

Concertation sur la liaison souterraine en courant continu France-Espagne**Conférence téléphonique des ateliers territoriaux :
méthodologie de calcul du champ magnétique
et mesures de vérification****2 décembre 2009 - Hôtel Mercure – Perpignan****Compte-rendu**

M. Gérard Amiel	Collectif Non à la THT
M. Laurent Belmas	Collectif Non à la THT
M. Louis Caseilles	Maire de Toulouges, Vice-président du Conseil général
M Pierre Dupouy	Cabinet de Jacqueline Irlès
Mme Renée Lavallée	Defensa de la Terra
M. Claude Marcon	Collectif Non à la THT
M. Stéphanie Martin	DGS Mairie Le Soler
M. Jean-Claude Péralba	Maire de Villemolaque, Président du Sydeco THT66
M. Francesc Pougault	Defensa de la Terra
M. Alexandre Puignau	Maire de Les Cluses
M. Laurent Rosello	Cabinet mairie de Toulouges
M. Jean-Louis Tor	Adjoint de M. Noury, maire de St Jean Lasseille
M. Jean-Louis Vernet	Adjoint mairie de Canohès
M. François Bertault	CNDP
M. Georges Mercadal	garant, CNDP
M. Jannick Boulin	Concertant du projet France-Espagne
M. Yves Decoeur	Directeur du Projet France-Espagne et Directeur général de INELFE
M. Ludovic Courset	Chef du projet France-Espagne
Mme Laurie Dupuy	Secrétariat Logistique
Mme Anne-Laure Ramy	Secrétariat Logistique

Et par téléphone

M. François Deschamps	Expert RTE
M. Pierre Le Ruz	CRIIREM
M. Jean-Pierre Tiffon	CNDP

1- RAPPEL DU CONTEXTE

- La présente réunion s'inscrit dans la seconde phase de concertation menée dans le dossier de la liaison électrique en courant continu France-Espagne. Cette concertation se déroule en parallèle de la concertation réglementaire, conduite par le Préfet.
- Au cours de la première phase de concertation (janvier à avril 2009), une commission dédiée à la thématique « courant continu et santé » a permis aux acteurs concernés par la liaison souterraine France-Espagne d'évoquer les caractéristiques du champ magnétique statique, les facteurs entrant en jeu dans le calcul de la valeur de ce champ, ainsi que les différents seuils, avancés par la communauté scientifique d'une part, par le législateur, d'autre part. Lors de ces échanges, les élus et associations ont exprimé la demande d'une application stricte du principe de précaution. Il a été convenu que les acteurs concernés s'entendraient sur des valeurs de référence appliquées au cas particulier de la liaison France-Espagne, auxquelles le maître d'ouvrage s'engagerait à se conformer. Le principe d'un comité de suivi a été acté, afin de vérifier le respect des normes ainsi définies, lors de mesures réalisées après la mise en service de l'ouvrage.
- La réunion est placée sous la présidence de M. Mercadal, garant de la CNDP. La première partie est consacrée à l'exposé par le maître d'ouvrage (sur la base de documents diffusés la veille aux participants par mail) de la méthodologie de calcul du champ magnétique, et des ordres de grandeur obtenus dans un certain nombre de configurations « classiques » rencontrées sur le terrain. M. Le Ruz n'ayant pu se rendre à Perpignan. La seconde partie de la réunion se déroulera sous forme de conférence téléphonique, afin de recueillir ses réactions quant aux propositions faites par RTE.

2- METHODOLOGIE DE CALCUL DU CHAMP MAGNETIQUE

Il est ici uniquement question de champ magnétique statique, car la liaison électrique est en courant continu. Nous baignons tous dans un champ magnétique statique permanent, le champ terrestre. Celui-ci varie entre 30 et 70 microteslas à la surface du globe. En France, sa valeur est de 50 microteslas environ, avec de faibles variations locales. A titre de comparaison, les petits aimants permanents fréquents dans les environnements résidentiel et tertiaire (portes de placards, tableaux aimantés...) génèrent un champ statique pouvant atteindre 500 microteslas.

Chaque conducteur de la liaison en courant continu génère un champ magnétique circulaire. Sa valeur en microteslas (B) est illustrée par la relation mathématique $B = 0,2 I/d$, où « I » désigne l'intensité du courant circulant dans le conducteur exprimée en ampères, et « d » la distance en mètres entre le point de mesure et le conducteur.

Dans le cas de la liaison France-Espagne, qui comporte deux paires de câbles parallèles, le **champ global en un point s'obtient en additionnant géométriquement les champs générés par les 4 conducteurs.**

Le propre d'une liaison en courant continu est de faire **circuler le courant en boucle entre deux stations de conversion**, avec possibilité d'inverser le sens de circulation : toute injection de courant depuis l'un des postes de conversion s'accompagne d'un courant retour.

Ainsi, à l'intérieur d'une même paire, **les courants qui circulent dans chaque câble sont égaux et de sens opposés**, générant des champs eux aussi opposés. Au point de calcul, on est en présence de deux champs de sens opposés, mais dont l'orientation et le module diffèrent légèrement, du fait que les deux câbles ne sont pas tout à fait à la même distance du point de mesure.

Ainsi, **ce type de liaison bipolaire génère un champ magnétique statique plus faible que celui d'un seul conducteur**, du fait qu'il y a une compensation entre les champs générés par chacun des deux câbles.

Dans le cas présent, chaque paire de câbles aura une puissance cible de 1 000 MW. L'intensité de courant à l'intérieur des câbles ne sera pas constante : elle pourra varier de 0 à 1 600 ampères maximum. La nature du remblai n'intervient pas dans le calcul du champ : toute la matière présente entre le conducteur et le point de calcul est assimilée à du vide, dont les constantes physiques magnétiques sont exprimées dans la formule par le coefficient 0,2.

Au final, **on retiendra que le champ magnétique en un point dépend de 3 paramètres : l'intensité du courant, la distance entre le point de mesure et les conducteurs, et la position des conducteurs entre eux**, qui joue sur la compensation plus ou moins forte des deux champs magnétiques.

En pratique, pour réaliser ses calculs, le maître d'ouvrage utilise un logiciel du commerce nommé EFC 400, capable de modéliser des situations complexes. Il permet notamment de prendre en compte la courbure des conducteurs.

Il convient toutefois de prévoir une marge de tolérance entre la modélisation et la réalité, car on ne peut raisonnablement travailler « au millimètre près » sur un chantier d'une telle envergure. C'est l'objet des ateliers territoriaux que de discuter des valeurs de champs obtenues en entrant les paramètres typiques, d'en déduire les seuils acceptables et les marges de tolérance.

Yves Decoeur rappelle la démarche de mise en application de ces calculs, arrêtée lors du comité de synthèse du 30 septembre 2009 :

- Etape 1 : évaluation du champ magnétique pour des paramètres typiques de pose et le panel des situations rencontrées, au sein des ateliers territoriaux ;
- Etape 2 : calcul du champ magnétique pour les paramètres de pose retenus et toutes les situations rencontrées, établissement des valeurs références pour les mesures (fin 2010-début 2011, après établissement des plans de détail de construction de la liaison) ;
- Etape 3 : mesures de vérification (après mise en service, prévue début 2014).

3- EVALUATION DU CHAMP MAGNETIQUE POUR DES PARAMETRES TYPIQUES DE POSE

Dans un premier temps, il s'agit d'évaluer le champ magnétique pour des paramètres typiques de pose et un panel de situations rencontrées :

- coupe courante,
- chambres de jonctions,
- passages en sous-oeuvre.

Pour chaque situation-type étudiée, le maître d'ouvrage propose de fournir :

- la description de la situation,
- une courbe représentant la valeur maximale du champ magnétique, calculée en un point situé dans un plan perpendiculaire de la liaison et à 1 m au-dessus du sol.

A ce stade, les courbes présentées sont celles du **champ généré par l'ouvrage électrique, sans la contribution du champ magnétique terrestre**. Celui-ci sera ensuite intégré pour déterminer les valeurs de référence, en vue des mesures de vérification.

Exemples de résultats de calculs :

En coupe courante, le champ maximum calculé est de **45 μT** (soit 0,0011 fois, ou un millième la valeur de la recommandation européenne sur les champs magnétiques statiques pour l'exposition du grand public, qui est fixée à 40 000 microteslas)

Au niveau des chambres de jonction, le champ maximum calculé est de :

- **80 μT** (soit 0,002 fois la valeur de la recommandation européenne) dans le cas de chambres de jonction côte-à-côte
- **90 μT** (environ 0,0022 fois la valeur de la recommandation européenne) dans le cas de chambres de jonction décalées.

En cas de forage droit sous une route, pour des raisons mécaniques et thermiques, les câbles sont plus écartés qu'en coupe courante, ce qui augmente le champ magnétique ; mais la profondeur plus importante de pose des câbles tend à le diminuer. Le maximum calculé est alors de 90 μT (0.0022 fois la recommandation européenne).

Selon M. Le Ruz, se pose alors la question de la compatibilité électromagnétique eu égard aux systèmes électroniques embarqués des véhicules et aux personnes équipées de pace-makers ou autre matériel biomédical. Sur cet aspect, le maître d'ouvrage indique que le champ maximum est alors de 90 μT , et que le fonctionnement des pacemakers est garanti pour des valeurs de champ magnétique jusqu'à 500 μT . Il est toutefois vrai qu'un passage perpendiculairement à l'axe de la route, solution jugée préférable par M. Le Ruz, réduit la distance d'exposition au champ magnétique.

Le champ le plus élevé correspond aux **zones d'épanouissement des câbles avant les passages en sous-oeuvre**. En effet, on est alors obligé d'écartier les câbles avant d'augmenter leur profondeur pour le passage en sous-oeuvre. La chaleur se dissipant moins bien en profondeur, on doit en effet les écartier davantage entre eux pour garantir leur indépendance thermique. En même temps, le respect du rayon de courbure des conducteurs oblige à écartier les câbles avant d'être parvenu à la profondeur souhaitée, ce qui, localement, fait remonter la valeur du champ, avec un **maximum attendu de 140 μT** sur quelques mètres (0,0035 fois la valeur de la recommandation européenne).

Cette dernière configuration concerne notamment le passage sous le Tech. Les participants, s'accordent à dire qu'il conviendra de regarder de près la profondeur de pose des conducteurs et ses incidences, eu égard à la sensibilité particulière de ce milieu (site Natura 2000, pouvoir d'incision de la rivière...).

Questions diverses

Qu'en est-il du cumul des courants induits par la circulation des trains TGV et de la liaison en courant continu ?

Selon le maître d'ouvrage, le TGV alimenté en tension alternative génère un champ magnétique à 50 hertz qui ne se cumule pas avec un champ magnétique statique.

Le grillage de la LGV peut-il avoir une influence sur le champ magnétique, lorsqu'il est pris entre les deux paires de câbles ? (cas de la liaison posée à cheval sous la clôture de la LGV).

Le maître d'ouvrage indique qu'a priori le grillage de la LGV est en acier galvanisé ou en aluminium, matériau non magnétique ; dans les deux cas, le champ magnétique statique ne peut pas induire physiquement de courant car il n'y a pas d'effet de contre-champ généré par induction.

4 – RELEVÉ DE CONCLUSIONS A L'ISSUE DE LA REUNION TELEPHONIQUE AVEC M. LE RUZ

La méthode de calcul présentée par le maître d'ouvrage pour prévoir le champ magnétique est validée.

L'importance des mesures de vérification in situ à la mise en service de l'ouvrage est réaffirmée, ceci afin de s'assurer de la bonne adéquation entre le calcul théorique et la réalité.

Le maître d'ouvrage est invité à fournir aux ateliers territoriaux les éléments suivants :

- des valeurs de champ magnétique calculées à moins d'1 m du sol, afin de tenir compte des jeunes enfants et de la faune qui pourraient passer à l'aplomb de la ligne,
- la valeur du champ magnétique en section courante, lorsqu'une seule paire de câble sera en fonctionnement, l'autre paire ayant une intensité nulle,
- des feuilles de calcul simplifiées, afin que les élus et associations puissent disposer d'un outil d'évaluation simple qui permette en atelier de recalculer une valeur de champ magnétique en fonction de la variation d'un des paramètres de pose.

Trois points réclament une attention particulière :

- la traversée du Tech,
- les passages en forage droit sous route,
- les zones d'épanouissement des câbles où les valeurs de champ dépasseront sur quelques mètres les 100 microteslas.