. La mention « incertain » doit être reportée sous le ch. 3.1 ou 3.2 du corps du formulaire de notification.

**Lacets de 16,7 Hz**

Lacet i / Lacet j	Combinaison des directions des flux de charge déterminante*	Base**	Certitude du résultat***	Remarque
/				
/				
/				

\* parallèle ; antiparallèle ; non couplée

\*\* estimation ; enregistrement des données d'exploitation

\*\*\* certain ; incertain. La mention « incertain » doit être reportée sous le ch. 3.1 ou 3.2 du corps du formulaire de notification

Remarques :

**4 Vérification de l'ordre des phases**Représentation de l'ordre des phases **actuel** à l'annexe :Représentation de l'ordre des phases **optimal** à l'annexe :

Modélisation pour déterminer l'ordre des phases optimal à l'annexe :

**Résultat :**

- L'ordre des phases actuel est optimal.  
 → Reporter la mention « ordre des phases optimisé » sous le ch. 3.1 du corps du formulaire de notification.
- L'ordre des phases actuel n'est pas optimal.

## 5 Respect de la VLInst dans les LUS : évaluation précise

### Courants déterminants

ID Terme/Lacet	Section/Matériau	Courant thermique limite (A)	Courant déterminant (A)	Remarque
	/			
	/			
	/			
	/			

\* Lorsque le courant déterminant est inférieur au courant thermique limite, on le signalera sous le ch. 3.1 du corps du formulaire de notification.

### Périmètre d'examen

Documentation concernant la détermination du périmètre de légitimation à l'annexe

Documentation concernant la détermination du périmètre d'examen à l'annexe :

→ Faire figurer le périmètre d'examen sur le plan d'ensemble.

### LUS situés à l'intérieur du périmètre d'examen

N° LUS	Situation	Description/Utilisation	Coupe transversale (n° annexe)	Remarque

### Résultat :

Tous les LUS sont situés hors de l'isoline de 1  $\mu$ T. La VLInst est respectée.

→ À reporter sous le ch. 3.1 du corps du formulaire de notification avec la mention « VLInst respectée dans tous les LUS ».

## > Annexe 3

### A3 **Formulaire de notification : Distance à respecter par rapport à une ligne à haute tension lors de la délimitation de nouvelles zones à bâtir**

#### A3-1 **Instructions pour remplir le formulaire de notification**

En règle générale, les nouvelles zones à bâtir prévues sont relativement petites et ne concernent des lignes à haute tension existantes ou prévues que sur un tronçon relativement restreint. On peut donc admettre que, sur le petit tronçon à apprécier, la configuration de la ligne (disposition des conducteurs, nombre de ternes, mode d'exploitation déterminant) reste constante. C'est pourquoi, le formulaire de notification n'est conçu que pour une seule configuration. Si, exceptionnellement, il fallait évaluer plus d'une configuration, le tronçon serait subdivisé en sous-tronçons et un formulaire de notification serait rempli pour chacun d'eux.

Un formulaire au format Word où la taille des lignes des tableau s'adapte automatiquement à la longueur des énoncés peut être téléchargé à l'adresse internet suivante : [www.bafu.admin.ch/elektrosmog/01100/01108/04391/index.html?lang=fr](http://www.bafu.admin.ch/elektrosmog/01100/01108/04391/index.html?lang=fr). Seul ce modèle de formulaire doit être utilisé pour remplir les formulaires de notification.

#### A3-1.1 **À propos du ch. 1 : Indications générales**

Désignation de la ligne électrique, vue à grande échelle.

Désignation de la ligne électrique

Désignation du tronçon de ligne concerné par le présent formulaire de notification.

Tronçon de ligne examiné

Exemples :

- > pylônes 10 à 12
- > le long des parcelles 1013 et 1014

#### A3-1.2 **À propos du ch. 2 : Données techniques**

On indiquera ici les données techniques de l'installation pour lesquelles la distance à respecter sera calculée. Dans le cas de lignes existantes, il doit s'agir des données de l'installation et du mode d'exploitation déterminant selon les plans approuvés. Dans le cas de lignes en projet qui se trouvent déjà en procédure d'approbation des plans (PAP), on indiquera les données conformément aux documents déposés. Si une ligne est prévue, mais que la PAP correspondante n'est pas encore engagée, on indiquera des données plausibles quant à la disposition des conducteurs, l'ordre des phases et l'exploitation.

## A3-1.2.1 À propos du ch. 2.1 : Liste des ternes

Dans le tableau on fera figurer les ternes ou lacets faisant partie de l'installation. Dans le cas de lignes parallèles, on vérifiera au moyen de la procédure du paragraphe 2.1.3 quels sont les ternes qui constituent ensemble une seule installation. Le résultat sera documenté en annexe.

À propos des colonnes du tableau

Mentions possibles :

- > ligne aérienne
- > ligne en câbles

Type de ligne

On indiquera ici le courant déterminant pour chaque terna (§ 2.4.1) selon l'approbation des plans. Si cette valeur n'a pas été fixée dans l'arrêté d'approbation ou si la ligne ne se trouve qu'à l'état de projet, on indiquera le courant thermique limite.

Courant déterminant

## A3-1.2.2 À propos du ch. 2.2 : Combinaison des directions des flux de charge déterminante

Ce chiffre doit être complété pour les installations comportant au moins deux ternes de même fréquence.

Des informations de base relatives à cette donnée d'exploitation figurent au paragraphe 2.4.2 et au chapitre 8.6.

Dans le tableau « Ternes de 50 Hz », on remplira une ligne pour chaque paire de ternes de 50 Hz figurant sous le ch. 1 du tableau. Cela vaut par analogie pour les lacets de 16,7 Hz. Les combinaisons entre deux ternes de fréquences différentes n'entrent pas en considération.

Pour deux ternes il existe une paire, pour trois ternes trois paires, pour quatre ternes six paires, etc.

À propos des colonnes des tableaux

Mentions possibles :

- > parallèle
- > antiparallèle
- > non couplée

Combinaison des directions  
des flux de charge déterminante

On indiquera ici si le couplage mentionné a été estimé de manière qualitative ou s'il a été déterminé par une évaluation des données relatives aux flux de charge selon le chapitre 8.6 Dans ce dernier cas, le résultat de l'analyse statistique sera annexé et on introduira un renvoi à cette annexe dans le tableau.

Base

**A3-1.3 À propos du ch. 3 : Distance à respecter**

Pour la présente disposition des conducteurs, le présent ordre des phases et les données d'exploitation correspondantes mentionnées sous le chiffre 2, on modélisera l'isoligne de  $1 \mu\text{T}$  de la densité de flux magnétique dans le plan perpendiculaire à l'axe de la ligne (§ 8.1.4) et on la représentera graphiquement, sous forme de coupe transversale, en annexe. L'éloignement latéral maximal de l'isoligne de  $1 \mu\text{T}$  par rapport à l'axe de la ligne correspond à la distance à respecter lors de la définition de nouvelles zones à bâtir.

On fera figurer la distance à respecter sous forme de corridor sur un plan d'ensemble, à une échelle appropriée.

## Formulaire de notification

# Distance à respecter lors de la délimitation de nouvelles zones à bâtir à proximité de lignes à haute tension

### 1 Indications générales

Désignation de la ligne électrique :

Tronçon de ligne examiné :

ligne existante :   
 ligne prévue :

Entreprises impliquées : Détenteur de la ligne 1 :

Détenteur de la ligne 2 :

Détenteur de la ligne 3 :

Numéro de l'approbation des plans :

### 2 Données techniques

#### 2.1 Liste des ternes

- Il n'y a qu'une seule ligne.  
 Il y a des lignes parallèles. La détermination des ternes à prendre en compte se trouve à l'annexe

#### Ternes et lacets faisant partie de l'installation

ID Terne/Lacet	Désignation	Détenteur	Type de ligne*	Tension nominale (kV)	Fréquence	Remarque

\* Mentions possibles : ligne aérienne ; ligne en câbles

- Il n'y a qu'un seul terna ou lacet par fréquence.  
 → Les directions des flux de charge ne sont pas déterminantes dans le calcul de la distance à respecter. Le ch. 2.2 ne doit pas être complété.
- Il y a au moins deux ternes/lacets de même fréquence.  
 → Les directions des flux de charge sont déterminantes dans le calcul de la distance à respecter. Le ch. 2.2 doit être complété.

Remarques :

---

## 2.2 Combinaison des directions des flux de charge déterminante

### Ternes de 50 Hz

Terne m / Terne n	Combinaison des directions des flux de charge déterminante*	Base**	Remarque
/			
/			
/			

\* Mentions possibles : parallèle ; antiparallèle ; non couplée

\*\* Mentions possibles : estimation ; enregistrement des données d'exploitation

### Lacets de 16,7 Hz

Lacet i / Lacet j	Combinaison des directions des flux de charge déterminante*	Base**	Remarque
/			
/			
/			

\* Mentions possibles : parallèle ; antiparallèle ; non couplée

\*\* Mentions possibles : estimation ; enregistrement des données d'exploitation

Remarques :

---

## 3. Distance à respecter

La distance à respecter est de                      m à partir de l'axe de la ligne.

## 4. Annexes (indiquer le nombre)

Plan de la géométrie des conducteurs

Coupe transversale comportant l'isoligne de 1  $\mu$ T

Plan d'ensemble

Identification des ternes faisant partie de l'installation pour les lignes parallèles

Date :

Signature :

Timbre de l'entreprise :

## > Annexe 4

A4

### Courant thermique limite de lignes aériennes

Courant thermique limite (charge permanente admise) pour des cordes et des fils usuels à l'air libre, à une température ambiante de 40 °C et avec la présence d'un vent de vitesse 0,5 m/s selon «Recommandations relatives à l'intensité de courant admissible en permanence dans les conducteurs aériens», SEV 198:1952 et 198/A1:1960.

Tab. 4 > Cordes en cuivre, aluminium ou Aldrey.

Diamètre de la corde (mm)	Section de la corde (mm <sup>2</sup> )	Courant thermique limite (ampère)		
		Matériau du conducteur		
		Cuivre (Cu)	Aluminium (Al)	Aldrey (Ad)
5,10	16	110		85
6,42	25	145	125	115
7,56	35	175	160	150
9,06	50	220	200	190
10,90	70	280	250	240
12,60	95	340	305	290
14,20	120	400	355	340
15,90	150	460	410	395
17,60	185	525	470	450
20,10	240	625	560	535
22,50	300	720	645	620
26,10	400	870	780	745
29,00	500	-	890	860
30,50	550	-	950	915
31,90	600	-	1000	960

Tab. 5 > Cordes en aluminium/acier et Aldrey/acier.

Diamètre de la corde (mm)	Section nominale Al ou Ad + acier (mm <sup>2</sup> )	Courant thermique limite (ampère)	
		Matériau du conducteur	
		Aluminium/acier	Aldrey/acier
5,10	14 + 2		80
6,42	21 + 4	115	110
7,56	30 + 5	145	140
9,06	43 + 7	185	175
10,90	60 + 10	230	220
12,60	77 + 18	280	270
14,20	97 + 23	325	310
15,90	122 + 28	370	355
17,60	150 + 35	425	405
20,10	195 + 45	505	480
22,50	243 + 57	580	-
22,50	265 + 35	-	580
26,10	355 + 45	735	700
29,00	440 + 60	850	815
30,50	485 + 65	900	860
31,90	530 + 70	950	910

Pour des conducteurs en faisceaux à deux, trois ou quatre conducteurs, la valeur du courant thermique limite correspondra au double, triple ou quadruple de la valeur figurant dans le tableau.

Pour des conducteurs en faisceaux à deux, trois ou quatre conducteurs, la valeur du courant thermique limite correspondra au double, triple ou quadruple de la valeur figurant dans le tableau.

**Tab. 6 > Fils en cuivre ou Aldrey.**

Diamètre du fil (mm)	Section du fil (mm <sup>2</sup> )	Courant thermique limite (ampère)	
		Matériau du conducteur	
		Cuivre (Cu)	Aldrey (Ad)
4	12,5	90	75
5	19,6	120	100
6	28,3	150	125
7	38,5	180	155
8	50,2	215	185

## > Annexe 5

A5

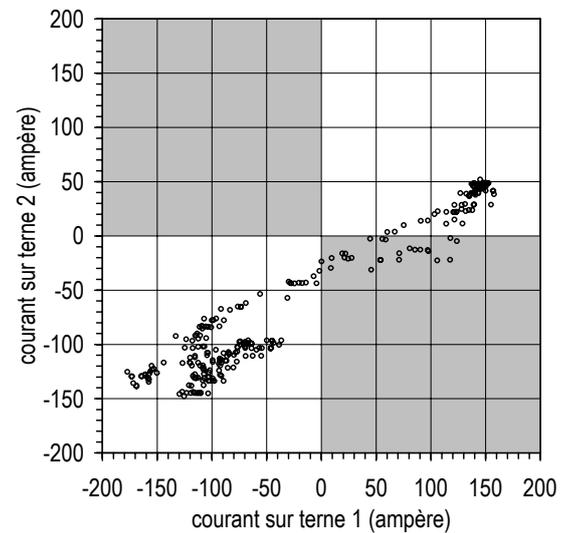
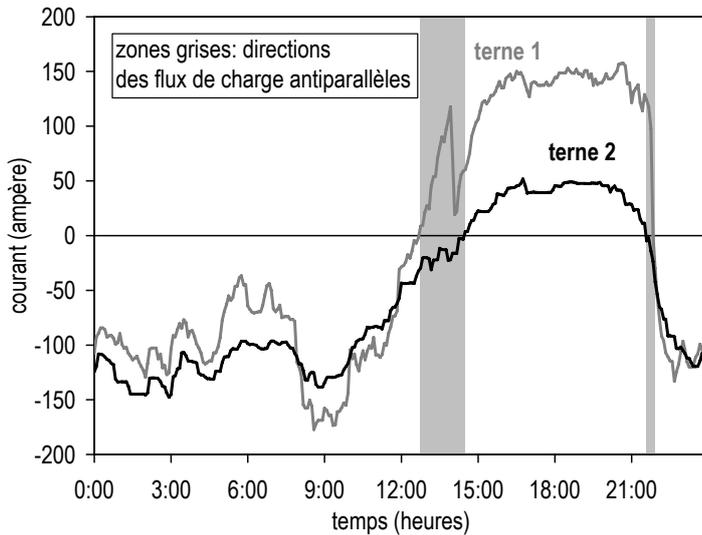
### Combinaison des directions des flux de charge déterminante relative à deux ternes

Il est précisé au paragraphe 2.4.2 que, pour la fixation du mode d'exploitation déterminant, les directions des flux de charge de deux ternes ne devaient généralement pas être considérées de manière isolée. Il faut plutôt prendre en compte la corrélation temporelle des évolutions des flux de charge, en particulier lorsque les directions des flux changent.

Cela est illustré sur l'exemple suivant relatif à une ligne à deux ternes sur lesquels les directions des flux de charge changent deux fois par jour. Le terne 1 transporte l'énergie pendant 62 % de la journée, le terne 2 pendant 70 % dans une direction (courants avec un signe négatif), le reste du temps l'énergie circule dans la direction inverse. La figure 15 présente l'évolution des flux de charge de ces deux ternes et l'évaluation statistique au sens du paragraphe 8.6.2 pour le cas où le changement de direction s'effectue à peu près en même temps sur les deux ternes. Pour des raisons de simplicité, la représentation se limite à une durée de 24 heures. Le coefficient de corrélation  $k$  vaut 0,82, la combinaison des directions des flux de charge est donc parallèle comme peut le laisser supposer une première impression.

On obtient le résultat contraire lorsque les deux évolutions de la figure 15 sont décalées de 12 heures l'une par rapport à l'autre. La situation d'exploitation correspondante est représentée à la figure 16. Le coefficient de corrélation  $k$  vaut ici  $-0,44$ , la combinaison des directions des flux de charge déterminante est donc ici antiparallèle. Cet exemple montre qu'il ne suffit pas de considérer chaque terne séparément, mais qu'il faut plutôt prendre en compte la corrélation temporelle des évolutions des flux de charge.

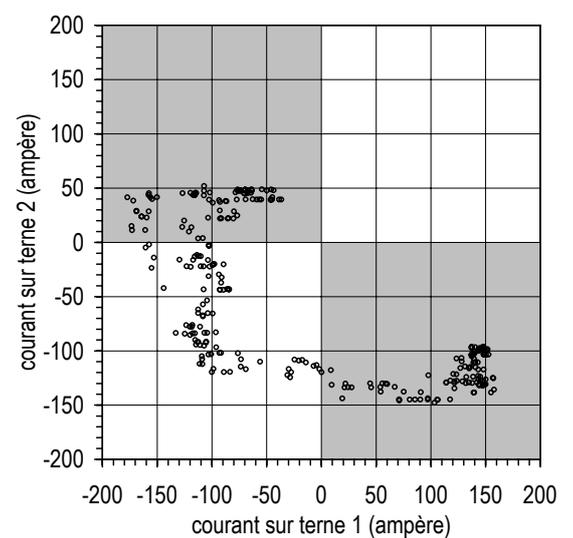
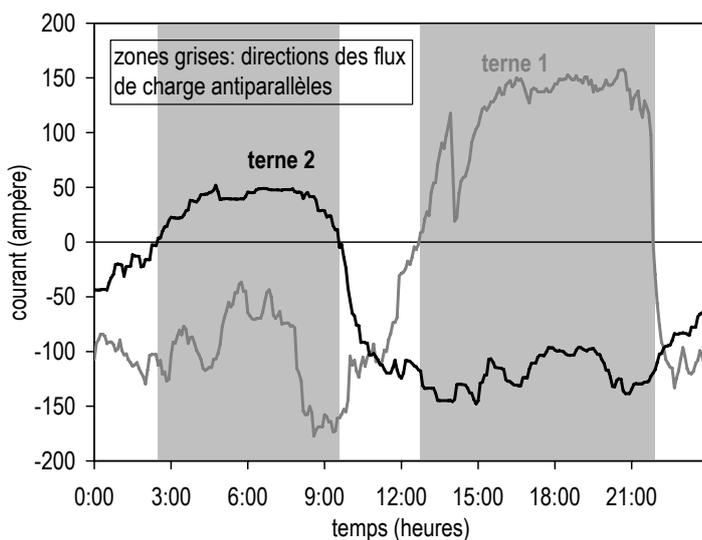
Fig. 15 &gt; Ligne à deux terne avec des flux de charge parallèles.



à gauche : évolution des courants pendant 24 heures

à droite : évaluation statistique des courants selon le paragraphe 8.6.2  
coefficient de corrélation  $k = 0,82$

Fig. 16 &gt; Ligne à deux terne avec des flux de charge antiparallèles.



à gauche : évolution des courants pendant 24 heures

à droite : évaluation statistique des courants selon le paragraphe 8.6.2  
coefficient de corrélation  $k = -0,44$

## > Annexe 6

### A6 Estimation de l'incertitude liée aux mesures de réception

#### A6-1 Démarche générale

Le résultat final d'une mesure de réception effectuée selon le chapitre 8.2 est la différence  $\Delta B$  entre la valeur mesurée ( $B_{mes}$ ) et la valeur modélisée ( $B_{mod}$ ) de la densité de flux magnétique existant en un lieu donné à un moment donné :

$$\Delta B = | B_{mess} - B_{mod} | \quad (9)$$

Plus  $\Delta B$  est petit, mieux le résultat de la mesure de la densité de flux magnétique correspondra à celui de la modélisation.

Une incertitude est liée à  $\Delta B$ , et il faudra la déterminer dans le cas d'espèce. La correspondance entre mesure et modélisation ne peut être attendue que dans un intervalle correspondant à cette incertitude.

En métrologie, on utilise les notions d'**incertitude standard** et d'**incertitude élargie**.

- > L'incertitude standard d'une mesure correspond à l'écart-type de la distribution de la grandeur mesurée. N'étant souvent pas connue, elle doit être calculée à partir des spécifications des appareils ou estimée sur la base de l'expérience.
- > L'incertitude élargie définit le domaine dans lequel la valeur de la grandeur mesurée se situe avec une certaine probabilité (normalement la probabilité est fixée à 95%). Lorsque les résultats de mesure suivent une distribution normale (distribution de Gauss) et que le niveau de confiance est de 95%, l'incertitude élargie est 1,96 fois plus grande que l'incertitude standard. En métrologie, ce facteur est généralement arrondi à 2.

Pour déterminer l'incertitude élargie totale  $U$ , on prend en considération tous les paramètres pouvant influencer les résultats de la mesure et de la modélisation. Tout d'abord on estime l'incertitude  $U_p$  associée à chaque paramètre  $p$ . Ensuite, on en déduit l'incertitude standard  $u_p$  au moyen d'un diviseur  $k_p$ , spécifique à la distribution statistique admise. L'incertitude standard totale  $u$  est obtenue par addition des contributions à l'incertitude  $u_p$  ainsi normées. Les deux étapes sont résumées dans l'équation (10).

$$u = \sqrt{\sum_p u_p^2} = \sqrt{\sum_p \left(\frac{U_p}{k_p}\right)^2} \quad (10)$$

Finalement, l'incertitude élargie totale  $U$  est obtenue à partir de l'incertitude standard totale  $u$  au moyen de la relation suivante :

$$U = 2 \cdot u \quad (11)$$

Signification des symboles :

$p$	indice des divers paramètres
$k_p$	diviseur associé au paramètre $p$ pour l'obtention de l'incertitude standard
$u_p$	incertitude standard du paramètre $p$
$u$	incertitude standard liée à la mesure de réception (combinaison de tous les paramètres)
$U_p$	contribution spécifiée/estimée du paramètre $p$ à l'incertitude
$U$	incertitude élargie liée à la mesure de réception (combinaison de tous les paramètres)

Le diviseur  $k_p$ , nécessaire au calcul de l'incertitude standard  $u_p$  à partir de  $U_p$ , est choisi selon les règles suivantes :

- >  $k = 2$ , lorsque les incertitudes sont issues d'un certificat d'étalonnage, car elles sont normalement considérées comme des valeurs d'un niveau de confiance de 95% d'une distribution normale ;
- >  $k = \sqrt{3}$ , lorsque les incertitudes sont issues des spécifications de la fiche de données, car elles sont à considérer comme des valeurs maximales d'une distribution rectangulaire.

## A6-2 Exemple

Un exemple proche de la réalité est présenté ci-après, à titre d'illustration, ainsi que les calculs y relatifs. Toutes les incertitudes y compris les fonctions de distribution admises peuvent varier en fonction de la situation (à l'exception des données relatives aux contributions forfaitaires fixes).

Il s'agit, dans cet exemple, d'une ligne aérienne de 380 kV à deux ternes avec des pylônes tonneau. La densité de flux magnétique a été mesurée sur la droite, à une distance latérale de 45 mètres à partir de l'axe de la ligne, en un lieu situé 12 mètres sous le conducteur le plus bas.

### A6-2.1 Mesure de la densité de flux magnétique

L'intensité du champ magnétique a été mesurée et enregistrée durant 30 minutes. De cet enregistrement on a sélectionné un intervalle de deux minutes durant lequel la densité de flux magnétique était élevée et plutôt stable. La moyenne de la densité de flux magnétique  $B_{mes}$  relative à ces deux minutes était de  $1,4 \mu\text{T}$ , l'écart-type de la moyenne de  $0,035 \mu\text{T}$ .

L'incertitude liée à l'appareil de mesure, indiquée sur la feuille de données techniques, est de  $\pm 3\%$ , soit  $0,042 \mu\text{T}$ . Cette valeur comprend l'erreur absolue, les erreurs liées à la linéarité, la réponse en fréquence et l'isotropie ainsi que les influences de la température et de l'humidité. L'indication est interprétée comme limites supérieure et inférieure d'une distribution rectangulaire. Ces données sont rassemblées dans le tableau 7.

**Tab. 7** > Incertitude liée à la mesure de la densité de flux magnétique.

$B_{mes} : 1,4 \mu\text{T}$ .

Paramètre $p$	Incertitude liée au paramètre		Origine des données	Distribution	Diviseur	Incertitude standard $u_p$ ( $\mu\text{T}$ )
	(%)	( $\mu\text{T}$ )				
Étalonnage de l'appareil de mesure	$\pm 3$	$\pm 0,042$	Feuille de données techniques	Rectangulaire	1,73	$\pm 0,024$
Moyenne temporelle			Écart-type de la moyenne	--	--	$\pm 0,035$

### A6-2.2 Mesure des courants

Le courant circulant sur le terne de droite, le plus proche du lieu de mesure, était de 1200 A, celui circulant sur le terne de gauche, plus éloigné du lieu de mesure, de 800 A. En raison des données d'étalonnage du dispositif de mesure du courant, on admet une incertitude de  $\pm 5\%$  sur les courants. Cette valeur est à comprendre comme un intervalle de confiance de 95 % d'une distribution normale. À cela s'ajoute une contribution fixe de  $\pm 2,5\%$  (incertitude standard) pour la moyenne temporelle et des écarts par rapport à la charge idéale symétrique des conducteurs de phase individuels. Ces données sont rassemblées dans le tableau 8 (terne de droite) et le tableau 9 (terne de gauche). Le résultat n'entre pas directement dans l'estimation de l'incertitude totale, mais constitue la base de la modélisation complémentaire selon le paragraphe A6-2.3.

**Tab. 8 > Incertitude liée à la mesure du courant (terne de droite).** $I_{mes} : 1200 A.$ 

Paramètre	Incertitude liée au paramètre		Origine des données	Distribution	Diviseur	Incertitude standard (A)
	(%)	(A)				
Appareil de mesure	±5	±60	Certificat d'étalonnage	Normale	2	±30
Contribution fixe des imperfections	±2,5	±30	Incertitude standard	--	--	±30
Total						±42

**Tab. 9 > Incertitude liée à la mesure du courant (terne de gauche).** $I_{mes} : 800 A.$ 

Paramètre	Incertitude liée au paramètre		Origine des données	Distribution	Diviseur	Incertitude standard (A)
	(%)	(A)				
Appareil de mesure	±5	±40	Certificat d'étalonnage	normal	2	±20
Contribution fixe due aux imperfections	±2,5	±20	Incertitude standard	--	--	±20
Total						±28

**A6-2.3 Effet exercé par l'incertitude liée aux courants sur la densité de flux magnétique modélisée**

La façon dont l'incertitude liée aux courants exerce un effet sur la densité de flux magnétique modélisée  $B_{mod}$  dépend fortement de la situation concrète et du mode d'exploitation de la ligne et ne peut pas être estimée globalement. L'augmentation du courant d'un terne peut entraîner une élévation de la densité de flux magnétique dans un cas et une réduction dans un autre. L'effet doit donc être déterminé dans le cas d'espèce au moyen du modèle de calcul. À cet effet, on refait une modélisation en augmentant le courant du terne de la valeur de l'incertitude standard figurant dans le tableau 8, les autres paramètres restant inchangés. Comme résultat de la nouvelle modélisation, on obtient une densité de flux magnétique  $B'_{mod}$  légèrement différente. La différence  $|B_{mod} - B'_{mod}|$  correspond à l'incertitude standard de la densité de flux magnétique modélisée due à l'incertitude standard du courant correspondant. Cette nouvelle modélisation est effectuée une fois pour chaque terne, donc deux fois dans le présent exemple. Lors de la deuxième modélisation, le courant du terne de gauche est augmenté de la valeur de l'incertitude standard figurant dans le tableau 9. Le résultat de la modélisation complémentaire figure dans le tableau 10.

**Tab. 10** > Effet de l'incertitude liée aux courants sur la densité de flux magnétique modélisée. $B_{mod} : 1,510 \mu T$  (pour des courants de 800 / 1200 A).

Paramètre $p$	Courants pour la modélisation (A)		Densité de flux magnétique modélisée ( $\mu T$ )	
	gauche	droite	Résultat de la modélisation	Incertitude standard
			$B'_{mod}$	$u_p = \pm  B_{mod} - B'_{mod} $
Courant à gauche	828	1200	1,486	$\pm 0,024$
Courant à droite	800	1242	1,586	$\pm 0,076$

**A6-2.4 Résultat final de la mesure de réception**

Conformément à l'équation (9), la différence  $\Delta B$  entre la mesure et la modélisation de la densité de flux magnétique s'écrit ainsi :

$$\Delta B = 1,51 - 1,40 \mu T = 0,11 \mu T$$

L'incertitude totale s'obtient par addition de toutes les contributions des tableaux 7 et 10, plus une contribution forfaitaire fixe de  $\pm 3\%$  pour l'incertitude liée au modèle et à la détermination de la distance. Ces contributions se trouvent au tableau 11.

**Tab. 11** > Incertitude totale liée à la mesure de réception.

	Paramètre $p$	Incertitude standard $u_p$ ( $\mu T$ )
Mesure de la densité de flux magnétique	Appareil de mesure	$\pm 0,024$
	Moyenne temporelle	$\pm 0,035$
Modélisation	Courant à gauche	$\pm 0,024$
	Courant à droite	$\pm 0,076$
	Modèle, contribution forfaitaire fixe ( $\pm 3\%$ )	$\pm 0,045$
Incertitude standard totale $u = \sqrt{\sum_p u_p^2}$		$\pm 0,101 \mu T$
Incertitude élargie totale $U = 2 \cdot u$		$\pm 0,202 \mu T$

- > La différence entre mesure et modélisation est de  $0,11 \mu T$ .
- > Une incertitude élargie de  $\pm 0,202 \mu T$  est liée à cette valeur.
- > La différence est inférieure à l'incertitude. Mesure et modélisation se correspondent dans le cadre de l'incertitude.
- > Le modèle de calcul est considéré comme validé.

## > Annexe 7

### A7 Exigences posées en cas d'adaptation d'anciennes installations

Si une installation, autorisée avant le 1<sup>er</sup> février 2000 (c'est-à-dire une « ancienne installation » au sens de l'ORNI), doit être adaptée, elle doit remplir des exigences en ce qui concerne la limitation préventive des émissions selon l'ORNI, qui dépendent de la nature du projet. Certaines adaptations sont considérées comme « modification d'une ancienne installation » ; d'autres sont telles qu'une ancienne installation acquiert le statut de nouvelle installation. Pour les autres adaptations, pour autant qu'elles n'entraînent pas de modifications de la densité de flux magnétique dans le mode d'exploitation déterminant, l'ORNI ne contient aucune consigne spécifique ; ce sont donc les exigences relatives aux « anciennes installations » qui s'appliquent.

Les définitions et les exigences sont expliquées en détail dans les chapitres 2.5, 2.6 et 3.1. Pour une première impression, les projets les plus courants sont classés dans l'une des trois catégories dans le tableau 12. Cette classification n'est valable que pour le tronçon de ligne devant être effectivement adapté.

Ce tableau ne s'applique pas aux transformations d'installations autorisées depuis le 1<sup>er</sup> février 2000 (« nouvelles installations » au sens de l'ORNI). Lors de la transformation de telles installations s'appliquent toujours les exigences posées aux nouvelles installations, même lors d'adaptations ultérieures.

Tab. 12 &gt; Projets concernant d'anciennes installations.

Projet	Type de ligne	Critères (cumulatifs)	ORNI : exigences posées aux			Paragraphe
			anciennes installations	modification d'une ancienne installation	nouvelles installations	
Déplacement de pylônes	Lignes aériennes	un seul pylône	X			2.5.2
		deux ou plusieurs pylônes successifs			X	
Déplacement du bloc de tubes	Lignes en câbles				X	2.5.2
Remplacement de pylônes	Lignes sur poteaux en bois	sur le tracé existant	X			2.5.3, 2.6.4
	Lignes aériennes sur pylônes en béton et en treillis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sur les fondations existantes</li> <li>• même hauteur, même silhouette de mât</li> </ul>	X			
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• un seul pylône sur nouvelle fondation</li> <li>• même hauteur, même silhouette de mât</li> </ul>	X			
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• deux ou plusieurs pylônes successifs</li> <li>• nouvelles fondations</li> </ul>			X	2.5.3
Surélévation de pylônes	Lignes aériennes	sur les fondations existantes		X		2.6.1
Mise en place d'un terne supplémentaire	Lignes aériennes	sur des pylônes existants		X		2.5.1, 2.6.1
Introduction de câbles unipolaires supplémentaires	Lignes en câbles	dans des tuyaux existants vides		X		
Introduction de câbles unipolaires dans un bloc de tubes vide	Lignes en câbles	bloc de tubes autorisé avant le 1 <sup>er</sup> février 2000	X			2.6.4
Remplacement des consoles	Lignes aériennes	position des points de suspension (silhouette de mât) inchangée	X			2.6.1
		position des points de suspension (silhouette de mât) changée		X		2.6.1
Nouvelle ligne parallèle à une ligne existante	Lignes aériennes et en câbles	L'ancienne et la nouvelle ligne forment ensemble une installation commune		X		2.1.3, 2.6.1
Modification de l'ordre des phases	Lignes aériennes et en câbles	au moins deux ternes de même fréquence		X		2.6.3
Remplacement des conducteurs	Lignes aériennes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• courant thermique limite inchangé</li> <li>• flèche inchangée</li> </ul>	X			2.6.4
		courant thermique limite plus élevé et/ou flèche plus grande		X		2.6.2
	Lignes en câbles	courant thermique limite inchangé	X			2.6.4
		courant thermique limite plus élevé		X		2.6.2
Élévation de la tension	Lignes aériennes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• position des points de suspension des conducteurs inchangée</li> <li>• courant thermique limite inchangé</li> </ul>	X			2.6.4
Travaux d'entretien	Lignes aériennes et en câbles	sans influence sur la densité de flux magnétique dans le mode d'exploitation déterminant	X			2.6.4

## > Abréviations / Glossaire

Notion / Abréviations	Signification/Explication	Chapitre
Ancienne installation	Approbation des plans homologuée avant le 1 <sup>er</sup> février 2000	2.5 ; A7
Angle de déphasage	Déphasage entre courant et tension.	8.2.2
Assainissement	Mesures à réaliser sur une ancienne installation aux fins du respect de l'ORNI. Il s'agit de l'optimisation de l'ordre des phases ou de mesures visant au respect de la VLI pour l'intensité de champ électrique. Cela ne concerne pas les travaux d'entretien ou de transformation devant garantir la sécurité technique.	3.1.2 ; 3.2 ; 6 ; A2
Champ électrique	Généré par des conducteurs sous tension. Il importe dans le cas des lignes aériennes. Dans celui des lignes en câbles, les gaines et le terrain exercent un effet de blindage électrique.	
Champ magnétique	Généré par des conducteurs parcourus par un courant électrique. Importe aussi bien dans le cas des lignes aériennes que dans celui des lignes en câbles.	
Combinaison des directions des flux de charge déterminante	Définition et explications dans le texte.	2.4.2, 8.6
Courant déterminant	Définition voir texte	2.4.1
Courant thermique limite	Définition voir texte	2.4.1, A4
Densité de flux magnétique	Synonyme d'intensité du champ magnétique. Symbole : $B$ Unité : tesla (dans la présente aide à l'exécution, le microtesla, $\mu T$ )	
Direction du flux de charge	Direction dans laquelle l'énergie électrique est transportée.	
Distance à respecter lors de la délimitation de zones à bâtir	Distance à respecter lors de la délimitation de nouvelles zones à bâtir par rapport à une ligne électrique existante ou définie dans un plan d'aménagement.	A3
Distance indicative	Distance par rapport à une ligne à haute tension, à partir de laquelle la valeur limite de l'installation dans le mode d'exploitation déterminant est respectée avec certitude. Il s'agit d'une donnée conservatrice concernant le cas le plus défavorable. Ne s'applique qu'aux lignes à un ou deux termes.	8.3
EIE	Étude d'impact sur l'environnement	
Fréquence	Nombre d'oscillations par seconde. Symbole : $f$ Unité : hertz (Hz). Courant triphasé : 50 Hz Courant de traction : 16,7 Hz	
IFICF	Inspection fédérale des installations à courant fort	1.1
Intensité de champ électrique	Symbole : $E$ Unité : volt par mètre, V/m	
Intensité de courant	Symbole : $I$ Unité : ampère (A)	
Isoligne de la densité de flux magnétique	Ligne dans un plan ou une coupe transversale, reliant les lieux d'égale densité de flux magnétique. On utilise principalement l'isoligne de 1 $\mu T$ . Celle-ci limite le secteur dans lequel la valeur limite de l'installation est dépassée dans le mode d'exploitation déterminant.	
Lacet	Les deux conducteurs de phase d'un circuit électrique dans le cas des lignes de transport d'électricité des chemins de fer. Pour les lignes à courant triphasé, voir <i>Terne</i> .	
LAT	Loi fédérale sur l'aménagement du territoire (loi sur l'aménagement du territoire), RS 700	
Ligne à haute tension	Ligne électrique d'une tension nominale d'au moins 1000 V (tension alternative) ou 1500 V (tension continue)	
Limitations préventives des émissions	Définition et explications dans le texte	3.1
LPE	Loi fédérale sur la protection de l'environnement, RS 814.01	
LSM	Lieu de séjour momentané	2.8

Notion / Abréviation	Signification/Explication	Chapitre
LTrans	Loi fédérale sur le principe de la transparence dans l'administration (loi sur la transparence), RS 152.3	4.2
LUS	Lieu à utilisation sensible	2.7
Mesure de réception	Approche globale aux fins de validation du <i>modèle de ligne</i> . Comprend les mesures de la densité de flux magnétique, des paramètres d'exploitation de la ligne, de la distance entre la ligne et le lieu de mesure ainsi que la modélisation de la densité de flux magnétique.	8.2
Mesure indicative	Mesure de la densité de flux magnétique sans enregistrement simultané des paramètres d'exploitation de la ligne électrique	8.2.1
Mode d'exploitation déterminant	Mode d'exploitation défini pour lequel les limitations préventives des émissions (p. ex. la valeur limite de l'installation) doivent être respectées par la ligne électrique.	2.4
Modèle de ligne	Jeu de paramètres caractérisant une ligne à haute tension du point de vue géométrique et électrique. Ces paramètres sont introduits dans le modèle de calcul lors des modélisations de la densité de flux magnétique et de l'intensité de champ électrique.	8.1.2
Modification d'une installation	Définition et exigences au sens de l'ORNI : voir texte	2.6 ; 3.1.3 ; A7
Nouvelle installation	Approbation des plans homologuée avant le 1 <sup>er</sup> février 2000	2.5 ; A7
OFEN	Office fédéral de l'énergie	1.1
OFT	Office fédéral des transports	1.1
OIEC	Ordonnance sur les installations électriques des chemins de fer, RS 734.42	
OLEI	Ordonnance sur les lignes électriques, RS 734.31	
OPIE	Ordonnance sur la procédure d'approbation des plans d'installations électriques, RS 734.25	
ORNI	Ordonnance sur la protection contre le rayonnement non ionisant, RS 814.710	
PA	Loi fédérale sur la procédure administrative, RS 172.021	4.1
PAP	Procédure d'approbation des plans	
Périmètre d'examen	Corridor situé de part et d'autre d'une ligne à haute tension, dans lequel la VLInst relative à la densité de flux magnétique peut être dépassée selon le niveau au-dessus du sol. Pour les LUS situés à l'intérieur de ce périmètre, la densité de flux magnétique doit être déterminée et mentionnée sur la fiche de données spécifique au site.	2.9.1 ; 8.5.2
Périmètre de légitimation	Corridor situé de part et d'autre d'une ligne à haute tension prévue ou existante. Des séjours prolongés ou la possession d'un terrain dans ce périmètre donnent un droit d'opposition ou de recours dans la procédure d'approbation des plans.	2.9.2 ; 8.5.1
Phase	Angle de phase d'un courant parcourant un conducteur par rapport à une référence. Dans le cas du courant triphasé et idéalement : 0°, -120°, 120°.	8.1.4
PSE	Plan sectoriel des lignes de transport d'électricité	3.3 ; 7.2
Sous-tronçon	Le tronçon de ligne à apprécier est, si nécessaire, subdivisé en sous-tronçons. Un sous-tronçon est caractérisé par le fait que, sur toute sa longueur, le statut selon l'ORNI, le nombre de terres, la disposition réciproque des conducteurs et le mode d'exploitation déterminant sont invariables.	A1 ; A2
Terne	Les trois conducteurs de phase d'un circuit électrique dans le cas de courant triphasé. Pour les lignes de transport d'électricité des chemins de fer, voir <i>Lacet</i> .	
VLI	Valeur limite d'immissions	3.2
VLInst	Valeur limite de l'installation	2.3