



Projet de ligne à très haute tension Cotentin-Maine

Restitution de l'expertise sur les alternatives techniques

Fougères, le 14 février 2006

Ont participé au débat public :

M. COVA	CESI
M. De NIGRIS	CESI
M. HERZ	Directeur du projet de ligne à très haute tension, RTE
M. DESQUILBET	Chef du projet, RTE
M. GIBLIN	CPDP THT
M. BLONDIAUX	CPDP THT
M. VELLAUD	CPDP THT
M. MABILLAIS	CPDP THT
M. BONNEAUD	CPDP THT

Introduction

Monsieur GIBLIN
Président de la CPDP THT

Bonjour à tous. Cette réunion est très différente, dans son objectif, des autres réunions que nous avons tenues dans ce débat public, puisqu'elle a pour objet la présentation de l'expertise sur les alternatives techniques qui a été réalisée par la société CESI de Milan, qui est représentée ici par Monsieur De Nigris et Monsieur Cova. Je rappelle que cette expertise a été demandée par plusieurs acteurs et que la proposition que nous avons faite, nous CPDP, a été entérinée par la Commission Nationale début novembre. Une consultation européenne a été lancée au terme de laquelle c'est la société CESI qui a été retenue. Je tiens d'ailleurs à les remercier pour le travail important qu'ils ont réalisé en moins de deux mois.

L'expertise, je le précise parce que la question a déjà été soulevée, porte sur les alternatives en matière de transport d'électricité, et non sur les alternatives en matière de production qui ont été abordées à plusieurs reprises pendant le débat et qui notamment ont fait l'objet d'un groupe de travail pluraliste dont les travaux ont été présentés à Rennes la semaine dernière. La présentation que nous avons imaginée avec les auteurs de l'étude se déroulera en deux temps.

- Premier temps : l'analyse des problèmes de réseau que pose le projet EPR et qui a été à l'origine, comme vous le savez tous, du projet de ligne THT.
- Deuxième temps : l'étude comparative des différentes solutions techniques envisageables qui sera présentée en deuxième partie de réunion.

Nous donnons environ une heure pour chacun des temps, un peu plus si c'est nécessaire, dont une vingtaine de minutes de présentation par CESI qui sera suivie de questions.

Je souhaite que cette présentation puisse se dérouler sans interruption, si c'est possible. Je vous demande un peu de discipline, même si vous avez des choses à dire, de telle sorte que l'on puisse aller jusqu'au bout de la présentation et entamer des questions. Les questions viendront bien entendu de vous, la salle, et de RTE qui n'est pas forcément en accord avec ce que dit cette étude, nous le verrons. Et nous aurons donc le temps nécessaire pour les questions. Au total, on souhaiterait que cette réunion ne dure pas plus de deux heures et demie. Il va falloir que l'on se repose un peu avant d'enchaîner sur la réunion de ce soir qui est évidemment très importante.

Je vous remercie tous. Et si vous le voulez bien, je vais passer la parole à nos intervenants, Monsieur De Nigris peut-être qui va prendre la parole en premier. Merci.

Analyse des problèmes de réseau

Monsieur De NIGRIS CESI

Monsieur le Président, Mesdames et Messieurs, bon après-midi. Mon nom est Michel De Nigris, je suis responsable du Département Essai et Composant de la Société CESI de Milan en Italie. Et je vais commencer cette présentation qui se déroulera en trois volets.

- Le premier volet étant quelques diapositives sur la présentation de la société CESI.
- Je vous présente Monsieur Bruno Cova du Département Etude de Réseau de la même société qui parlera du deuxième volet de la présentation, c'est-à-dire les problèmes de comportement du réseau face à l'insertion d'un nouveau groupe dans la centrale de Flamanville.
- Et je terminerai la présentation après une session de discussion avec la salle sur les alternatives technologiques au projet présenté par RTE.

Je commence donc par deux mots sur la société CESI. Son sigle veut dire Centre Electrotechnique Expérimental Italien, et c'est une société à participation publique qui a essentiellement trois domaines d'activité :

- La recherche sous contrat dans le secteur de l'électricité ou en général de l'énergie et plus spécifiquement de l'énergie électrique.
- Les services d'essai et de certification et de formation. Nous disposons de laboratoires de haute tension, de laboratoires de grande puissance pour l'effectuation des essais sur les composants électriques, et des laboratoires mécaniques pour faire des essais sur les conducteurs.
- Et le conseil et les études spécialisées. Nous faisons des études de réseau ou des études de conseil en général sur l'électroénergétique.

Pour vous donner un aperçu de quels sont les actionnaires de la société CESI, l'actionnariat CESI est essentiellement divisé en quatre groupes :

- Un premier groupe dont les actions sont détenues par les constructeurs électromécaniques européens : Siemens, ABB, Pirelli, etc. Les principaux constructeurs électromécaniques européens ont des actions, des parts, dans la société CESI.
- Une autre part est détenue par les producteurs indépendants d'énergie électrique qui sont, par exemple, Endesa, Edison, et par les municipalités, par les sociétés électriques des municipalités.
- Une autre part est détenue par Enel, qui est un producteur et un distributeur qui était le monopoliste à l'époque.
- Et 25 % sont détenus par le gestionnaire du réseau électrique italien qui planifie et qui gère le réseau.

Vous voyez que la répartition est environ 25/25/25/25, un peu plus pour les constructeurs. Je m'excuse, il y a une petite partie des actions qui est détenue par une société publique de défabrication nucléaire. Vous savez qu'en 1987 il y a eu un référendum en Italie qui a imposé la sortie du nucléaire du pays, on n'y était pas vraiment encore fortement. On n'avait qu'une centrale et demie. Cette centrale a été arrêtée et cette société a été créée pour s'occuper de la défabrication et de la gestion des déchets de ce cycle de production.

Quelques chiffres :

- Le personnel de CESI : 950 personnes.
- Le chiffre d'affaires : 120 millions d'euros environ.
- Le personnel est essentiellement un personnel avec diplômes universitaires ou diplômes supérieurs. Donc c'est essentiellement du personnel technique.
- Et la société est certifiée ISO 9001 pour toutes ses activités.

Ceci vous donne un aperçu très général de la société. Maintenant, je laisse le micro à Monsieur Bruno Cova sur les aspects réseaux du projet cotentinois.

Monsieur COVA

Bonjour à tous. Merci pour l'invitation de la Commission Nationale du Débat Public pour venir rendre compte de l'expertise ici avec vous cet après-midi et surtout pour la confiance dans la neutralité du jugement de CESI. Dans cette première présentation, nous verrons ensemble les aspects réseaux, en indiquant quels sont les problèmes posés par un nouveau groupe de production à Flamanville sur le système production/transport, et comment les résoudre de manière efficace.

Je m'excuse par avance pour mon français. Inévitablement, je fais ça et là des fautes de français, mais peut-être que cela permettra d'attirer un peu plus l'attention sur cette présentation.

J'ai partagé de façon très synthétique en trois chapitres cette présentation :

- Tout d'abord le problème à examiner.
- Quelles sont les interactions centrales du réseau, notamment les problèmes de manière générale posés par ces interactions. Et quelle a été la méthode appliquée dans notre analyse.
- Et puis les alternatives examinées. Vous verrez que l'on essaiera tout pour proposer une alternative de renforcement du réseau, où il est nécessaire, et les résultats. Quelles considérations finales ?

Et on est à votre disposition pour répondre à vos questions.

Je glisse un peu dans les détails pour ne pas prendre trop de temps. Vous connaissez bien le contexte.

Quelques dates :

Octobre 2004 : EDF annonçait son intention de construire un troisième groupe nucléaire EPR 3 à Flamanville. Immédiatement se pose le problème d'acheminement de la puissance additionnelle vers les centres de charges. Vous savez bien que Flamanville est un site très éloigné, et donc faut-il faire quelque chose dans le réseau de transport ? A cette question, intervient RTE avec des études spécialisées. Et suite à ces études, on a proposé, du côté gestionnaire du réseau français, la nécessité de construire une nouvelle ligne double circuit à 400 kilovolts, c'est-à-dire 400 000 volts Cette proposition a donné origine au projet Cotentin-Maine.

Fin 2005 : la Commission Nationale du Débat Public demande à ce qu'il y ait une expertise indépendante qui a été attribuée à CESI. Nous avons fait très vite notre analyse jusqu'à présent, et on est ici pour vous proposer les résultats de notre analyse.

Quelques mots seulement pour vous rappeler quels sont les problèmes généralement posés par une centrale de production vers le réseau de transport. Vous comprenez bien que la production doit être acheminée à travers des lignes, des câbles, à travers le transport vers les charges. Et cela va poser des problèmes d'écoulement des charges, les lignes doivent être suffisamment fortes pour faire face au courant qui doit être transporté. Un nouveau groupe de production va poser des problèmes de courts-circuits et les disjoncteurs doivent être suffisamment forts pour déclencher la ligne suite à un court-circuit. Et puis toute une série de problèmes de dynamique et de stabilité du système face à de grandes perturbations, par exemple la foudre qui s'abat sur un circuit qui le déclenche, la stabilité aux petites perturbations, la stabilité de fréquence en cas d'îlotage de certaines régions où il y a la centrale ou des études spécifiques dans le cas de solutions de transport non conventionnel, la solution du courant continu, compensation série ou dispositif basé sur l'électronique. Donc il y a une quantité d'analyses générales à faire quand un nouveau groupe de production entre en service, et nous verrons en détail les problèmes que pose Flamanville dans notre cas.

La méthode suivie. On a examiné les problèmes posés par l'entrée en service du groupe EPR 3 de Flamanville. Et à partir de cela, on a conduit notre analyse en deux filières. D'un côté, on a examiné ce que RTE a exécuté : les critères d'étude, les logiciels appliqués. Et d'un autre côté, nous n'avons pas examiné ce que le gestionnaire français a fait mais on a conduit des simulations numériques avec notre logiciel développé par nous-mêmes pour voir s'il y avait une cohérence ou une possibilité d'examiner les alternatives additionnelles aux solutions proposées.

Le résultat de cette analyse est, d'un côté la proposition de direction qui peut être plus favorable pour acheminer cette puissance vers les centres de charges, et les solutions techniquement pertinentes pour le faire.

Les problèmes posés par Flamanville. Je vais les résumer en trois catégories :

D'un côté, les écoulements de charges. Vous savez que le courant est acheminé par des lignes, notamment des lignes aériennes, qui ne peuvent pas être trop chargées sinon les conducteurs chauffent, s'allongent, et la distance peut être trop faible et poser des problèmes de sécurité. Donc nous devons veiller à ce que les lignes ne soient pas trop chargées.

D'un autre côté, les tensions dans les postes de transformation doivent être comprises dans une plage de tension minimale et maximale pour garantir la qualité de la fourniture et la tenue de la tension.

Et ensuite, il y a un troisième problème un peu plus difficile auquel on pense qui est le problème de dynamique, la stabilité du groupe de Flamanville face aux grandes perturbations, les courts-circuits

sur les lignes du Cotentin qui vont vers le sud. Et face à ces perturbations, les alternateurs de Flamanville qui tournent pour générer la puissance ne doivent pas perdre le synchronisme.

Ici, j'ai essayé une analogie mécanique, vous voyez ici des boules, ce sont des centrales de production, des élastiques comme des ressorts qui relient les centrales de production au reste du système. Par exemple la centrale de Flamanville qui est une très grande centrale reliée par deux directrices au reste du système. Que se passe-t-il si une ficelle est coupée, la foudre qui déclenche un court-circuit ? La boule risque de tomber si l'autre ficelle se déchire, c'est-à-dire que nous risquons de perdre la centrale de Flamanville. Les ficelles, c'est-à-dire les lignes ou les liaisons électriques doivent être suffisamment fortes pour faire face à ces phénomènes. C'est un petit peu plus compliqué, mais c'est pour faire comprendre ce que j'entends par lien synchronisant, les lignes doivent être suffisamment fortes.

Ce sont les trois problèmes posés par Flamanville. Qu'a-t-on essayé de faire au début ? La première alternative que l'on a examinée est de ne rien faire du tout sur le réseau de transport français. Essayons de voir ce qui se passe avec le troisième groupe de Flamanville avec le réseau de transport français que nous avons reçu, et voir si sans renforcement on peut exploiter en sécurité le système de production/transport.

Nous avons essayé et, malheureusement, nous avons détecté une quantité de contraintes qui n'étaient pas satisfaites. Le lien synchronisant n'était pas suffisamment fort et avait seulement deux directrices, deux ficelles dans l'analogie mécanique. Face aux perturbations, Flamanville ne maintient pas le synchronisme, des légères surcharges en conditions normales et en cas de défaut, une quantité de contraintes non satisfaites surtout notamment vers la Bretagne. On a fait des simulations et on a détecté des écroulements de tension. Alors il faut faire quelque chose quelque part dans le système pour exploiter le nouveau groupe de Flamanville.

D'autre part, quelle est la direction la plus favorable pour proposer des interventions de renforcement ? Voyons tout d'abord les champs terrestres, nous avons même essayé la mer. Flamanville étant sur la mer, pourquoi ne pas examiner cette alternative sous-marine ? Nous avons examiné trois directions possibles :

- Vers l'est, vers le département du Calvados jusqu'à la Seine-Maritime, vers Rougemontier.
- Vers le sud-est, vers la Sarthe.
- Ou vers le sud, vers la Mayenne ou l'Ille-et-Vilaine.

Voici les trois directions possibles. Vous verrez quelques détails en plus avec la définition du poste amont entre Menuel et Périers qui sont dans le Cotentin et trois directions possibles pour acheminer la puissance additionnelle. Nous avons adopté la solution ligne aérienne double circuit et 400 kilovolts, qui est typique dans le réseau de transport français, sur les trois directions pour voir quelle est la plus favorable, s'il y en a une plus favorable par rapport aux autres.

Première réponse : les trois solutions sont efficaces pour la stabilité du système. Le renforcement de Rougemontier vers le sud est efficace mais quand vous considérez le chargement de la nouvelle ligne que nous avons encerclée ici et ici, la nouvelle ligne vers l'est n'est pas du tout chargée. Donc nous allons proposer une ligne qui n'est pas chargée et qui ne peut pas être exploitée. Donc l'axe vers l'est, du point de vue de l'écoulement des puissances, n'est pas efficace.

Vers le sud-est, vers le département de la Sarthe, nous avons une charge de la nouvelle ligne qui n'est pas importante. Il y a un déséquilibre entre la ligne existante vers Launay et Domloup par

rapport à la nouvelle ligne, donc nous avons plus de perte électrique parce qu'il y a plus de courant dans un circuit par rapport aux autres.

Tandis que dans la direction du sud, nous avons un équilibre plus favorable, donc un minimum de perte d'énergie dans le circuit. Et toujours vers le sud, nous avons détecté que l'axe nord-sud est le plus favorable pour le soutien de la tension vers la Bretagne. Peut-être que vous savez que la Bretagne est une région critique pour le soutien de tension. Nous avons vérifié cela avec des simulations et on a vu des baisses de tension. Cette direction a été retenue comme la plus efficace du point de vue des écoulements des charges et des profils de tension.

A partir de cela, troisièmement, nous avons examiné pas mal d'alternatives pour voir ce qu'il fallait faire comme renforcement minimum pour garantir la sécurité. Donc à partir de la ligne double circuit aérienne 400 000 volts, nous avons essayé, pourquoi pas, de faire un seul terre au lieu de deux ou de reconstruire un quadruple circuit de la ligne existante vers Launay-Domloup. Mais aussi, nous avons essayé, pourquoi pas, une ligne à courant continu pour être bien contrôlée comme flux de puissance vers le sud, vers Menuel-Domloup, ou transformer les lignes existantes (Menuel-Domloup) en courant continu sans ajouter de nouvelles lignes qui peuvent avoir un impact sur le territoire.

Mais nous avons aussi essayé la solution d'un câble à isolation synthétique, un câble à isolation gazeuse, ou une solution mixte (ligne aérienne plus câble). Nous avons défini cette solution de siphon, on suit la ligne et puis encore la ligne aérienne. Nous avons même essayé des solutions « non conventionnelles », c'est-à-dire compensation série à Rougemontier. Le condensateur série a pour effet de raccourcir les lignes d'un point de vue électrique. La compensation série seule n'est pas suffisante, il faut la coupler avec une nouvelle ligne aérienne à cinq circuits ou une compensation série avec une nouvelle ligne aérienne en courant continu.

Et puis pourquoi pas la mer. On a même essayé la possibilité d'acheminer la puissance de Flamanville vers Le Havre ou vers la Bretagne directement. La Bretagne est une région déficitaire. Donc la puissance va être transférée du sud-est vers la Bretagne. Alors pourquoi ne pas injecter directement la puissance vers la Bretagne sans rien construire. Ce sont les premières alternatives que nous avons examinées.

Nous passons aux résultats pour chaque alternative. Je peux vous présenter ici, de façon synthétique, les résultats. La ligne à simple circuit, pas deux, pour chercher à minimiser la nécessité du renforcement. Il y a un oui, c'est-à-dire qu'en conditions normales les contraintes sont satisfaites mais malheureusement les conditions de sécurité face aux perturbations ne sont pas garanties à 100 %, notamment le lien sécurisant est à la limite, donc il n'y a pas de marge pour la tension. S'il y a, dans le futur, une possible production éolienne qui va augmenter ces flux de puissance, cela va poser d'autres problèmes. La tenue de tension en Bretagne est faible, si un court-circuit se déclenche nous avons une baisse de tension. Ce n'est pas un effondrement mais on est à la limite inférieure de l'acceptabilité. Et des recherches de charges notamment dans un poste de transformation, donc il faudrait encore intervenir avec d'autres actions sur le réseau. Donc le simple terre nous a posé quelques problèmes pour l'exploitation en conditions d'urgence pour garantir les conditions de sécurité.

Le double circuit, c'est oui partout. Nous avons ici des contraintes satisfaites en conditions temps normal, le lien synchronisant est suffisant. Vous vous rappelez les ficelles, dans ce cas-là, nous avons trois lignes. Si une ficelle est coupée, les autres sont suffisamment fortes pour réagir. Et surtout, les lignes sont bien équilibrées. Donc cela veut dire un gain du point de vue de

l'exploitation. Mais ce n'est pas la seule réponse positive côté réseau, la transformation en quadruple circuit de la ligne existante Menuel-Domloup, du point de vue exploitation réseau, a les mêmes performances que cette solution. Dans ce cas-là, encore, les contraintes sont satisfaites et le chargement de ligne est équilibré. Donc c'est une autre solution strictement du point de vue réseau transport. Il y a d'autres aspects que l'on pourra examiner qui sont acceptables.

Les solutions terrestres courant continu. On a examiné la possibilité de construire une autre ligne mais en courant continu qui a un terrain plus réduit. Oui pour ce qui concerne l'écoulement des tensions, la tenue de puissance et la tenue de tension. Il y a peu de problèmes d'ouvrage au poste de conversion, mais ce sont des détails. Le plus important est que cette solution ne garantit pas un lien sécurisant suffisant. Dans les lignes de courant continu, soit la nouvelle ligne en parallèle à la ligne existante en courant alternatif, et tant pis si nous transformons tout en courant continu, cette solution, malheureusement, ne garantit pas le lien synchronisant. Si une ligne en courant alternatif, supposons la ligne vers Tours-Rougemontier, se déclenche, il y a seulement un circuit en courant alternatif vers Launay-Domloup qui n'est pas suffisant pour garantir la stabilité de Flamanville. On risque de perdre toute la centrale. Donc malheureusement, pour ce cas-là, du côté réseau, la réponse est non.

Pour les câbles, on a examiné pas mal d'alternatives, comme enfouir toutes les liaisons du poste amont dans les environs de Menuel-Périers jusqu'au poste aval, quelque 150 à 160 kilomètres. Donc ce serait une solution qui n'existe pas encore dans le monde, une liaison en câble d'une telle longueur. On a examiné plusieurs situations : simple tricâble, double tricâble, triple tricâble, avec des situations intermédiaires. Pourquoi ? Malheureusement, les câbles, du point de vue réseau, ont un comportement qui posait problème au contrôle de tension. Les câbles, vous l'imaginez, se comportent comme d'énormes condensateurs. Donc cela va poser des problèmes au contrôle de tension et surtout des problèmes à la mise sous tension du câble. Donc on a dû couper cette liaison, on avait des stations intermédiaires avec des ouvrages importants pour contrôler la tension. La capacité d'un câble est vingt fois plus élevée que celle de la ligne aérienne. Donc ce sont des condensateurs énormes si vous voulez. C'est un problème de contrôle de tension qu'il faut bien remarquer parce que sinon l'utilisation du réseau est presque interdite.

Ici, nous avons des solutions de façon très synthétique mais il y a des explications plus détaillées dans le rapport. Un seul tricâble avec trois stations intermédiaires ne donne pas un lien synchronisant suffisamment fort, nous sommes vraiment à la limite de la stabilité en cas de perturbations.

Le doublage des câbles, voire le triplage ou quadruplage des câbles, garantit un lien synchronisant suffisant. Les écoulements de puissance en conditions normales ou d'urgence sont garantis. La tenue de tension, oui, à condition de compenser ces câbles avec des ouvrages aux deux extrémités, des ouvrages intermédiaires, des ouvrages avec des résistances importantes pour contrôler la tension. Donc la tenue de tension, oui, à condition que des ouvrages additionnels soient installés le long des câbles. Et encore, je remarque qu'il n'y a pas dans le monde des liaisons d'une telle longueur en câble à 400 000 volts. Mais nous avons essayé quand même des solutions de double ou triple tricâble du point de vue strictement réseau, et la réponse serait oui.

Les câbles à isolation gazeuse. Ici, nous avons encore une solution différente du point de vue construction. Les paramètres sont bien plus favorables que dans le cas des isolants secs. Il n'y a pas besoin d'ouvrages importants, au milieu de cette liaison, de ce câble. Et du point de vue exploitation du réseau, c'est une solution acceptable. Et encore, il n'y a pas d'ouvrages similaires dans le monde. Les ouvrages existants se limitent à quelques centaines de mètres. Il y a, au Japon,

un exemple avec un câble à isolation gazeuse de 6,5 kilomètres qui est le record mondial. Et ici, nous avons essayé une liaison de 150 kilomètres. Vous verrez que les coûts sont énormes mais du point de vue réseau cela pourrait être acceptable. Il n'y a pas d'expériences et nous ne pouvons pas vous dire si la fiabilité est acceptable.

Une solution peut-être un peu plus intéressante, c'est-à-dire la ligne mixte (ligne aérienne et des siphons en câble). Nous avons examiné des siphons d'une longueur de 30 kilomètres et de 60 kilomètres et encore une ligne aérienne à double circuit. Dans ce cas-là, toutes les contraintes d'exploitation du réseau sont satisfaites en conditions normales et d'urgence, mais il y a des zones sensibles. Nous avons une expérience très récente en Italie d'une ligne à 400 kilovolts qui s'approche de la ville de Milan et qui est très peuplée et dont les derniers kilomètres sont enfouis en double câble souterrain pour éviter de mettre des pylônes entre les maisons ou dans la ville. Donc s'il y a des zones sensibles, cela peut être une solution qui marche et qui est acceptable du point de vue des contraintes du réseau.

Autre solution pas classique, pas conventionnelle, nous avons examiné la possibilité de mettre dans le poste de Rougemontier un condensateur série. Le condensateur a pour effet, du point de vue électrique, de raccourcir ce couloir. C'est une compensation entre la ligne et le condensateur même couplé avec une ligne simple terre entre le poste amont et le poste aval. Les contraintes sont satisfaites, les conditions d'exploitation d'urgence sont à la limite des surcharges acceptables, mais cela pourrait marcher.

Une autre solution similaire qui est à la limite mais qui pourrait marcher par rapport à ce que l'on a vu jusqu'à présent, c'est un condensateur vers l'est avec un simple terre à courant continu vers le sud. Mais, ici, il faut bien remarquer que l'installation de condensateurs série en réseau de ce type va poser d'autres problèmes un peu particuliers et qui pourraient avoir des conséquences vraiment graves. C'est-à-dire que la présence de la compensation série peut causer des phénomènes de résonance. C'est-à-dire qu'il y a des fréquences propres au système qui changent à cause du condensateur série et qui peuvent interagir avec les fréquences mécaniques de vibration de l'axe turbine/alternateur des centrales thermiques, et pas seulement à Flamanville 3 mais toutes les autres centrales thermiques de la région nord Flamanville, les deux groupes existants jusqu'au Havre, Penly, Paluel ou Cordemais.

Chaque système d'alternateur a des fréquences propres. S'il y a des résonances, ce qui s'était passé aux Etats-Unis et peut-être même en Turquie, elles ne sont pas amorties et on arrive à la coupure mécanique de l'arbre. Et donc l'adoption de cette solution doit être bien étudiée. On ne l'a pas fait dans notre analyse. Cela demande des données et des modélisations très détaillées parce que le risque est de ne pas pouvoir exploiter le réseau quand on a installé l'ouvrage à cause de ces oscillations. C'est un peu difficile à comprendre mais, croyez-moi, il est déjà arrivé que la solution cause des dégâts dans le réseau d'exploitation.

La mer. Dans les nuisances sous-marines, nous avons exclu la possibilité des liaisons en courant alternatif parce que la distance est telle que l'on ne pouvait pas contrôler la tension. Les nuisances sous-marines du courant alternatif existent entre la Sicile et l'Italie, par exemple, il y a quelques kilomètres mais pas 100 ou plus de 100 kilomètres. Dans ce cas-là, il faut bien adopter une solution de courant continu. On a essayé vers Le Havre mais dans ce cas-ci, malheureusement, à part la tenue de tension vers l'est qui est nulle, parce que nous allons envoyer la puissance vers l'est, nous avons encore détecté une surcharge intolérable face aux perturbations. Mais on a vu que la puissance électrique injectée à l'est revient essentiellement vers l'ouest, vers la Bretagne. Donc on

va chercher encore plus de lignes existantes. Du point de vue exploitation du réseau, cette solution ne peut pas être retenue, de notre avis.

Vers la Bretagne, liaison vers Plaine-Haute, ici le problème est encore pire parce que le réseau en Bretagne vers le nord et le Finistère est très faible. Si nous injectons une quantité importante de puissance de Flamanville directement en Bretagne, il y a des problèmes pour recevoir cette puissance : surcharge intolérable, baisse de tension intolérable et pas de possibilités de réagir face aux perturbations. Donc on va causer plus de problèmes en Bretagne au lieu de les résoudre. Pour accepter une solution de ce type, il faudrait renforcer de façon très lourde le réseau breton. On ne l'a pas étudiée mais on a vu que cette solution n'était pas vraiment immédiate étant donné la situation du réseau transport en Bretagne tel qu'il est prévu pour l'année 2012.

En conclusion, j'ai rappelé dans ce tableau, en rouge et en vert, ce que l'on peut accepter ou qui, du point de vue réseau, n'est pas acceptable. Pour la solution d'un lien terrestre en courant alternatif, nous avons dit que la solution de la direction nord-sud vers les départements de l'Ille-et-Vilaine et de la Mayenne est acceptable, avec des charges bien équilibrées, et peut être la plus favorable. Du point de vue du réseau, même la direction vers la Sarthe est acceptable mais avec des charges moins équilibrées et la tenue de tension vers la Bretagne moins favorable comme la direction de l'autre côté.

La reconstruction de la ligne Manuel-Domloup par quadruple terre peut être aussi acceptable mais considérez qu'il faut mettre hors service pour une période de plusieurs mois la ligne existante empêchant ainsi l'exploitation de la centrale de Flamanville existante. Donc il y a d'autres aspects qui ne sont pas strictement de l'exploitation du réseau pendant la construction qui doivent être considérés.

Les liaisons terrestres courant continu ne garantissent pas un lien sécurisant suffisant. Et nous avons vu que les liaisons sous-marines donnent une quantité de problèmes soit à l'est soit à l'ouest. Les câbles, du point de vue strictement réseau, il y a des solutions qui peuvent être retenues : le câble trois tricâbles, quatre tricâbles.

Ligne mixte avec le siphon aérien et le câble. Ce que je vais souligner encore c'est qu'un câble enterré à 400 000 volts de cette longueur (une centaine de kilomètres) n'existe pas dans le monde, et même pour les lignes à isolation gazeuse il n'y a pas d'expériences similaires dans le monde. Donc on a cherché à appliquer cette solution pour voir quelle est la performance. Nous avons ici tous les feux verts mais il y a d'autres problèmes de construction et de fiabilité qui se posent à part les coûts.

Et enfin, la compensation série garantit dans ce cas-là le lien sécurisant mais il faut coupler cette solution avec un autre renforcement, soit la ligne aérienne, le courant alternatif, le courant continu ou le câble. Et puis il y a un problème qui se pose dans ce cas-ci, ce sont les oscillations mécaniques turbine alternateur. Ceci requiert une quantité d'études de détails pour voir si une solution existe avant de proposer un tel renforcement du réseau pour éviter des dégâts importants et notamment sur les centrales nucléaires.

Je m'arrêterai là même s'il y a beaucoup d'autres détails. Je vous remercie pour votre patience de m'écouter dans mon pauvre français.

Monsieur GIBLIN

Merci Monsieur Cova. Votre français est très bon. On voudrait parler l'italien comme vous parlez le français.

Je précise simplement qu'effectivement c'est un exposé résumé d'une étude qui fait près de 200 pages et c'est écrit fin en plus. Elle est disponible sur notre site Interne, certains d'entre vous ont peut-être déjà eu l'occasion de la parcourir. Et le diaporama qui nous a été présenté sera demain également sur le site. Et d'autre part, nous avons édité des CD sur lesquels il y a l'étude parce que comme c'est un fichier assez lourd tout le monde ne peut peut-être pas le télécharger *via* Internet. C'est auprès de Monsieur Aucher que vous pouvez éventuellement demander le CD, il est évidemment à votre disposition.

On va entamer, après ce premier exposé, le tour des questions. On va peut-être demander d'abord à RTE si vous avez des réactions sur ce qu'a été dit, sans anticiper sur la deuxième partie qui est la comparaison des solutions. Monsieur Desquilbet ?

Monsieur DESQUILBET

J'ai eu la chance d'avoir le document depuis quatre jours déjà, mais je n'ai pas pu l'étudier complètement parce qu'il est effectivement très volumineux et dense. J'ai parcouru les principales alternatives. Ce que je constate c'est que vous avez étudié des alternatives que nous n'avons pas évoquées dans notre dossier du maître d'ouvrage. Vous avez fait preuve de créativité.

Dans ces alternatives, certaines pourraient fonctionner et d'autres non. Donc je vais les re-parcourir rapidement et donner mon avis. Ce que je peux dire en préambule, c'est que vous confirmez que le réseau actuel ne peut pas supporter l'ajout de 1 600 mégawatts sans renforcement, 1 600 mégawatts localisés dans le nord du Cotentin, et que ce renforcement doit être en direction du sud et éventuellement sud-est. Donc vous laissez ouverte la possibilité d'aller vers Le Mans. Nous l'avons évoquée dans notre dossier en disant que c'était une solution qui était un peu moins efficace, plus chère et avec plus d'impacts sur l'environnement parce que c'était une ligne qui faisait 30 à 40 kilomètres de plus. Donc on l'avait mise de côté puisque l'axe sud offrait le triple avantage de l'efficacité, de l'impact sur l'environnement et du coût.

Ensuite, vous avez évoqué la solution d'une ligne simple terre que l'on n'avait pas présentée dans notre dossier, donc une ligne avec un seul circuit et effectivement des pylônes un petit peu plus petits. Mais c'est une solution qui n'est pas suffisante du point de vue du lien synchronisant, donc qui est écartée. C'est le même diagnostic que nous avons sur cette solution.

Ensuite, la solution du quadruple terre, donc de reconstruire la ligne existante, c'était une solution que nous avons proposée. Vous dites que le chantier durerait quelques mois, notre estimation est que ce serait plutôt quelques années. On est au moins à deux années en mettant en parallèle de nombreuses équipes et en mobilisant pratiquement l'essentiel des personnes qui, en France, sont capables de construire des lignes aériennes. Les pylônes à quadruple terre sont des pylônes très, très gros, donc longs à monter, difficiles aussi à construire, il faut installer plusieurs pieds éloignés, c'est un chantier énorme. Donc pendant la durée de ce chantier, il faudrait effectivement interrompre une partie de la production de Flamanville et arrêter une centrale pendant deux ans au moins et peut-être même plus en fonction des conditions météorologiques. Ce n'est tout simplement pas possible.

Vous avez ensuite évoqué le courant continu. On avait étudié les solutions terrestres dans notre dossier de manière générale en considérant que le courant continu n'apportait pas de solution au problème du lien synchronisant et en plus nous amenait dans des coûts très importants avec les stations de conversion alternatif/continu en électronique qui sont fort chères.

Vous avez en plus étudié les solutions sous-marines qui, effectivement, avaient été proposées dans un cahier d'acteurs et que nous n'avions pas évoquées. C'est sûr qu'elles ne nous paraissaient pas être une bonne réponse *a priori* et c'est peut-être pour cela qu'on ne les avait pas évoquées. En tout cas, ce que vous confirmez c'est notre analyse que l'on avait réalisée suite à la publication du cahier d'acteurs du Cotentin qui est le fait que la solution sous-marine ne serait pas possible en courant alternatif. Donc on retombe dans le problème du courant continu qui fait que l'on n'a pas de lien synchronisant suffisant et qu'en plus à l'endroit où la liaison aboutit, notamment vers la Bretagne, on se retrouvait face à un réseau qui n'est pas apte à absorber toute cette puissance.

Ensuite, vous avez étudié également la solution des câbles à isolation gazeuse que l'on a évoquée, et je crois que l'on arrive à peu près au même diagnostic. Vous êtes un peu plus précis peut-être par la suite sur le coût de la solution où, par rapport aux câbles à isolation synthétique, si l'on compare ces deux technologies de solutions souterraines, le câble à isolation gazeuse doit être écarté. Il est plus adapté à des liaisons courtes dans des environnements urbains où l'espace est très rare et très cher puisqu'il permet, de manière compacte, de transmettre une puissance colossale mais dans une solution de liaison en zone plus rurale, et ce n'est pas du tout une solution adaptée.

Ensuite, vous citez la solution de la compensation série que l'on avait également évoquée dans notre dossier sur lequel on arrive au même diagnostic. Donc il y a une efficacité théorique sur le lien synchronisant avec un problème pratique : une grosse inconnue sur le comportement du système électrique et le risque d'avoir des endommagements des centrales de la zone en fonction de résonances du réseau, de transferts d'énergie entre le réseau électrique et les systèmes mécaniques des centrales. Donc évidemment un risque que l'on ne peut pas courir pour l'ensemble des centrales de la zone.

Enfin, je vais parler des câbles souterrains. C'est là où je ne suis plus tout à fait d'accord avec vous. Vous avez proposé des solutions en câbles souterrains, et là où je comprends bien l'argument c'est sur la difficulté de la réalisation. On a aussi une expérience en France de construction en liaison souterraine très haute tension à 225 000 volts sur des longueurs de l'ordre de 15 kilomètres et c'est déjà difficile. Donc construire en 400 000 volts sur 150 kilomètres ce serait l'équivalent de faire l'ensemble des liaisons existant aujourd'hui en un seul tenant. Un seul tenant ne fonctionnerait pas. Vous avez bien signalé qu'il faudrait des stations de compensation, je pense que l'on va y revenir dans la deuxième partie de l'exposé. Là-dessus, on a des nuances à apporter à la solution technique que vous proposez dans votre dossier.

Ensuite, sur le nombre de tricâbles, vous proposez deux ou trois tricâbles et vous évoquez une solution à quatre tricâbles. Or nous avons proposé dans notre dossier une solution à quatre tricâbles. Donc par rapport à ce que vous proposez avec deux tricâbles, suivant nos calculs, et l'on pourra détailler tout cela par la suite, c'est une solution qui ne passe pas en termes de capacité de puissance. La solution à trois tricâbles pose des problèmes aussi bien en transit de puissance qu'en fiabilité. Mais je pense que c'est une discussion que l'on aura après votre deuxième exposé.

Donc là-dessus, on est à peu près d'accord sur tout, sur le diagnostic, sur la plupart des solutions que vous évoquez, si ce n'est sur la solution souterraine où là je pense qu'il faudra que l'on discute après sur les modalités un peu plus pratiques de construction et d'exploitation de l'ouvrage.

Monsieur GIBLIN

Merci. Voulez-vous répondre maintenant ou attendez-vous les questions de la salle parce qu'il y en aura sûrement ? C'est comme vous voulez. Peut-être une réponse rapide.

Monsieur COVA

On a bien évoqué les problèmes causés par la compensation série proposée à Rougemontier couplée avec le renforcement du réseau vers le sud. Pour être honnête, nous avons mis ici la couleur jaune parce qu'en effet il y a des expériences même en Europe, notamment en Suède et en Turquie, de compensation série. Normalement la compensation série s'inscrit dans de longs couloirs en Suède nord-sud et en Turquie est-ouest avec des centrales hydrauliques. Donc les fréquences d'oscillation sont découplées par la fréquence du réseau.

En réalité, il y a des possibilités proposées par les constructeurs un peu particulières, les TCSC (*Thyristor Controlled Series Capacitor*), avec contrôle sur le compensateur série qui détecte les oscillations dangereuses et va automatiquement changer la compensation de façon à garantir que les oscillations non amorties passent dans l'axe turbine/alternateur. Donc c'est une solution dont on n'a pas une grande expérience. Il y a une seule expérience en Europe, en Suède, qui a été mise en place suite à des problèmes d'exploitation avec des approfondissements futurs. Nous n'excluons pas cette solution *a priori* mais nous avons mis ici la couleur jaune, c'est-à-dire qu'il faut bien l'étudier en profondeur.

Monsieur GIBLIN

Merci. Je m'adresse maintenant à la salle. Qui veut intervenir ? Qui souhaite prendre la parole ? Je ne vois qu'une seule main pour l'instant. Y a-t-il d'autres demandes de parole, des réactions ? J'ai une autre demande ici. Monsieur Lamy, on ne va pas commencer avec vous parce que vous avez déjà beaucoup parlé dans nos débats. On va demander à ce Monsieur qui est à droite de prendre la parole, et après je vous donne tout de suite la parole.

Monsieur BEHISON

Bonjour. Thomas Béhison du Cotentin. Vous avez parlé de nous dans vos propos. C'est vrai que l'on a posé une alternative, notamment sur l'éolien offshore couplé avec la ligne maritime, et je vois que vous n'en avez pas fait allusion dans le cadre de votre exposé. Je voulais savoir si vous l'avez exclue d'elle-même cette solution. Et quels étaient les éléments qui vous ont permis d'exclure cette solution ?

Monsieur COVA

L'éolien offshore, le problème ici, quand on a examiné les liaisons sous-marines, soit vers Le Havre soit vers le nord de la Bretagne, le problème n'est pas causé par une mutualité de productions offshore éoliennes. En théorie, on parle dans ce cas-là de liaison courant continu. Alors on peut bien imaginer une plate-forme au milieu de la mer qui relie les centrales éoliennes, prend la production, la transforme en courant continu et l'injecte sur la liaison. C'est une triterminale comme il en existe en Italie, en Corse et en Sardaigne. Cela pourrait être fait, mais le problème est causé par l'injection de la puissance vers Le Havre ou la Bretagne parce que le réseau terrestre dans le poste de compensation au Havre n'est pas apte à recevoir la puissance de Flamanville ou la puissance générée par les centrales éoliennes. Donc du point de vue de la construction, le triterminal en courant continu aura un coût très élevé et pourra être envisagé. Et quand on arrive au poste de

conversion terrestre, le réseau n'est pas suffisant pour prendre cette puissance et aller vers l'ouest. C'est pour cela que nous n'avons pas mentionné la possibilité de relier des centrales éoliennes offshore à cette liaison en courant continu.

Monsieur GIBLIN

Merci. Est-ce que vous voulez réagir ?

Monsieur BEHISON

Pas forcément. C'est Antoine Bonduelle qui avait présenté cette proposition avec nous, et c'est vrai qu'il s'était basé sur des projets qui existaient sur Londres. Donc *a priori* il semblait dire que c'était possible, mais je me satisfais de la réponse.

Monsieur GIBLIN

Je vous signale que c'est une séance de présentation d'ici la fin du débat. Evidemment c'est très proche maintenant, mais vous avez la possibilité de réagir en nous envoyant une note de remarque sur ce dossier. C'est tout à fait envisageable, ce sera versé aux archives des débats. Je vous laisse cette possibilité si vous le souhaitez. Il y avait d'autres questions. Monsieur Lamy, je vous ai appelé encore Monsieur Avril, je ne sais pas pourquoi.

Monsieur LAMY

Je ne me permettrai pas d'être méchant et de parler de censure.

Monsieur GIBLIN

Alors parlons du Nord Cotentin. Allez-y !

Monsieur LAMY

Je voulais simplement que, étant habitant du Nord Cotentin, c'est-à-dire au nord de Menuel, ayant beaucoup vécu, ayant quitté Les Pieux pour situer le problème, et même étant marié à Diélet, puisque ce sont des personnes étrangères qui n'ont pas été dites, en fait il y a un autre problème. Quand on parle de perte de centrale, « perte » veut dire quoi ? Perte de synchronisme avec les alternateurs, c'est-à-dire un accident purement mécanique parce que dans une centrale il y a plusieurs types d'accidents. Il y a l'accident mécanique et après cela il y a l'accident nucléaire, tout cela dépend dans quelle partie de la centrale. Je sais que cela ne fait pas partie du débat, mais quand on parle de perte de centrale il faut que ce soit défini avant. Sinon on ne peut pas, de notre côté, accepter ou ne pas accepter le risque.

Monsieur GIBLIN

Merci Monsieur. Vous nous rappelez, effectivement, que l'on est sur le sujet de fonctionnement des alternateurs et de la ligne. Donc c'est un sujet qui ne couvre pas évidemment tout le débat sur la sûreté.

Monsieur LAMY

Je suis désolé, je demande une réponse. Est-ce que c'est dans l'esprit de Monsieur qui a fait l'exposé qui parle de perte de centrale ? Qu'est-ce qu'il entend par le terme « perte de centrale » ?

Monsieur COVA

Sans rentrer dans trop de détails techniques, en effet, face à une perturbation, si le réseau n'est pas suffisamment fort, la vitesse de rotation du rotor n'est pas en accord avec la fréquence du système du réseau. Il y a des relais qui, automatiquement, détectent ceci et déclenchent la centrale. C'est-à-dire que les disjoncteurs ouvrent le groupe pour ne pas les endommager, séparent le groupe en rotation des alternateurs du reste du réseau. Et après cela, il y a tout un processus de ralentissement qui doit être très rapide pour éviter que la puissance mécanique qui n'est plus lancée par la puissance électrique qui sort cause des survitesses inacceptables. Alors il y a la fermeture rapide des soupapes pour arrêter les turbines qui tournent. Il arrive parfois que les centrales se déclenchent de façon soudaine dans le réseau, il y a un processus de fermeture des soupapes rapide pour éviter les dommages sur la centrale. Moi je ne suis pas expert en nucléaire mais je crois qu'il faut bien faire quelque chose. Dans le cas des centrales à charbon ou à gaz, on baisse la quantité de charbon ou de gaz pour éviter que la chaudière ne chauffe trop. Dans le cas du nucléaire, je crois qu'il y a des jeux de départ. Je ne suis pas expert en nucléaire. Du point de vue mécanique, il y a le relais central et les soupapes se ferment.

Monsieur LAMY

Donc il y a bien une réaction à avoir extrêmement rapide. Et cela avait été évoqué d'ailleurs dans la simulation d'accident à Flamanville. Effectivement, il faut absolument que la production de la centrale soit arrêtée le plus vite possible, qu'il y ait un système d'alerte très rapide. Et les temps, je vous le promets, sont relativement courts compte tenu de ce qui avait été dit à Flamanville. Je demanderai la précision. Mais on sort de l'incident purement mécanique, on peut très facilement arriver éventuellement à un incident nucléaire plus ou moins grave. Là, on peut faire toute la panoplie que l'on veut.

De la salle

Je pense que Monsieur Joaquim qui travaille à RTE, au Centre National d'Exploitation du Système, et qui réalise les études de fonctionnement dynamique du réseau peut répondre à votre question.

Monsieur DESQUILBET

Ce que je voudrais expliquer sur la notion de perte de groupe, c'est qu'il n'y a aucun rapport avec les problèmes nucléaires, ce ne sont que des problèmes électriques. A savoir que ce qui se passe c'est au niveau du système électrique, le risque est la perte de synchronisme du groupe. C'est-à-dire une survitesse sur les groupes alternateurs qui risque de se propager au groupe voisin de manière très rapide. Et donc, par effet de domino, de provoquer une rupture de synchronisme étendu qui peut aboutir à un effondrement total du réseau, à l'exemple de ce qui s'est passé en Italie. Donc c'est un événement qui est gravissime pour le système et qu'il faut absolument éviter. Et ceci, on peut le juguler en déclenchant rapidement l'ouverture de disjoncteurs par exemple.

Monsieur GIBLIN

Et que se produit-il dans la centrale alors, si l'on ouvre les disjoncteurs ? On dilote la centrale ?

Monsieur DESQUILBET

Effectivement, lorsque l'on ouvre les disjoncteurs, la centrale va déclencher tout simplement, mais elle est parfaitement prévue pour faire ce type d'opération. On arrête la centrale, c'est tout. C'est un évènement parfaitement bénin et normal.

Monsieur LAMY

Il fallait, à l'échelon des populations, ne pas aller trop loin. On ne pouvait pas réduire à zéro tout le Nord Cotentin. Ceci avait été évoqué et c'est pour cela que je pose la question. Monsieur Gatignol, Président de la KIF, n'avait pas pu répondre. Monsieur Gadouel, de la Protection Civile, n'avait pas pu répondre. Et c'en est resté là comme tous les débats. Donc on ne sait plus où l'on en est tout à fait.

Monsieur DESQUILBET

Les déclenchements de groupe, ce qu'il faut savoir c'est que l'on en a très souvent. C'est quelque chose de parfaitement normal, cela arrive de temps en temps. Il y a des incidents électriques et c'est tout.

Monsieur LAMY

Je vous remercie. Simplement je voulais savoir si c'était un problème purement mécanique. Je vous remercie. C'est votre avis. On verra cela plus tard.

Monsieur GIBLIN

On va passer à une autre question. Monsieur, vous avez levé la main. Je ne vous oublie pas, Monsieur, je ne vous avais pas encore vu. Je lui donne la parole et je vous donne tout de suite après la parole.

Monsieur CHARETON

Hervé Chareton, « Respecter le bocage ». Notre association milite pour l'enfouissement des câbles. Donc vous comprendrez que l'on apprécie énormément votre expertise, et on peut remercier la Commission d'avoir demandé ce travail. De plus, que l'on puisse obtenir un CD pour l'étudier, c'est un plus. Nous avons remarqué qu'il y a possibilité d'une alternance de lignes aériennes et de câbles souterrains, vous avez marqué dans les 20 kilomètres. Est-ce qu'éventuellement pour l'exploitation il est possible d'avoir 10 kilomètres enterrés ? Ou, est-ce plutôt faisable d'avoir 5 kilomètres par ci par là dans des zones particulièrement sensibles pour des habitations ? Que conseillez-vous ?

Monsieur COVA

Nous avons fait des simulations paramétriques avec le siphon sur 30 kilomètres jusqu'à 60, ce qui est un peu excessif comme longueur. Si l'on part sur une longueur de 5 kilomètres ou 10, c'est encore plus favorable et cela ne va peut-être pas causer de problèmes d'ouvrage additionnel pour contrôler la tension. Si l'on part du siphon de 5 kilomètres de longueur d'une ligne aérienne et peut-être dans une autre zone avec 5 kilomètres ou 10, on peut le simuler mais on ne l'a pas examiné spécifiquement, et cette solution peut être retenue. La longueur des câbles n'est pas excessive, on parle de 5 à 10 mètres, et il y a une expérience au Danemark où il y a une ligne 400 kilovolts avec

trois siphons pas très longs et un câble. Je vais rappeler une solution qui a été mise en place ces derniers mois en Italie, une ligne de 400 000 volts proche de Milan, avec des maisons autour. Alors on a enfoui la ligne sur les 6 derniers kilomètres.

Monsieur GIBLIN

Je voudrais passer la parole à Monsieur qui est au fond, qui a mis déjà son manteau, si vous le permettez, et je vous donne tout de suite la parole. Monsieur, allez-y ! Présentez-vous s'il vous plaît.

Monsieur PRUDOR

Bonjour. Yannick Prudor, Fougères. J'ai suivi le dossier par courrier.

Monsieur GIBLIN

Vous êtes d'où ?

Monsieur PRUDOR

De Fougères. Et j'avais des attentes pour savoir, comme l'EPR est une nouvelle génération de centrale nucléaire, quelle durée de vie vous lui donnez et le coût, si à la limite vous avez déjà estimé un coût de démantèlement. Et savoir aussi les déchets nucléaires par rapport à cela, il y en a moins que les centrales normales, mais c'est ce qui m'intéresse avant de savoir le câble, le réseau. Parce que ceci, d'une manière ou d'une autre, une fois que vous aurez défini de faire cette centrale-là, vous serez obligé d'instaurer le circuit pour diffuser le courant. Dans l'avenir, dans combien de temps certaines centrales vont se fermer, celle-là va s'ouvrir, dans combien de temps vous l'estimez ? Quelle différence d'évolution de diffusion du courant par rapport aux anciennes centrales ? C'était mes attentes. Je suis un petit peu hors débat, je suis un petit peu pressé par le temps, c'est dommage, mais le citoyen est aussi intéressé par cette évolution.

Monsieur GIBLIN

On a bien senti tout au long du débat que ces questions sur l'EPR étaient présentes. Le seul problème c'est que ce n'est pas ici, dans la configuration où nous sommes, que l'on peut vous répondre. Il y a eu un débat sur l'EPR et il y a eu un débat sur les déchets qui sont maintenant terminés. Le débat sur l'EPR a une séance de clôture à Cherbourg samedi prochain. Il y a eu une séance à Laval au mois de décembre. Donc c'est plutôt dans ces lieux. Je comprends très bien que vous ayez encore des questions sur toute cette problématique, mais honnêtement je crois que l'on ne peut pas vous répondre ici. Je pense qu'aucun des intervenants ne peut vraiment vous répondre ici. Je suis tout à fait désolé.

Monsieur PRUDOR

Vous n'avez pas à être désolé. Mais sur les courriers que je reçois par rapport au débat, à la limite on aimerait bien avoir de l'information d'ordre général concernant cette évolution. Merci. Bonne journée.

Monsieur GIBLIN

Merci Monsieur. Monsieur, vous reprenez la parole.

De la salle

Merci. Est-ce que je pourrai avoir l'avis de Monsieur Herz ou de Monsieur Desquilbet pour la solution aérienne et quelquefois ou le plus souvent possible des dites parties enfouies ?

Monsieur GIBLIN

Pour les solutions mixtes ?

Monsieur DESQUILBET

Il est tout à fait possible d'avoir une liaison 400 000 volts dans laquelle on incèrerait, pour le passage d'une zone particulière, une portion en souterrain.

Monsieur GIBLIN

Dans les zones les plus sensibles pour les habitations ?

Monsieur DESQUILBET

Par exemple. Oui, tout à fait. On a envisagé ceci dans notre contrat de service public avec l'Etat pour les zones urbaines denses et pour les sites exceptionnels. Il y a dans la réglementation, pour certains sites particuliers, une obligation d'enfouir le réseau. Donc si l'on avait à aller dans ces sites-là, il faudrait privilégier la solution souterraine ou éventuellement obtenir une dérogation pour continuer en aérien pour des sites qui sont souvent des sites naturels protégés au titre du paysage ou de la faune et de la flore. Mais le cœur de cible de cette technologie du souterrain, ce que l'on constate partout dans le monde, c'est que ce sont des zones urbaines pour aller dans les centres-villes, dans le cœur des villes.

Alors dans la zone, on considère que l'on a une liaison très grande à faire dont le point de départ et le point d'arrivée ne sont pas des villes. C'est sûr que si l'on avait une ligne à faire qui aille d'une centrale jusqu'au centre-ville de Rennes, de Laval, de Paris ou de Caen, évidemment on ferait les derniers kilomètres en souterrain. Là, on part d'un endroit qui est plutôt dans la campagne, on va dans un autre endroit qui n'est plus dans la campagne, et on a le choix de faire des tracés qui permettent d'éviter les villes, les bourgs. On ne va pas passer dans les villages, il est absolument clair que notre tracé évitera les zones où il y a un habitat dense. Et on verra que les ratios de coût entre l'aérien et le souterrain font que sur ce problème typique on a beaucoup moins cher à avoir un tracé légèrement plus long ou en tout cas anticiper des sinuosités de notre tracé pour rester en aérien et éviter les zones habitées. Cela fait au final un ouvrage qui va être bien meilleur du point de vue économique. Donc c'est comme cela que l'on prend le problème pour ce point particulier, pour le cas du siphon. Mais techniquement il n'y a pas d'impossibilités à faire un, voire plusieurs siphons, sur la ligne 400 000 volts. On a des exemples qui nous le prouvent.

Monsieur De NIGRIS

Ils provoquent des problèmes, qui, jusqu'à un certain point, peuvent être gérés, de protection de la ligne même. Donc on a réalisé des lignes sur 140 à 150 kilomètres avec trois siphons. Je crois que du point de vue de la protection de la ligne, c'est presque à la limite, je dirais.

Madame KUEFF

Madame Kueff, Respecter le bocage. Je n'ai pas de questions mais vous avez proposé de faire des remarques. Vous dites, et tout le monde le dit, que ce serait une première mondiale les 150 kilomètres. Et moi je dis aussi pourquoi ne pas faire des premières mondiales ? Maintenant, on remonte de plus en plus loin dans l'histoire. Si personne n'avait, un jour, inventé la torche, profité de l'orage qui est tombé et que quelque chose s'est embrasé, etc., on reviendrait à l'âge de fer. Je veux dire qu'il faut aussi avancer dans la technologie. Actuellement, nous avons des technologies qui progressent énormément et surtout très rapidement, il faut pouvoir en profiter. C'est une première chose.

La deuxième chose, je voudrais faire la remarque à RTE, vous dites qu'il ne vaut mieux pas passer sous les villes parce qu'en fait cela coûterait plus cher, donc il vaut mieux passer vers l'habitat dispersé, donc chez nous à la campagne, puisque notre association c'est « Respecter le bocage ». Donc c'est justement la campagne et le bocage. Moi je dis pourquoi ne pas, justement, prendre le tracé où il y a les villes ? C'est-à-dire prendre les tracés des villes, vous enterrez sous les villes et vous nous laissez le bocage tranquille. Et on n'aura pas tous les gens qui ont des gîtes, plus tous les problèmes de santé que l'on a parfois aussi, parce que ce n'est pas le lieu. Finalement, ce serait peut-être une meilleure idée de ne passer que sous les villes : Saint-Lô, Lessay. Pourquoi pas Lessay ? Ce serait intéressant à voir. Merci.

Monsieur GIBLIN

Il n'y a quand même pas beaucoup de grandes agglomérations dans ce secteur. Mais il y a des petites villes. Qui veut répondre ? Monsieur De Nigris, s'il vous plaît.

Monsieur De NIGRIS

Du point de vue des premières mondiales, je peux être tout à fait d'accord en tant que technologue et aussi en tant que chercheur. Je suis très ouvert et très intéressé par les solutions et les premières mondiales. Notre rôle, dans ce dossier, est d'informer. Donc nous ne pouvons pas ne pas vous dire que les réalisations qui ont été faites jusqu'à présent ont des longueurs qui sont moindre par rapport à cet ouvrage. Nous disons aussi que ce serait une première mondiale. Nous ne disons pas donc que ce n'est pas possible. Notre rôle est tout simplement d'informer.

Monsieur GIBLIN

Monsieur qui lève la main, derrière.

Monsieur DESQUILBET

A moins que cela soit décrit dans la suite de l'exposé, mais quand on dit « premières mondiales », il ne s'agit pas de dire qu'entre un câble de 10 kilomètres et un câble de 150 kilomètres, il suffit de faire quinze fois le même boulot, les mettre bout à bout et ça marche. Là, on va découvrir que l'on va au-devant de problèmes qui sont aujourd'hui totalement inconnus. C'est-à-dire que cette histoire de stations de compensation intermédiaire, il n'y en a aucune qui existe sur terre aujourd'hui.

Monsieur GIBLIN

Je crois que l'on en reparlera dans le deuxième exposé, me semble-t-il, dans la comparaison entre difficultés et les performances des différentes solutions. J'avais une demande de parole, allez-y Monsieur.

Monsieur MARI

Rémy Mari, membre du Bureau du Parc naturel régional marais du Cotentin. J'entends parler de premières mondiales et j'ai entendu la réponse précédente de Monsieur le représentant de RTE. Il me semble malheureusement comprendre qu'entre la première mondiale et l'alternative qui a été présentée c'est plutôt un rejet total de l'idée même d'enfouissement du réseau. Est-ce que j'ai bien compris ? Ou n'y a-t-il pas d'alternatives possibles ?

Monsieur DESQUILBET

Je crois que la question s'adresse à RTE, me semble-t-il. De notre point de vue, ce n'est pas un rejet *a priori*. On présente notre vision du projet. Et notre vision du projet c'est que dans cet espace qui est la zone que l'on a proposée au débat public, il nous semble que la liaison aérienne est la meilleure solution. Par rapport au souterrain, on a déjà eu l'occasion de dire que l'on fabrique beaucoup de câbles souterrains en France, on est même leader mondial pour tout ce qui est très haute tension avec le 225 000 par l'alimentation des villes. Donc on n'a pas une politique, *a priori*, de dire que l'on ne fait que de l'aérien.

Toutefois, on gère un réseau qui fait de l'ordre de 80 000 kilomètres en France, s'il y avait un endroit où il fallait enterrer du 400 000 et dépenser des sommes qui sont de l'ordre de 7 millions d'euros au kilomètre, on pense que la priorité n'est pas là. Il y a des endroits en France, de manière objective, de notre point de vue en tout cas, bien plus prioritaires qui existent. Pas les montagnes, on pense que c'est plutôt dans l'alimentation des zones urbaines. A Reims, c'est du 125 000 volts, donc c'est un autre contexte en termes technologiques et en termes de coûts.

On peut discuter. Il me semble que faire une liaison souterraine bout en bout de 150 kilomètres nous paraît presque de la science fiction même si c'est apporter en termes de fabrication de câble, en termes de génie civil, le fonctionnement et la mise en service du câble. On serait capable de le construire. Est-ce que l'on arrivera à la même sous-tension et à faire transiter l'énergie dedans ? Pour l'instant, on n'en a pas la même certitude. Donc là-dessus, on pense que le raccordement d'un site où il y a 4 200 mégawatts de production qui pourraient être disponibles à travers cet objet qui n'est pas maîtrisé en termes de comportement, là, on n'a pas du tout envie d'y aller. Mais pour l'histoire des siphons, on ne dit pas que c'est infaisable, on veut mettre sur la table les avantages et les inconvénients du point de vue de l'environnement et du point de vue du coût, et on pourra discuter de cela dans la concertation. Notre position de départ c'est que ce n'est pas sur un projet fictif Cotentin-Maine que l'on a *a priori* le souhait de tester ces techniques et de faire la construction souterraine.

Monsieur GIBLIN

On va revenir sur les avantages et les inconvénients de ces différentes solutions dans la deuxième partie. Je vous propose que l'on prenne encore deux questions et ensuite on passe à la deuxième partie, parce que sinon nous allons terminer un peu tard. Et en plus, je pense que l'on reviendra sur les questions que vous souhaitez poser très certainement dans la deuxième partie. Monsieur, ici. Et Monsieur, là-bas. Présentez-vous, s'il vous plaît.

Monsieur LEMOSQUET

Michel Lemosquet, Mayenne. Je m'étonne que dans ce débat sur l'enfouissement de lignes, outre la faisabilité technique et les problèmes de coûts, on n'aborde pas une problématique qui est énorme quand même, c'est le côté environnemental de l'enfouissement des lignes, à savoir notamment le passage d'eau, les nuisances, même les champs électromagnétiques. C'est absolument absent de ce débat.

Monsieur GIBLIN

Attendez. C'est la deuxième partie justement à laquelle je vais vous inviter à passer, parce que c'est là où CESI va présenter les mérites comparés des différentes solutions. Monsieur, au fond ?

Monsieur FROTET

Bonjour. Alain Frotet, Une ligne ça suffit ! Donc je tiens à dire que je suis contre le projet de ligne et contre le projet EPR, avant de commencer. Je trouve dommage que vous n'ayez pas invité le représentant de la Sicabel qui était à la réunion de Villedieu parce qu'apparemment il avait dit que techniquement on pouvait aller jusqu'à 47 kilomètres enfouis, donc ce qui faisait deux postes pour le projet futur. Ce n'est pas moi qui l'ai dit, c'est lui, à Villedieu, vous pouvez reprendre les notes.

Monsieur GIBLIN

Monsieur Gabel a été informé de cette réunion et invité à venir s'il le souhaitait.

Monsieur FROTET

Si jamais le tracé passait chez moi, si je veux m'y opposer coûte que coûte, quels sont mes recours ? J'en ai déjà une, cela suffit !

Monsieur GIBLIN

Ce n'est pas un sujet électrique au sens où nous l'entendons, mais c'est un sujet qui, je pense, préoccupe beaucoup de monde. S'il y a une ligne, il y a forcément, avant que l'on ait décidé de l'implantation d'une ligne, une procédure d'enquête publique dans laquelle il est possible de d'abord dire son point de vue et éventuellement de faire des recours juridiques. On est loin d'en être là. Je crois que ce que l'on peut répondre c'est que, je ne sais pas si RTE veut ajouter quelque chose, c'est classique en matière de toute infrastructure. Il n'y a pas de différences.

Monsieur DESQUILBET

Je voulais répondre à la première partie par rapport à ce que disait le Monsieur de Sicabel, du point de vue de la distance entre deux stations de compensation pour une liaison alternative, en fait la distance n'est pas une valeur fixe pour les 400 000 volts. Cela dépend de la puissance que l'on transporte. Plus la distance est importante, plus la distance va être courte. Et l'ouvrage Cotentin-Maine serait un ouvrage du réseau interconnecté qui ne va pas seulement, si je puis dire, transporter de l'énergie de Flamanville 3, mais il va également servir de secours aux autres ouvrages de la zone. Il peut atteindre des puissances ou des capacités de transport qui seront plus importantes que les expériences habituelles dans les réseaux souterrains 400 000 volts. Par exemple, la ligne qui a été installée au Danemark, à laquelle il a déjà été fait référence, avait des puissances plus faibles.

Monsieur GIBLIN

On va en parler tout à l'heure.

Monsieur DESQUILBET

Pour notre cas, on se retrouve à devoir rapprocher les stations.

Monsieur GIBLIN

Je vais vous proposer de passer vraiment à la deuxième partie parce je vois, comme j'ai eu la chance de pouvoir consulter ce rapport, que beaucoup de questions que vous posez figurent dans cette évaluation comparative des différentes solutions. Sur la première partie, il y a encore Monsieur, derrière. Mais soyez très rapide, s'il vous plaît.

Monsieur LELANDAIS

Oui, c'est très rapide. J'ai bien écouté le commentaire du Monsieur de la CESI. A moment donné, il dit : « La solution ne garantit pas les conditions de sécurité face aux perturbations ». Je voudrais qu'il précise un peu.

Monsieur GIBLIN

A quelle solution faites-vous allusion, Monsieur ? Donnez votre nom, s'il vous plaît.

Monsieur LELANDAIS

Je suis d'un canton sur deux vals, Juvigny et Saint-Pois, Monsieur Lelandais.

Monsieur GIBLIN

Merci. A quelle solution faites-vous allusion ?

Monsieur LELANDAIS

Au début, vous avez répondu : « Cette solution ne garantit pas les conditions de sécurité face aux perturbations ». Quelles perturbations ?

Monsieur GIBLIN

Monsieur Cova, pouvez-vous répondre ?

Monsieur COVA

En général, quand je parlais de conditions de sécurité, c'était tant en conditions normales que d'urgence. Ici, en effet, je n'ai pas exposé quels étaient les critères de sécurité adoptés. « Face à la perturbation », que signifie la perturbation ? C'est le déclenchement d'une ligne ou d'un transformateur suite à un défaut, plus précisément d'un circuit. Lorsqu'il y a une ligne à deux circuits, nous avons simulé le déclenchement soudain d'un circuit ou d'un transformateur suite à un défaut. C'est la règle de sécurité imposée dans toute l'Europe du centre ouest.

Le système doit être en condition pour faire face à cette perturbation. Cela veut dire que suite au déclenchement des composants du réseau (circuit, transformateur ou même un groupe de génération), la charge sur les autres lignes et le transformateur ne peut pas dépasser une limite en conditions d'urgence. La plage de variation de tension doit être comprise entre des limites bien établies. Et aussi, le groupe en rotation et les alternateurs ne doivent pas perdre le synchronisme. Donc les conditions de sécurité ne sont pas garanties, cela veut dire que l'on a détecté des surcharges intolérables sur d'autres composants du réseau qui peuvent causer le déclenchement d'une autre ligne, un effet de cascade ou une baisse intolérable de tension qui peut causer l'intervention du relais de protection ou la perte de synchronisme de l'alternateur qui se déclenche parce qu'il tourne à une vitesse différente. Je ne sais pas si j'ai été clair en disant que les conditions de sécurité ne sont pas garanties, ce sont les contraintes du réseau qui ne sont pas garanties.

Monsieur GIBLIN

Vous pouvez vous reporter au rapport, Monsieur, si vous voulez en savoir peut-être plus.

Monsieur LELANDAIS

Pour les perturbations, je pensais aux tempêtes ou des trucs comme ça.

Monsieur COVA

C'est le déclenchement de composants.

De la salle

Bonjour. Jean-Michel. Association Mayennaise. Moi j'entends parler d'innovations, de premières mondiales, je crois qu'en France on est bien placé pour parler de premières mondiales, avec le nucléaire, comme la première puissance au monde, les déchets nucléaires on n'en parle pas, La Hague et compagnie, on prend tout. La France comme première poubelle au monde. Donc en première mondiale on a de quoi faire ! Alors quand j'entends parler de respecter le bocage, respecter l'environnement, je crois qu'il faudrait peut-être penser à innover une bonne fois pour toute !

Monsieur GIBLIN

C'était une prise de position. Je pense que cela n'appelle pas de réponses de nos experts. Je vous propose que l'on passe à la deuxième partie qui est justement l'analyse comparative des solutions qui ont été envisagées par CESI. Monsieur De Nigris, vous avez la parole.

Etude comparative des différentes solutions

Monsieur De NIGRIS
CESI

Merci. Nous avons vu dans la première partie quels sont les impacts sur le réseau des différentes alternatives technologiques. Ce sont des simulations, donc ce sont des calculs sur le réseau. Nous

allons voir maintenant d'une façon un peu plus pratique quelles sont les différentes alternatives technologiques que représentent une ligne aérienne ou une ligne en câble à isolation sèche ou à isolation gazeuse. Et dans le contexte de la ligne Cotentin-Maine, quels sont les enjeux économiques et, en toute première approximation, les enjeux environnementaux.

Je vous prie de comprendre qu'en un mois de temps qui est le délai qui nous a été donné pour la réalisation de cette étude, il est évident que les données qui sont rapportées dans le rapport et surtout les évaluations de type environnemental sont tout à fait de première approximation. Une étude environnementale sur la réalisation d'une nouvelle ligne requière des mois d'étude, et ce n'était pas dans l'objectif de notre travail.

Donc nous avons étudié les différentes alternatives technologiques, on les a chiffrées en première approximation et aussi en termes de coût. Nous avons utilisé des coûts moyens de réalisation en tenant compte des coûts de réalisation moyens européens et aussi de l'expérience acquise en Italie lors de réalisations récentes. Naturellement, le tout doit être approfondi parce que les conditions de pose, les conditions locales, les coûts de main-d'œuvre, etc. peuvent être différents par rapport à ce que nous envisageons.

Je crois que ce qui est le plus important, peut-être, c'est de comparer et de regarder les coûts des différentes solutions technologiques, les impacts des différentes solutions technologiques en comparaison les unes par rapport aux autres, plus que les chiffres eux-mêmes qui naturellement peuvent dépendre fortement aussi du pays dans lequel une ligne serait construite.

Nous allons partir avec quelques petits schémas pour vous montrer presque en relief ce dont nous sommes en train de parler. Celle-ci est la situation actuelle, on a le poste de Menuel, le poste de Launay, le poste de Domloup, le poste des Quintes et le poste de Rougemontier qui sont connectés par des lignes aériennes double terne.

Alors la proposition du maître d'ouvrage est de réaliser, à partir d'un poste amont vers un poste aval, une ligne double terne en technologie aérienne. Nous allons commencer à voir du point de vue technologique quelles sont les implications en termes de coûts, en termes d'impacts en général, tant impacts de type technique qu'impacts de type généralement environnemental. Nous avons essayé d'utiliser le plus possible des codes de couleur parce que naturellement évaluer une expérience précédente en la chiffrant aurait été très difficile, et nous avons choisi un certain nombre de critères sur lesquels comparaissent les différentes alternatives technologiques.

Le premier critère, on l'a déjà discuté dans la première partie, c'est le critère réseau, le fait qu'une configuration, une solution soit apte à répondre aux critères de gestion du réseau dont nous a parlé Bruno Cova précédemment. Donc les critères réseau, vous allez les voir essentiellement dans cette présentation qui ne recouvre pas toutes les alternatives possibles mais les alternatives les plus intéressantes, sont ceux dont on a parlé dans la première partie.

L'ampleur du chantier est une expression de l'importance d'un chantier par rapport à la construction. C'est toujours l'importance relative d'un chantier par rapport à d'autres solutions.

L'expérience précédente, cela parle de soi. Le fait que l'on ait déjà, dans le pays ou dans le monde, une expérience semblable à celle de la réalisation de la configuration dont on parle.

L'impact visuel, l'emprise sur le terrain, le niveau maximal de champ électromagnétique et l'ampleur du couloir à champ électromagnétique significatif. C'est-à-dire la largeur du couloir à champ électromagnétique significatif.

La flexibilité d'exploitation et la fiabilité attendue sont aussi d'autres paramètres que nous avons essayé de prendre en compte toujours du point de vue assez qualitatif.

Le deuxième tableau, le tableau que nous voyons ici, en bas, est un tableau qui reporte les coûts de construction, les coûts de modification des postes parce que nous avons vu ici qu'il faut réaliser ou modifier des postes existants, des coûts de gestion, les opérations d'entretien, etc., le coût des pertes parce que naturellement lors du passage d'un courant électrique à l'intérieur d'un conducteur qui n'est pas supraconducteur on a de l'énergie qui est perdue et donc c'est de l'énergie qui ne peut pas être vendue mais qui doit être produite et donc qui a un coût. Les coûts de défabrication, c'est-à-dire de démontage de l'ouvrage en fin de vie.

Nous avons considéré une vie opérationnelle de l'ouvrage d'environ une trentaine d'années. Ceci est pour essayer de mettre sur le même pied les différentes technologies. Il est évident que l'on a l'expérience de lignes aériennes qui durent plus longtemps que trente ans, une expérience de câbles à isolation sèche pas aussi longue jusqu'à présent. Mais si l'on regardait par exemple des câbles à isolation huile, on aurait une expérience tout aussi longue.

Le tableau en haut à droite nous donne les paramètres d'ingénierie et donc la longueur, le type de poteau qui pourrait être utilisé, le type de conducteur, le type d'isolateur, etc. Nous avons ici un profil de champ électromagnétique.

En ce qui concerne la configuration que nous avons appelée L1, la ligne aérienne en double terre qui est la proposition du maître d'ouvrage, nous pouvons dire en particulier, en ce qui concerne les impacts visuels et l'occupation du sol, que l'impact visuel peut naturellement, je ne vous apprend rien, être très important, surtout dans le cas où la ligne est fortement visible à partir de points panoramiques. Il est possible de masquer la ligne en choisissant d'une façon optimale son tracé. Et en particulier vous voyez ici que ce poteau est très visible, le poteau suivant est pratiquement invisible parce que la perspective a été choisie d'une façon optimale. L'occupation du sol est liée naturellement au fait que les poteaux ont des fondations. Les supports occupent une surface variable entre 100 et 250 mètres carrés chacun. Dans cette aire, naturellement on peut utiliser le terrain d'une façon limitée.

Le champ électromagnétique a un profil qui est progressivement descendant, et nous le voyons ici. Nous allons agrandir cette image. Et nous voyons ici qu'en fonction de la hauteur des conducteurs par rapport à la terre, nous avons des niveaux de champs électromagnétiques sur une ligne double terre avec un transit de puissance de 1 600 mégawatts à un niveau de champ électromagnétique d'environ 55 microteslas au maximum. Et nous avons représenté ici un couloir de 5 mètres comme comparaison pour vous donner un ordre de grandeur, parce que naturellement les images que nous allons voir sur les différentes solutions technologiques ont des échelles, tant verticales qu'horizontales, qui ne sont pas les mêmes et donc qui ne permettent pas de bien visualiser la différence entre les différentes solutions technologiques. Regardez les lignes jaunes qui nous donnent toutes un couloir de 5 mètres. Donc dans le cas de la ligne double circuit, 55 microteslas comme niveau de champ électromagnétique maximum et le couloir de 5 mètres qui se trouve dans cette position.

Le coût total de construction de cette ligne, si l'on ne tient pas compte du coût de modification des postes qui est pratiquement en commun à presque toutes les alternatives technologiques, est de l'ordre, dans nos évaluations, de 72 millions d'euros. Sur les 150 kilomètres, le coût total sur le cycle de vie, les pertes sont évaluées sur les trente années de cycle de vie de la ligne à un total d'environ 200 millions d'euros sur la ligne. Pour vous donner une idée des dimensions des

supports, le support du Danube typique a une hauteur jusqu'à 60 mètres environ, cela dépend naturellement de l'orographie du terrain, et une largeur d'environ une trentaine de mètres. Ceci est la solution ligne aérienne double terre qui est la solution proposée par le maître d'ouvrage.

Une autre solution que nous avons envisagée du point de vue technologique est le fait de séparer les deux circuits en deux simples terres. Ce qui nous permet de rendre un peu plus léger l'impact sur l'environnement mais en couvrant naturellement un territoire plus vaste, donc de ne pas concentrer l'impact visuel le long d'un seul couloir mais de permettre de dévier un des deux circuits pour faire en sorte qu'à chaque endroit qui est couvert par le couloir de la ligne on ne voie qu'une ligne simple terre.

On a les mêmes caractéristiques, les poteaux sont légèrement différents, ils sont plus petits, ce sont des poteaux de hauteur un peu moins importante et dont l'envergure est un peu moins importante. Ceci est la représentation du champ électromagnétique au moment où les deux lignes simple terre seraient les plus rapprochées l'une de l'autre. Et donc elles s'influencent l'une l'autre et l'on a un niveau de champ magnétique plus élevé. Le couloir de 5 mètres est à nouveau représenté ici. Naturellement, ceci est la situation la plus défavorable dans le cas des deux fois simple circuit.

Le coût total est un peu plus élevé. Le coût de perte est le même, mais naturellement il faut construire deux lignes au lieu de n'en construire qu'une seule. Et construire deux lignes, même si chaque ligne coûte un peu moins cher, le total revient naturellement un peu plus cher. Les coûts de défabrication aussi étant naturellement un peu plus chers.

Du point de vue de la comparaison qualitative sur les critères, on arrive à cette solution avec une emprise sur le terrain qui, naturellement, est encore plus élevée, un impact visuel qui, en puissance, peut être un peu moins fort, et le reste est essentiellement commun par rapport à l'autre solution.

La première solution de l'enfouissement est une solution avec un double tricâble. Donc on a deux circuits qui sont séparés et chacun qui est composé de trois câbles de haute tension, un par phase. Alors on arrive à cette solution avec ces paramètres d'ingénierie, nous avons pris en hypothèses des câbles de 2 500 millimètres carrés. Le niveau de champ électromagnétique, vous le voyez ici, est assez variable. C'est-à-dire qu'en fonction du choix de la disposition des phases entre les deux circuits, on peut arriver à un profil de champ magnétique qui est celui-ci ou arriver à un profil de champ magnétique qui est celui-ci. On arrive, comme ordre de grandeur, à une douzaine de microteslas, et la bande de 5 mètres, maintenant, est celle-ci.

Alors du point de vue coût, nous avons le coût de l'achat du câble, le coût de la pose du câble et le coût de réalisation de tous les accessoires qui se chiffrent à environ 455 millions d'euros comme ordre de grandeur. La modification des postes est pratiquement la même. Nous avons la nécessité, et nous le voyons ici, de cinq postes de compensation du réactif. Donc deux postes d'extrémité et trois postes intermédiaires. Nous devons compenser une puissance réactive qui se chiffre à 3 200 mégawatts tempérés actifs. Excusez-moi, c'est très technique mais cela vous donne un ordre de grandeur. Gardez en tête 3 200, vous verrez que c'est proportionnel au nombre de tricâbles. Naturellement, les postes de compensation occupent de l'espace. Chaque poste de compensation est réalisé sur une ampleur de terrain d'environ 100 mètres sur 60 mètres.

Il faut dire que dans les réalisations qui ont été faites jusqu'à présent au niveau 400 000 volts, nous ne connaissons que des postes d'extrémité, c'est-à-dire le poste amont et le poste aval. Il n'y a pas de réalisations jusqu'à présent en 400 000 volts où sont prévus des postes intermédiaires. Donc il est possible que les postes intermédiaires qui essentiellement sont composés par l'arrivée du ou des

câbles, les systèmes de gestion, les disjoncteurs ou similaires, le réacteur de compensation est exactement d'une façon spéculaire de l'autre côté le câble qui repart pourrait occuper, comme ordre de grandeur mais on n'a pas d'expérience, sur la même largeur probablement 150 mètres de longueur.

La figure que vous voyez ici, en haut, est partiellement en réponse à ce que l'on disait précédemment sur l'aptitude de la longueur, l'aptitude de transport de câbles 400 000 volts. On a entendu des chiffres en termes de possibilité de longueur sans compensation de 40 kilomètres, si je ne me trompe, je ne sais pas ce qu'a dit Sicabel. Ceci dépend de la configuration du réseau d'un côté, mais dépend aussi de la modalité de pose du câble. Si l'on veut obtenir une longueur d'aptitude de transport qui soit un peu plus élevée, il ne faut pas poser les câbles très rapprochés les uns des autres mais il faut les distancer de façon à diminuer la capacité cumulée. Ceci nous porte à une valeur théorique d'environ une quarantaine de kilomètres dans le cas de câbles espacés de 60 centimètres.

Ampleur de chantier. Je vous donne quelques exemples d'ampleurs de chantier. Ceci dépend de la technologie qui est utilisée, de la technique qui est utilisée, de la technique de pose. On peut poser un câble en tunnel, on peut poser un câble directement enterré, on peut poser un câble en fourreau, on peut poser un câble en tuyau, etc. Et chaque configuration a ses avantages et ses désavantages. Au moment où, par exemple, on longe une route départementale, ici vous voyez une photo qui a été prise lors de la réalisation d'une ligne qui a été faite très récemment en Italie, une ligne 400 000 volts à deux tricâbles, on a un tricâble par côté de la route. Donc un tricâble est posé d'un côté de la route départementale et l'autre tricâble est posé de l'autre côté de la route. Vous voyez l'ampleur du chantier, je ne la commente pas, elle est représentée dans la figure, 2 à 3 mètres d'ouverture de chantier et 1,5 à 2 mètres de profondeur.

Dans les zones plus densément peuplées, et ceci est encore l'exemple de la ligne qui a été réalisée et qui d'ailleurs n'a pas été encore mise en service, 400 kilovolts, où il faut réduire le niveau du champ électromagnétique, on utilise des écrans comme ceux que vous voyez. On réalise pratiquement autour du câble une espèce de tuyau conducteur qui réduit de façon très importante le niveau du champ électromagnétique près des habitations.

Pour vous donner un autre exemple de réalisation, ceci est un quatre tricâble qui a été réalisé assez récemment en Angleterre en pleine campagne. Ici, vous voyez que l'ampleur sur le terrain du chantier est très importante parce qu'il faut déblayer une surface sur 17 à 20 mètres d'ampleur. Et ici, on voit ce qui se passe, c'est l'expérience anglaise après huit mois, au moment où la végétation commence à se refaire.

Cela vous donne des idées sur l'ordre de grandeur de l'impact des différentes solutions.

Alors ceci est la configuration C1, c'est-à-dire le double tricâble. C'est la ligne qui est réalisée avec deux câbles, et chaque câble est connecté à un terna de la ligne aérienne. Du point de vue de la capacité de transport, ceci correspond à la solution danoise. La solution danoise qui comporte des désavantages parce que le câble n'a pas la même capacité de transport dans cette configuration que la ligne aérienne. Ce qui veut dire qu'au moment où l'on utilise la ligne aérienne à pleine puissance, on a des goulots d'étranglement en correspondance des câbles. Ceci s'applique sur la solution aérosouterraine, et nous allons le voir sur la solution aérosouterraine.

Donc cette configuration en double tricâble, du point de vue de la capacité de transport, si l'on considère la solution 150 kilomètres double tricâble, la capacité de transport ne sera pas équivalente

à celle d'une ligne aérienne double circuit. On le sait déjà au départ. Donc il faut tenir compte du fait que même si du point de vue de la configuration réseau et de la réponse au réseau les paramètres sont corrects, le dimensionnement de la ligne double tricâble est inférieur à celui de la ligne double circuit en aérien.

L'autre configuration est une ligne quadruple tricâble, 150 kilomètres en utilisant quatre tricâbles en deux circuits indépendants thermiquement et électroniquement les uns des autres. Ceci nous donne un coût total sur le cycle de vie d'environ un milliard contre les 600 millions précédents, un coût de pose de câble de 810 millions, donc c'est pratiquement le coût de pose des câbles qui joue un rôle extrêmement important dans cette configuration. Le niveau de pertes sur les câbles est nettement moindre, et je retourne par rapport à celles-ci les pertes, ici, se chiffrent à 152 millions d'euros, tandis que les pertes sur le quadruple tricâble se chiffrent à 30 millions d'euros. Mais attention, il faut compenser 7 000 contre les 3 200 dont on avait parlé précédemment sur les cinq postes et la compensation de la consommation de l'énergie parce qu'il y a des pertes sur le poste de compensation. Et malheureusement, dans cette configuration, on voit que les pertes dans les postes de compensation sont largement supérieures aux pertes dans les câbles. Alors ici, le profil du champ électromagnétique est plus bas, on arrive à 9 microteslas, et les 5 mètres sont plus ou moins dans cette position.

Une autre configuration est celle en triple tricâble. Donc c'est une configuration intermédiaire entre les deux. On a estimé du point de vue de l'analyse de réseau que le quadruple tricâble est une configuration qui répond aux critères réseau mais qui est peut-être surestimée et surdimensionnée. Alors nous avons considéré une configuration à triple tricâble toujours sur les 150 kilomètres, et nous avons naturellement des chiffres qui sont tout à fait intermédiaires, c'est normal, nous avons presque 850 millions d'euros de coût total de gestion de cycle de vie. Nous devons compenser 4 800 MVA au lieu des 7 000 ou au lieu des 3 200. Et le profil de champ électromagnétique nous porte à un niveau de champ électromagnétique maximum de 12 microteslas. C'est un niveau légèrement élevé, sauf naturellement le choix de la configuration deux phases qui nous permet de réduire à environ une dizaine de microteslas.

Ceci nous donne naturellement un impact visuel, une emprise sur le terrain, etc. qui sont nettement moindres, une ampleur du couloir à champ électromagnétique qui est un peu plus élevée par rapport aux solutions précédentes. Quelques doutes sur la flexibilité d'exploitation, et on va discuter aussi les aspects fiabilité attendus. Nous l'avons dit, nous l'avons répété plusieurs fois cet après-midi, il n'y a aucune expérience dans le monde sur des longueurs aussi importantes. Ce qui veut dire que le niveau de défaut d'une configuration de ce type ne peut malheureusement être évalué sur la base d'expériences précédentes. Donc il faut faire un calcul, il faut faire des estimations. Nous avons estimé 0,2 défaut par 100 kilomètres par an. Et avec ce niveau de défaut, la flexibilité d'exploitation est acceptable.

L'autre configuration dont nous avons étudié les impacts est la configuration en siphon. Nous avons vu que du point de vue du comportement réseau le siphon 30 ou 60 kilomètres répond avec un double tricâble de façon correcte, et nous l'avons pris en hypothèse. Donc on a une première partie en ligne aérienne, un siphon en souterrain et une partie finale en ligne aérienne. Alors nous n'avons pas les profils du champ électromagnétique parce que nous les avons vus. Ce sont, sur le tronçon ligne aérienne, les champs électromagnétiques de la ligne aérienne, et, sur le tronçon ligne câble, le champ électromagnétique de la ligne câble. Nous avons ici les paramètres d'ingénierie de la partie câble et de la partie ligne aérienne.

Et l'on voit, en prenant l'hypothèse d'un siphon 30 kilomètres, que l'on arrive à 305 millions d'euros comme coût de cycle de vie total. C'est significativement plus élevé par rapport à la simple ligne aérienne double terre mais c'est quand même nettement plus bas par rapport à la ligne câble complètement enterrée. Nous voyons une expérience précédente en vert parce qu'il y a des expériences dans le monde de lignes de cette envergure avec cette configuration.

On pourrait voir, si cela vous intéresse, la ligne danoise dont on avait parlé, je crois, lors d'une réunion précédente. La ligne dont on parlait est une ligne 400 kilovolts qui a 140 kilomètres de longueur. Contrairement à ce qui a été dit à un certain moment, je crois, pas cet après-midi mais il me semble l'avoir lu dans des comptes-rendus de débat, ce n'est pas une ligne complètement enterrée. C'est une ligne essentiellement aérienne avec trois siphons souterrains. Les siphons souterrains portent à une longueur totale enterrée de 14 kilomètres, et la ligne est enterrée dans des endroits particulièrement importants : traversée d'un fjord par exemple, traversée d'une ville et, si je ne me trompe, traversée d'une vallée importante dans le nord.

Vous voyez ici un exemple de poste de transition entre la ligne aérienne et la ligne souterraine. Cela ne se fait pas sur un poteau. Sur les 225 000 volts, on peut le faire directement sur le poteau en renforçant un peu le poteau, c'est un poteau un peu spécial. Sur le câble 400 kilovolts, ceci n'est pas possible, il faut réaliser un petit poste. Donc c'est un gros poteau ou un petit poste, cela dépend si vous voulez voir le verre mi-plein ou mi-vidé.

Ici, la configuration est telle que le câble est directement enterré. Le câble est sous dimensionné par rapport à la ligne. C'est-à-dire que c'est un câble qui a, tout d'abord, une section de 1 200 millimètres carrés. La capacité thermique des deux tricâbles en parallèle est de 1 000 MVA. La ligne peut être surchargée tandis que la ligne aérienne a une capacité thermique de 2 000 MVA sinon supérieure. Cette ligne en câble peut être surchargée jusqu'à 2 000 MVA pendant trente heures. Naturellement, le câble chauffe mais il peut tenir la température jusqu'à une trentaine d'heures en travaillant à 2 000 MVA en puissance totale. Chaque tricâble peut être géré jusqu'à cent heures à 800 MVA par terre. Dans ce cas, avec ce sous dimensionnement du câble et avec cette technologie de pose qui est directement enterrée sans précautions particulières pour optimiser la capacité de transport, on arrive à un rapport de coût d'enfouissement, coût au kilomètre du câble enterré par rapport au coût de la ligne aérienne, d'environ 4,5. Ce qui n'est vraiment pas mal en termes de rapport de coût d'investissement.

Vous verrez que si l'on compare le coût cycle de vie ce ne sont pas des chiffres qui sont particulièrement performants. Ce sont des chiffres extrêmement performants quand on compare les coûts d'investissement parce que naturellement le câble, ayant des pertes moindres par rapport à la ligne aérienne, est nettement plus favorable lors de la gestion cycle de vie.

Revenons sur cette image, on a les impacts qui sont représentés dans ce tableau. La solution de fantaisie, parce que vraiment c'est une solution de fantaisie, le câble d'isolation gazeuse sur 150 kilomètres, on devrait enfouir deux câbles à isolation gazeuse. Ici, on a du rouge sur l'expérience précédente naturellement. On a du rouge sur l'ampleur du chantier. On a du rouge sur la fiabilité attendue. Mais l'impact visuel niveau maximum du champ électromagnétique que vous voyez être à 2 microteslas est une solution qui pourrait être très intéressante si elle était pratiquement réalisable.

Les configurations qui sont réalisées jusqu'à présent sont des configurations qui, vous le voyez ici, ont des longueurs qui vont de quelques dizaines de mètres à 6,5 kilomètres. Ce sont essentiellement des réalisations qui sont faites au Japon. Ce sont normalement des solutions qui sont adoptées

quand vraiment l'espace à disposition est extrêmement bas, et on a besoin de transporter une très grande capacité de puissance.

Ceci est la configuration interne, je vous passe les détails.

Ce qui peut être intéressant c'est le type de chantier. Ce sont des tuyaux qui sont portés en chantier sur des camions et ils doivent être soudés directement sur le chantier. Donc ceci vous donne une idée aussi de l'importance d'un chantier de ce type. Le coût de réalisation est très difficile à évaluer parce que justement les réalisations présentes sont très peu nombreuses. On le chiffre à une quinzaine de fois à celui de la ligne.

Alors venons-en à une autre configuration qui est celle en tension continue. Ici, on a imaginé de remplacer la proposition du maître d'ouvrage qui est le double terna en aérien par une ligne en courant continu. Pour le transport d'une quantité de puissance comme celle qui est requise d'environ 1 600 MVA, nous n'avons pas besoin d'une ligne à 500 kilovolts, une ligne à 300 kilovolts en tension continue serait suffisante, ce qui comporte des poteaux plus bas, ce qui comporte des impacts moins forts sur la ligne. Mais ce qui comporte la réalisation de postes de conversion, un poste de redressement, un poste d'ondulation, un poste de redressement en amont et un poste d'ondulation en aval pour pouvoir connecter cette nouvelle ligne sur un circuit sur un réseau existant.

Alors du point de vue du comportement réseau, nous avons vu que cette configuration ne répond pas aux critères réseau à cause du manque de liens de synchronisation. Donc ici il faut prendre en compte aussi la compensation série, et on le verra dans une des configurations suivantes. Nous avons quand même pris en hypothèse les paramètres d'ingénierie et cela nous a porté un peu en avant quand on a évalué après la configuration avec la compensation série.

Nous avons un impact visuel qui, sur la ligne même, nous allons le voir après sur la configuration mixte, est essentiellement lié à la présence de postes de conversion qui sont des postes énormes effectivement sur des puissances aussi élevées. L'occupation des terrains des postes est très importante, avec des appareillages dans les postes – je n'ai pas les photos dans cette présentation, je peux vous les montrer éventuellement – qui sont un peu de science fiction mais tout à fait réalisables. Il y a de nombreuses lignes en tension continue avec cette technologie. Ce n'est absolument pas une première mondiale, ceci est tout à fait réalisable. L'impact visuel de la ligne est plus bas par rapport à l'impact visuel d'une ligne en tension alternative.

Je laisse ceci pour arriver au coût, aux enjeux économiques. Les postes de conversion sont gros et chers. Ils se chiffrent à environ 165 000 euros par mégawatt. Donc tenez compte du fait qu'il faut multiplier ceci par 1 600 ou par 2 000. Et en effet, on voit que les enjeux économiques, sur ce tableau, sur la construction du poste, se chiffrent à 315 millions d'euros, seulement le poste. La configuration totale arrive à environ 500 à 520 millions d'euros.

Du point de vue du champ électromagnétique, on arrive à cette configuration qui dépasse de très peu le champ magnétique terrestre naturel. Donc c'est une configuration qui, du point de vue du champ électromagnétique, est très favorable par rapport à la configuration en tension alternative. On n'a pratiquement pas de champ magnétique. On a un champ électrique naturellement mais on n'a pas de champ magnétique significatif par rapport au champ magnétique naturel qui est le champ magnétique continu et qui représente le champ magnétique de l'élément qu'est la terre qui arrive à 45 microteslas en continu. Donc ce n'est pas une tension alternative, ce n'est pas un champ magnétique alternatif, et donc les effets sur la santé sont tout à fait différents. C'est comme si l'on

vivait près d'un aimant ou dans le champ magnétique terrestre normal dans lequel nous vivons normalement. Le niveau de champ électrique se chiffre à environ une dizaine de kilovolts au mètre qui, du point de vue de la sensation, est en dessous du niveau sensible.

Alors la configuration sous-marine comporte un poste de conversion en amont. Cette photo vous montre une salle de valve de conversion. On a pris en hypothèse une connexion de 1 800 mégawats avec deux câbles sous-marins. Regardez le niveau économique, le niveau de coût. Rappelez-vous que du point de vue du comportement réseau cette configuration ne permet pas de répondre aux critères du réseau.

Alors venons-en aux configurations mixtes avec une compensation série. Nous avons vu que la seule compensation série ne répond pas aux critères de réseau. Mais si l'on utilise une compensation série avec une ligne simple terre ou si l'on considère une compensation série avec une ligne en tension continue, les critères réseau dont on avait parlé sont satisfaits. Attention aux comportements dynamiques liés aux oscillations hyposynchros.

Alors on a une comparaison d'impacts en ce qui concerne la configuration compensation série plus un terre aérien. On a quelques doutes, vous voyez quelques jaunes. L'emprise sur le terrain est liée tant à la ligne, parce qu'il faut quand même construire un ouvrage. Ce serait un ouvrage simple terre par rapport à l'ouvrage double terre, donc il faut voir le pour et le contre de ces deux alternatives. Une ligne plus légère par rapport à la ligne double terre, mais les risques réseau dont nous avons parlé précédemment, un coût qui est moins important par rapport à ce que nous avons vu précédemment parce que le gros ouvrage et la réalisation de la ligne avec 42 millions d'euros de réalisation de la ligne. Le poste de compensation coûte environ une vingtaine de millions d'euros et les pertes sont plus basses naturellement par rapport à la configuration précédente.

Avec la ligne en tension continue, il faut ajouter le coût du poste. Le coût de la ligne est plus élevé par rapport à celui de la ligne simple terre mais plus bas par rapport à celui de la ligne double terre. Et on en arrive à 550 millions d'euros environ.

Alors regardons un instant d'une façon un peu comparée pour avoir un peu tous les chiffres tous ensemble ou au moins une vision globale. Celle-ci est la proposition du maître d'ouvrage en termes de coût d'investissement, donc ce qu'il faut payer pour la réalisation de l'ouvrage. Nous avons les configurations souterraines qui sont beaucoup plus élevées par rapport aux configurations aériennes. Les deux siphons, le siphon de 30 kilomètres en double tricâble ou en triple tricâble, sont beaucoup moins élevés par rapport à la configuration câble. La configuration câble à isolation gazeuse est beaucoup plus élevée. Les configurations en tension continue sont intermédiaires.

En ce qui concerne les coûts de gestion et donc les pertes, on voit que la configuration câble isolation gazeuse est la plus intéressante tandis que les configurations aériennes sont assez contraignantes. On tient compte des pertes des câbles et des pertes des postes de compensation. Ici, si l'on n'avait que les pertes des câbles, on serait beaucoup plus favorables, mais il faut tenir compte des pertes des postes de compensation qui sont très importantes.

Alors le coût de cycle de vie, on met ensemble les coûts de réalisation et les coûts de gestion, et on arrive à cette image avec les quatre tricâbles dont pèse fortement le coût de réalisation naturellement, les trois tricâbles un peu moins et les deux tricâbles encore moins. Les siphons se rapprochent quand même assez bien de la configuration aérienne. Alors ceci en termes absolus.

Si l'on voulait comparer les coûts par rapport au coût de base de l'ouvrage proposé par le maître d'ouvrage, ici on rapporte les coûts au coût de la réalisation de la ligne double terre de façon à

pouvoir comparer : ceci coûte deux fois plus cher ou trois fois moins cher, etc. Alors on a cette configuration : le câble à isolation gazeuse coûte quatorze fois plus cher, le câble tricâble coûte neuf fois plus cher en termes de coût de réalisation, le double tricâble coûte cinq fois plus cher et le siphon coûte deux fois plus cher environ que la ligne normale.

En ce qui concerne les pertes, nous avons cette image, mais je crois que ceci est l'image la plus intéressante sur les coûts totaux. Donc on a le 1, ceci est la ligne aérienne deux fois simple terre, et si l'on compare sur le cycle de vie on voit que le siphon est un peu plus cher, pas beaucoup mais un peu plus cher. Le double tricâble est significativement plus cher toujours à cause des pertes sur les postes de compensation.

Ceci termine un peu le panorama des différentes solutions, et naturellement je suis à l'écoute de vos questions.

Monsieur GIBLIN

Merci beaucoup. Nous allons donc passer aux questions. Je précise aussi que Monsieur De Nigris parle aussi très bien l'italien. Peut-être une réaction de Monsieur Desquibet, et ensuite vous avez la parole. Nous avons trois quarts d'heure devant nous

Monsieur DESQUILBET

Merci, Monsieur le Président. Pour aller droit au but, je dirais que la solution L2, les deux solutions simple terre, est une solution que l'on n'avait pas envisagée. Donc elle est effectivement un peu plus chère mais l'idée qu'elle soit meilleure pour l'environnement me surprend un peu. Je pense que l'on aura déjà du mal à construire une ligne, alors l'idée d'en construire deux... Compte tenu de la difficulté par rapport à l'habitat, trouver deux couloirs parce qu'un couloir où les deux lignes seraient espacées de 60 mètres, je ne crois pas que l'on y arriverait. Donc pour moi, c'était intéressant de la regarder du point de vue de ses mérites techniques et économiques.

Du point de vue de l'insertion dans l'environnement particulier de notre zone, je ne pense pas que les quelques mètres que l'on gagne sur la hauteur des pylônes justifient que l'on ait à construire deux lignes. Donc cette solution L2, à titre de maître d'ouvrage, on pense qu'elle est moins bonne que la solution L1 que l'on propose.

Ensuite, concernant les solutions en tricâble, c'est le cœur de ce que j'ai à dire, vous proposez C1, C2 et C3 avec double tricâble et quadruple tricâble qui sont celles sur lesquelles on a fondé nos coûts dans le dossier du maître d'ouvrage, et la solution C3 à trois tricâbles. De notre point de vue, la solution C1 à double tricâble ne convient pas du point de vue de la capacité de transport. Comment peut-on dimensionner un câble souterrain ? Et comment sait-on combien d'ampères on peut mettre dans un câble souterrain ?

Il faut voir que le câble, ce qui limite son aptitude à transporter de l'énergie, c'est la température. Il ne faut pas que l'âme du câble, la partie qui, en général, est en cuivre au centre du câble dépasse 90 degrés, sinon on va endommager le câble irrémédiablement et en plus on risque d'assécher le sol autour du câble, ce qui fait qu'il va s'emballer thermiquement. Donc on a une température limite à ne pas dépasser. Cette température est liée au courant qui passe dans le câble puisque tout courant qui circule va faire chauffer ce qu'il traverse, et plus le câble va être enfoncé profondément, plus il va chauffer parce que le sol va moins bien dissiper la chaleur. Si on est près de la surface, on pourra mettre plus de courant dans le câble que si l'on s'enfonce dans le sol.

Dans notre cas, en France, on pose les câbles à 1,70 mètre sous le sol, le fond de la tranchée est à 1,70 mètre, ce qui fait que l'on a un mètre entre le haut de nos câbles et la surface du sol. Ce mètre est là pour garantir, d'une part, la sécurité des personnes. Il ne faut pas qu'en cas de court-circuit sur le câble on ait des flammes qui jaillissent et que des gens ou des animaux qui seraient dans la zone soient blessés. Et il faut également permettre une activité agricole minimale au-dessus des câbles. Donc cette profondeur de 1,70 mètre c'est ce que l'on a sur le tracé en général, sauf que dans la zone dans laquelle on est on a de nombreux obstacles qui sont perpendiculaires à notre tracé qu'il faut franchir. Donc on a compté des choses que l'on peut franchir avec une ligne aérienne relativement facilement en mettant un pylône de chaque côté mais qui, quand on attaque la technologie souterraine, vont représenter de vraies difficultés.

On a fait la liste : il y a trois voies ferrées, il y a deux autoroutes, il y a une trentaine de rivières, une cinquantaine – j'ai appelé cela des ruisseaux, je ne suis pas très fort en terminologie du réseau hydrographique – de courts d'eau pas très importants en termes de débit mais importants à franchir. Donc pour les franchir, il faudrait les interrompre et les dévier par un système de buse, faire un passage dans une profondeur plus importante pour rétablir la circulation d'eau. Donc il y a un impact sur l'environnement de ces franchissements des cours d'eau, mais il y a également le fait qu'en se mettant plus profond sous le sol, et c'est pareil sous de nombreuses routes nationales, on va contraindre le cap thermiquement, ce qui imposera d'utiliser soit des sections plus fortes, donc un cap plus coûteux, soit de mettre plus de tricâbles.

Donc en faisant ces calculs, nous arrivons à la conclusion que la solution à deux tricâbles ne permet pas de passer l'ensemble du transit qu'il y aura dans le réseau en 2012. Sachant que vos études qui ont été faites sur la vision du réseau en 2012, de notre point de vue, sont une première vision du problème, mais évidemment, en tant que gestionnaire de réseau, on voit au-delà de 2012 et on va construire une infrastructure susceptible d'accueillir des transits qui vont évoluer dans les décennies qui vont suivre par l'arrivée de nouveaux moyens de production ou par l'éventuelle augmentation de la consommation. Donc cette solution C2, de notre point de vue, est rouge, en gros elle ne fonctionne pas.

La solution C3 est la solution à quatre tricâbles sur laquelle vous arrivez à la même conclusion que nous : un coût d'investissement qui est neuf fois plus élevé que la ligne aérienne. Evidemment, elle fonctionne en théorie sur sa capacité de transport.

Après, la solution C3, une solution optimisée qui est une solution où l'on aurait trois tricâbles et non pas quatre comme ce que nous avons proposé. Pour vous expliquer notre démarche, comment on est arrivé à quatre tricâbles, c'est l'idée d'un siphon. Parce que l'on considère que sur une ligne de 150 kilomètres, on ne va pas construire 150 kilomètres en souterrain, j'ai déjà eu l'occasion de le dire, mais on pourrait, sur une portion de l'ouvrage, construire en souterrain. Et dans ce cas-là, on a pour chaque circuit aérien nécessité de mettre deux câbles dans la solution souterraine. Pour des questions de compatibilité de la puissance, il ne faut pas que la petite partie à construire en souterrain empêche d'utiliser l'ensemble de l'infrastructure aérienne que l'on aurait construite.

Donc cette vision-là de gestionnaire de réseau n'est pas celle que vous avez proposée. Vous avez, pour le cas du siphon, utilisé un peu la méthode danoise où vous avez adapté la capacité de l'ouvrage à la vision des transits 2012. De notre point de vue, ce n'est pas comme cela que l'on fonctionne, on construit un ouvrage qui a une certaine durée de vie et qui doit rendre des services qui seront au-delà de la pure échéance 2012. Donc on part avec un siphon avec quatre tricâbles, et dans notre dossier on s'est dit que l'on prolonge. Si le siphon devait faire 150 kilomètres de long, on reste à quatre tricâbles. Et on ne s'est pas posé la question d'optimiser.

On peut jouer à un exercice que je considère comme un exercice intellectuel. Si l'on avait à construire 150 kilomètres en souterrain, est-ce que l'on mettrait trois ou quatre tricâbles ? Donc est-ce que l'on construirait la solution C2 ou la solution C3 ? Donc on a regardé pour préparer cette réunion.

A trois tricâbles, on est en dessous de la capacité de transport nécessaire par rapport au réseau de 2012 pour les surprofondeurs. Donc cela veut dire que l'on pourrait éviter peut-être la construction du quatrième tricâble. Cela veut dire en tout cas que quand on franchirait un de ces réseaux du type routier, ferroviaire ou une de ces rivières, il faudrait que l'on fasse quelque chose de particulier, augmenter la section de câble ou bien faire une galerie ventilée comme ce qui a été fait à Madrid, faire un tunnel dans lequel on fait circuler l'air pour refroidir le câble. Donc il y a une façon d'augmenter la puissance de l'ampérage que l'on peut envoyer dans le câble. En tout cas, de notre point de vue, le prix C3 c'est la valeur minimale du coût de la réalisation de l'ouvrage.

Il y a deux autres points que je voudrais mentionner en termes purement économiques que, je pense, vous n'avez pas pris en compte, mais vous avez expliqué au début de votre discours que vous avez eu peu de temps, c'est que ces multiples franchissements vont utiliser une technique un peu coûteuse de forage dirigé. On estime de l'ordre de 30 millions d'euros au total le coût de tous les ouvrages particuliers nécessaires pour franchir les voies ferrées, les autoroutes, les deux fois deux voies et les rivières.

Il y a un autre point que je voulais signaler, j'ai eu plus d'informations que le public en ayant l'occasion de lire le dossier pendant le week-end, c'est qu'il y a dans votre conception des stations de compensation, je pense, des coûts dans lesquels je ne me retrouve pas : le coût de 6 kilos euros par mégavar. Nous on vient d'acheter une inductance que l'on a installée à Menuel dans le nord du Cotentin, elle nous a coûté 9 kilos euros du mégavar. Donc peut-être que l'on s'est fait avoir ou que vous avez des prix meilleurs en Italie. Je pense que pour une selve de 250 mégavars que vous préconisez et qui serait effectivement la solution, on serait un peu en dessous de 9, mais je ne crois pas que l'on atteigne 6. Donc, de mon point de vue, on serait plutôt aux alentours de 8.

D'autre part, il me semble que la structure même du poste de compensation que vous nous avez montrée ne paraît pas susceptible de permettre la mise sous tension du câble. Je crois qu'il faudrait rajouter des disjoncteurs pour mettre sous tension par portion le câble, éviter d'enclencher 3 600 mégavars d'un coup, ce qui représenterait un à-coup de tension colossal sur le réseau et un transitoire qui pourrait endommager le matériel. Donc il faudrait réenclencher par tronçon de 40 kilomètres, enclencher d'abord le câble, puis l'inductance. Donc on serait obligés de mettre trois disjoncteurs, ce qui nous amène à des coûts – je vous fais tous les calculs –, pour nous c'est 50 millions d'euros supplémentaires.

Donc je me retrouve sur un ouvrage d'ingénierie un peu normalisé où l'on serait à 1,70 mètre dans un terrain tout plat où il n'y aurait pas d'obstacles. Dans le terrain dans lequel on est, on se retrouverait avec beaucoup d'obstacles qui amènent des surcoûts, plus ces stations de compensation qui, de mon point de vue, doivent être plus étoffées en matière d'électronique et d'électrotechnique.

Monsieur GIBLIN

Monsieur Desquilbet, est-ce que vous pourriez un peu...

Monsieur DESQUILBET

J'en viens à ma conclusion.

Monsieur GIBLIN

Il y a sûrement des tas de questions.

Monsieur DESQUILBET

Sur les coûts, je retiens qu'il faut que l'on arrive un peu à la même conclusion. Si l'on tombe d'accord que la solution à deux tricâbles ne convient pas par rapport au service que nous, gestionnaire de réseau, on attend de l'ouvrage, c'est un peu marginal quand on atteint ces sommes de l'ordre de 500 millions d'euros, mais il me semble qu'il y a 80 millions d'euros qui manquent dans votre estimation sur l'aspect franchissement particulier et sur l'aspect compensation.

Monsieur GIBLIN

Vous pouvez très bien, d'ici à la fin du débat, faire une note de réaction sur ces questions techniques très particulières. La parole est à la salle. On commence par Monsieur Lamy, puis Monsieur, derrière, qui veut intervenir.

Monsieur LAMY

On a beaucoup parlé de technique et de coût, mais absolument pas de coût humain. Cela est inadmissible. Le coût humain a une importance. Le prix d'élevage, c'est ce qui a été le plus souvent évoqué. Ici, pas un mot. Pourquoi ?

Monsieur GIBLIN

Monsieur De Nigris, vous voulez répondre ?

Monsieur De NIGRIS

En ce qui concerne les coûts humains, à nouveau, notre rôle n'est pas là. En ce qui concerne le niveau de champ magnétique, nous avons apporté les profils, et notre rôle, à nouveau, est celui d'informer. En ce qui concerne les courants erratiques, je crois que le problème pourrait se poser dans le cas de la liaison en tension continue. C'est, je crois, le seul cas sur lequel des protections, en ce qui concerne les courants erratiques, devraient être prises. Les techniques existent pour protéger correctement. En plus, en ce qui concerne les solutions en tension continue aérienne, le problème ne se pose pas, de la même façon qu'il ne se pose pas sur la ligne aérienne en tension alternative.

Donc si l'on avait considéré une solution en câble enterré en tension continue, c'est un problème effectif pour lequel des solutions technologiques existent. On peut le considérer pour le câble sous-marin mais naturellement le problème se pose de façon tout à fait différente.

Sur les solutions en tension alternative, le problème des courants erratiques n'est pas un problème très important.

Monsieur LAMY

Trente secondes. Ce n'est pas ce qui a été dit en alternatif aérien dans les différentes réunions au sujet de la santé animale et de la santé humaine. Cela se contredit.

Monsieur GIBLIN

Le courant erratique concerne la santé animale, d'après ce que la Commission a compris.

Monsieur LAMY

La santé animale mais la santé humaine également parce que cela n'a pas été prouvé, cela n'a pas été recherché.

Monsieur GIBLIN

Je crois qu'on l'a bien noté dans les réunions.

Monsieur LAMY

Cela a très bien été noté, mais ici je relève que l'on n'en a absolument pas parlé et que c'est en contradiction avec l'attente du public des différentes réunions. Merci.

Monsieur GIBLIN

Vous avez une réponse partielle à la question que vous aviez posée par Monsieur De Nigris.

Monsieur DESQUILBET

Si je peux préciser un petit peu, parce que je crois qu'il y a confusion sur la terminologie du courant erratique. Il y a deux phénomènes qui sont très différents. Il y a un premier phénomène, ce sont les courants que l'on appelle dans le jargon électrotechnique les courants vagabonds qui sont liés aux courants continus. Et ce ne sont pas des courants vagabonds dont il était question durant ce débat public. Donc je vais essayer, si j'ai deux minutes, parce que c'est un peu pointu.

Quand on a des liaisons à courant continu, on en a dans nos villes notamment, ce sont les tramways ou les métros qui, en général, sont alimentés en tension continue. Ils provoquent des circulations de courant continu dans le sol qui sont des courants de retour qui normalement reviennent par le rail, mais peuvent emprunter un peu le sol. Ces courants posent des problèmes parce qu'ils vont corroder des tuyaux métalliques qui sont sous terre, des tuyaux d'eau par exemple. Donc c'est un phénomène bien connu, on fait ce que l'on appelle des protections cathodiques pour protéger ces tuyaux, quelque chose que les marins connaissent bien pour éviter que les coques des navires soient corrodées dans la mer. Donc ceci est un problème qui se produit pour le courant continu uniquement. Et les expériences quand on a des liaisons à courant continu dans le réseau de transport, mais c'est rarissime, cela se produit en général quand on a des trains, des tramways ou des RER pas loin.

Il y a un autre phénomène qui sont les courants que l'on appelle plutôt courants parasites qui sont parfois appelés courants vagabonds, mais cela met de la confusion, qui sont des courants alternatifs que l'on peut mesurer dans les exploitations agricoles sur les objets métalliques quand il y a une mauvaise mise à la terre et qui peuvent provoquer un stress des animaux, donc ce dont on a discuté à la réunion de Saint-Lô. Ces courants, j'ai eu l'occasion de dire que ce sont des phénomènes de perturbation d'exploitation qui se produisent très rarement, on en a quelques cas en France. Et j'ai eu l'occasion de dire à la réunion précédente à Périers que quand on interroge nos collègues à l'étranger, ils ne connaissent pas ces problèmes-là. J'en ai discuté avec des Allemands, des Italiens, des Espagnols.

Je ne sais pas si Monsieur De Nigris peut nous dire s'il connaît des exploitations d'élevage sous des lignes en Italie qui présentent des soucis liés à des courants parasites alternatifs dans l'exploitation. En tout cas, c'est un phénomène qui est un autre monde que les courants erratiques vagabonds dont Monsieur De Nigris parlait. Excusez-moi d'avoir été un peu loin dans la discussion.

Monsieur GIBLIN

Est-ce que sur la question que Monsieur Desquilbet vient de vous poser, Monsieur De Nigris, vous avez une réponse sur le cas de l'Italie ou d'autres pays ?

Monsieur De NIGRIS

Non, pas à ma connaissance. Mais je crois qu'en tout cas c'est un problème de protection passive qui doit être mis sur pied et donc d'efficacité de mise à la terre. Donc si ce problème de coût de tension et donc de courant induit existe, il faut le voir sur l'installation même et prendre les mesures nécessaires pour empêcher qu'il y ait des tensions induites. Donc c'est une question de mise à la terre. Donc du point de vue technique, cela peut être résolu au cas par cas.

Monsieur GIBLIN

Monsieur Lamy, je ne vous redonne pas la parole tout de suite parce qu'il y a déjà eu un échange assez long et j'ai une question au fond, là-bas. Monsieur à droite. Re-présentez-vous pour le compte-rendu, s'il vous plaît.

Monsieur FROTET

Bonjour. Alain Frotet du collectif « Ille-et-Vilaine sous tension ». Vous n'avez pas parlé du coût de la tempête de 1999 pour les lignes aériennes, les pertes de production, les coûts de reconstruction. Ensuite, je m'adresse plus particulièrement à la Commission, pourquoi n'avez-vous pas fait appel à un bureau indépendant pour comparer l'EPR à des énergies renouvelables type éolien ?

Monsieur GIBLIN

Je réponds tout de suite à cette deuxième question. Ce n'est vraiment pas de ma compétence, il faudrait que vous interrogiez le Président de la Commission EPR. Honnêtement, je ne peux pas vous répondre.

Monsieur FROTET

Vous avez bien fait venir un bureau indépendant pour comparer le souterrain et l'aérien. Je pense que vous pourriez insister pour faire un groupe comparatif de l'éolien et de l'EPR.

Monsieur GIBLIN

Il y a eu un groupe de travail, dont j'ai parlé tout à l'heure, qui a rendu ses premières conclusions à Rennes la semaine dernière, qui a un peu traité de ce sujet-là. C'est-à-dire, au fond, les prévisions en termes de demande selon un certain nombre d'hypothèses faites par les uns et par les autres puisque c'était un groupe très pluraliste. Et on a évidemment évoqué des solutions d'énergies alternatives, on a beaucoup parlé de l'éolien. Donc je vous renvoie au rapport qui sera produit là-dessus. Ce n'est pas tout à fait ce que vous demandez, ce n'est pas une expertise indépendante.

C'est un travail collectif avec des gens qui avaient des points de vue extrêmement différents. Voilà ce que je peux vous répondre sur cette question-là. Nous l'avons fait avec la Commission de l'EPR.

Ma réponse, tout à l'heure, était de vous dire que notre Commission est chargée de traiter de la ligne à très haute tension. Je n'avais pas, dans cette mission que j'avais, la possibilité de lancer une expertise du type de celle que vous souhaitez. Voilà ce que je peux vous répondre.

Monsieur FROTET

Je trouve dommage que vous me répondiez en disant « un peu traité » pour des sujets aussi graves.

Monsieur GIBLIN

Parce que l'objet de ce groupe de travail n'était pas exactement celui que vous avez dit. C'était d'essayer d'éclairer les prévisions de demande d'électricité. C'était quand même un autre sujet. On était plus sur le côté demande que sur le côté offre. Voilà ce que je peux vous répondre.

D'autres questions ? Monsieur ?

Monsieur FROTET

Sur la tempête.

Monsieur GIBLIN

Excusez-moi. C'est CESI peut-être d'abord, avant RTE éventuellement.

Monsieur De NIGRIS

En ce qui concerne la tempête de 1999, nous avons tenu compte des cartes de vent qui ont été modifiées après la tempête de 1999 pour le dimensionnement qui a été pris en hypothèse pour les lignes et pour les différentes solutions que nous avons prises en compte. Donc le dimensionnement mécanique qui, après, porte naturellement à une évaluation de coût tient compte des cartes de vent, des cartes de givre, des cartes de pollution, etc., qui sont les cartes en vigueur actuellement dans la zone, en tenant compte, puisque les cartes ont été révisées après le tempête de 1999, aussi de ces aspects.

Monsieur GIBLIN

Monsieur, vous aviez demandé la parole ?

Monsieur SAINGIER

Oui. Jean-Pierre Saingier, de Mayenne Nature Environnement. Tout d'abord, je voudrais apporter un plus à la question. Il y a, sur le site Internet de Greenpeace, un rapport *Eole contre Pluton* qui permet de vous donner toutes les informations sur la production éolienne comparée à la production nucléaire. Donc il suffit d'aller sur le site et toutes les informations sont là.

Ensuite, ce que je voudrais, ici, dire c'est qu'effectivement j'ai participé à tous les débats de la ligne THT et que cela conforte en fait mon opinion que c'est une ineptie de faire de la production hyper centralisée qui nécessite des lignes à très haute tension qui coûtent très cher. Alors qu'une production locale pourrait permettre un réseau basse tension et pourrait également utiliser les

investissements pour les lignes à haute tension pour produire plus de systèmes de production. Donc aujourd'hui, le débat est axé sur le fait que l'on fait une production hyper centralisée, donc on a besoin d'écouler cette production. Et cette production est beaucoup trop importante, donc autant le faire en local, on n'aura plus ces lignes à haute tension.

Monsieur GIBLIN

Merci de cette réflexion. Je ne suis pas sûr qu'elle appelle une réponse. C'est plutôt une prise de position que vous avez énoncée de manière très claire.

Monsieur DESQUILBET

On a abordé le sujet déjà à plusieurs reprises. Je pense qu'il faut regarder l'ensemble des paramètres, notamment quelle puissance il faut installer. Ce que l'on sait c'est que, il y a cent ans, les personnes qui avaient l'électricité avaient chacune une centrale chez elles et elles n'étaient pas connectées entre elles.

Monsieur GIBLIN

Monsieur Desquilbet, vous pensez à la commune, je suppose.

Monsieur DESQUILBET

Non. C'était souvent des petits industriels qui avaient remplacé la vapeur par de l'électricité ou des particuliers qui étaient un peu riches et qui avaient un cours d'eau au fond de leur jardin et autre. Et quand ils ont commencé à s'interconnecter, comme chacun ne consomme pas au même moment, ce que l'on appelle le foisonnement, on a aujourd'hui, on estime, cinq fois moins de moyens de productions installées que la puissance maximale que l'on appelle. Parce que l'on n'est pas tous exactement fabriqués pareil, on n'est pas synchronisés, on ne va pas brancher nos appareils électriques au même moment. Donc il y a ce phénomène-là déjà qui est le bénéfice du réseau de permettre d'avoir des moyens qui sont un peu distants de temps en temps à certaines heures. Sachant qu'il faut gérer cet équilibre à chaque minute de l'année qui permet de faire d'énormes économies d'investissement. Et on voit bien que quand on commence à contraindre le réseau on est obligés de multiplier la production. Et ceci est un coût très important. Donc il y a un paramètre économique là-dessus qu'il faut prendre en compte sur le volume de production à construire.

Et après, il y a un autre paramètre qui est notre métier d'assurer en permanence l'équilibre production/consommation. C'est que le réseau permet de sélectionner judicieusement, en fonction de l'heure, les moyens de production qui vont être mis en route.

Monsieur GIBLIN

Monsieur, vous vouliez reprendre la parole.

De la salle

Il y a une expérience aujourd'hui en région parisienne, à Chelles, qui est une expérience EDF, d'une centrale locale pour alimenter un immeuble et qui fait de la cogénération. Et on peut très bien augmenter le nombre de petites centrales dans ce sens. La centrale de Chelles fait 200 kilowatts et elle permet d'alimenter un immeuble complètement. Et donc ceci permet une meilleure sécurité d'approvisionnement parce que le jour où vous avez vos lignes à haute tension qui s'écroulent parce

que vous avez soit une tempête, soit, par exemple au Canada où vous avez le givre qui vient vous faire tomber tous les poteaux, cela fait des clients qui sont sur le carreau pendant plusieurs mois.

Monsieur DESQUILBET

Vous pouvez comparer tous les pays du monde dans l'histoire, plus le niveau de tension utilisée est maillé et élevé, moins il y a d'avaries. Donc je pense que c'est l'inverse qui se produit de fait. Quand vous avez des productions locales, vous avez des centrales qui sont arrêtées régulièrement parce qu'il faut faire de la maintenance, il faut les réparer, il faut les entretenir, donc elles ne fonctionnent jamais 24 heures sur 24. Si vous n'avez pas un réseau qui permet que, quand une centrale est en avarie et qu'il y a des centrales en maintenance, tout le monde continue à être alimenté, vous avez plus de coupures.

Donc je pense que ce que vous dites n'est pas réel, ce n'est pas ce que l'on constate. Je sens bien votre idée, c'est vrai que c'est astucieux de se dire que l'on a chacun sa petite centrale, on se fait une petite ligne avec son voisin. Quand on a notre centrale en panne, on lui demande de donner un coup de main et puis réciproquement. Cela ne fonctionne pas comme ça. L'expérience des gestionnaires de réseau, dans l'histoire de ces cent années où l'on a étudié pas mal de solutions, ce que vous décrivez c'est ce que l'on peut trouver dans des pays du tiers-monde en termes de développement. Ce ne sont pas des qualités d'alimentation électrique que l'on constate dans les pays plus développés où il y a des réseaux de très haute tension.

Après, je pense qu'il y a du vrai dans ce que vous dites quand on a une zone particulière où l'on a beaucoup, par exemple, de consommations et très peu de réseaux pour y arriver, on aurait à construire un réseau pour aller alimenter cette population particulière. Là, on pourrait se dire qu'en mettant des moyens de production locaux au niveau de cette consommation très ponctuelle, cela éviterait de développer du réseau. Donc ce sont des choses qui peuvent se faire, et on peut utiliser une production décentralisée pour résoudre un problème local en concurrence avec une solution de réseau. D'ailleurs l'administration nous demande de l'étudier systématiquement. Quand on a une ville à aller alimenter qui grossit, par exemple, on regarde si l'on peut alimenter la ville par une centrale supplémentaire locale plutôt que de construire du réseau électrique qui va amener de la consommation centralisée sur cette ville-là.

Notre expérience est qu'économiquement c'est très rare qu'il soit plus performant de rajouter une centrale locale plutôt que d'utiliser les centrales existantes. Mais ce sont des calculs assez pointus, on peut en discuter.

De la salle

Franchement, je pense que votre idée qui paraît séduisante, ce n'est pas ce que l'on constate dans la réalité des réseaux.

Monsieur GIBLIN

Je vais passer la parole à d'autres. C'est un débat que l'on a largement ouvert dans d'autres réunions, et à Rennes notamment. Le problème est de savoir s'il faut opposer une production centralisée et une production décentralisée, et finalement quel dosage entre les deux. C'est ce que nous avons entendu dans les arguments qui se sont échangés. Donc c'est un débat très important et très difficile.

De la salle

(Intervention inaudible)

Monsieur GIBLIN

Certainement. Je ne suis pas loin de vous croire. Je ne suis pas assez technicien pour vous dire oui. Mais c'est vrai que ce que les gens disent aujourd'hui en Bretagne c'est qu'effectivement il faut développer une forme de production locale en tout cas. Alors est-ce que c'est centralisé ou décentralisé ? Là, il faudrait interpréter le terme qui a une incidence de production en Bretagne. Je crois que ceci est complètement ressorti des réunions que l'on a eues à Rennes. Monsieur ?

De la salle

Bonjour. Je trouve aberrant d'entendre ces messieurs dire n'importe quoi ! Il ne faut pas oublier la sécheresse de 2003 quand même. Si jamais la sécheresse de 2003 revenait, Patrick Bourgin, Ministre des Transports, en 2005, a conclu un accord avec EDF, il n'y aurait que 14 centrales qui tourneraient en bord de mer, toutes les autres seraient à l'arrêt. Donc seulement 14 centrales à tourner sur 58, bonjour le progrès quand même ! Ce n'est pas du tout ce que vous dites.

Monsieur GIBLIN

Vous dites votre nom Monsieur, s'il vous plaît.

De la salle

Jean-Michel, Collectif Mayenne.

Monsieur GIBLIN

De quelle commune êtes-vous ? Mayenne, vous avez dit ?

Monsieur DESQUILBET

Je ne pense pas que l'impact de la sécheresse aurait été différent sur des moyens de production décentralisés ou centralisés. Je sais que pendant la sécheresse on avait statistiquement, en France, à peu près 10 % du parc éolien installé qui pouvait produire parce qu'il n'y avait pas beaucoup de vent pendant la sécheresse typiquement. Donc quand on pense production décentralisée, on pense aux champs d'éoliennes, il y a des moments de l'année où l'on peut tirer peu d'énergie du vent notamment dans les périodes de grosses chaleurs. Il n'y a pas que les éoliennes bien sûr, mais c'est pour dire que je pense que le cas de la sécheresse n'invalide pas le discours que j'ai eu auparavant qui a traversé tous les événements climatiques des Etats-Unis, du Canada, de l'Europe, de beaucoup de pays développés, de l'Australie ou de la Chine, et qui a été validé par tous ces événements.

Monsieur GIBLIN

Ne parlez pas sans micro. Je voudrais qu'éventuellement vous posiez des questions à nos amis qui sont venus de Milan et qui vont être très frustrés s'ils n'ont pas de questions sur leur exposé. Donc si l'on peut recadrer un peu le débat, je crois que l'on a bien entendu ce que vous avez dit les uns et les autres. Donc j'aimerais que l'on puisse épuiser vraiment le sujet, si je puis dire. Monsieur, allez-y.

De la salle

Bonjour. Est-ce qu'en Italie vous avez des personnes qui, comme nous, sont inquiètes des lignes aériennes et vous demandent des solutions alternatives ? Et leur donnez-vous des solutions qui sont peut-être meilleures que chez nous ? Et je demanderai aussi s'il existe des courants de décharge dans l'exploitation des lignes aériennes.

Monsieur GIBLIN

Monsieur De Nigris ?

Monsieur De NIGRIS

La situation en Italie est moins organisée de ce point de vue que la situation française. C'est-à-dire que nous n'avons pas d'institution comme le débat public en France, et la réalisation d'une nouvelle ligne se fait, oserai-je dire, d'une façon très locale. C'est-à-dire que le gestionnaire ou une entreprise qui voudrait construire un nouveau site de production et donc le relier au réseau doit faire non seulement une démarche vers le gestionnaire du réseau d'électricité mais beaucoup de démarches locales. On a eu et on a énormément de problèmes pour construire de nouveaux ouvrages, la préoccupation est la même dans le monde entier, mais je crois que le débat public en France permet au moins d'avoir une information de la population et une prise de conscience beaucoup plus efficace, c'est mon expérience du moins. Je voudrais exporter de l'autre côté des Alpes cette expérience qui, je trouve, est extrêmement importante. Donc la réalisation d'une ligne à haute tension en Italie se fait avec beaucoup plus de discussions locales que de discussions très institutionnalisées centrales avec des règles bien fixées.

Monsieur GIBLIN

Merci. Monsieur, là, vous n'avez pas encore pris la parole je crois. Monsieur, je ne vous oublie pas, je vous ai vu.

Gilbert ALLO

Gilbert Allo, adjoint au maire de Domloup. Je voudrais poser une question aux Italiens. J'ai noté au début de l'exposé de Monsieur De Nigris qu'il y avait eu un référendum qui avait imposé la sortie du nucléaire en Italie. Alors quelles sont les sources de production électrique dans votre pays ? Merci.

Monsieur De NIGRIS

Les sources de production sont les sources conventionnelles.

Gilbert ALLO

En achetez-vous en France ? Je ne sais pas comment cela marche.

Monsieur De NIGRIS

Nous importons 16 % de l'énergie électrique qui est nécessaire en Italie. Les sources sont des sources conventionnelles, c'est-à-dire pétrole, gaz, charbon, de plus en plus de gaz maintenant, avec des cycles qui, de plus en plus, deviennent des cycles combinés. On a un peu d'éolien, je crois que

l'on arrive à 1 200 mégawatts d'éolien environ. C'est assez dispersé. Et on a de l'énergie hydraulique, 16 % me dit l'expert à ma gauche.

Monsieur GIBLIN

Monsieur, au fond, et puis j'ai une autre demande de parole, me semble-il.

De la salle

Je voudrais demander à nos amis italiens s'ils trouvent rationnel de fabriquer du courant à 150 kilomètres du lieu d'utilisation. Et d'autre part, quand Monsieur parle de maillage, ce n'est pas du maillage, c'est une ligne supplémentaire. C'est vraiment être à côté du sujet, c'est une ineptie de parler de maillage. Ce n'est pas du maillage ça. C'est construire une ligne et rien d'autre !

Monsieur COVA

De façon générale, il y a des expériences, dans le monde et en Europe aussi, de couloirs de transport d'électricité bien plus éloignés que dans ce cas spécifique dont nous discutons aujourd'hui. Il y a des exemples en Amérique du Sud et même plus proches de nous en Turquie où la production est très éloignée des centres de charge. C'est une tendance un peu généralisée de connecter sur de grandes distances les centres de production aux centres de charge. C'est un commentaire général. Les 160 kilomètres ou 180 kilomètres de longueur d'une liaison câble aérien ne sont pas une distance exceptionnelle.

Par exemple, en Italie du Sud il y a une concentration énorme de production dans le sud-est, dans la région face à l'Albanie, et la puissance est transférée à Naples. Donc les longueurs sont de 250 à 300 kilomètres. Il y a des raisons pour concentrer les centrales où se trouve l'eau pour le rafraîchissement de la centrale, parfois où il y a les ressources à l'étranger, où il y a le charbon. Par exemple, il vaut mieux produire l'électricité près de la mine de charbon, près de Belgrade au Kosovo, et transférer l'énergie avec des lignes électriques au lieu de transférer le charbon. Où se trouve l'hydraulique naturellement, on construit les centrales parfois comme cela se passe en Argentine à 1 200 kilomètres de Buenos Aires, et il y a quatre couloirs dans les Andes, à Buenos Aires, pour transférer quelque 4 000 mégawatts à Buenos Aires parce que l'énergie hydraulique est dans les montagnes. Ce n'est pas une distance exceptionnelle en général.

Monsieur GIBLIN

Y a-t-il d'autres questions ? Monsieur, vous vous présentez.

Monsieur ROBINARD

Bonsoir. André Robinard, pays de Fougères, « Ille-et-Vilaine sous tension » pour utiliser l'appellation en général des associations qui s'opposent au projet de ligne à très haute tension et à l'EPR. J'ai une réflexion et une question pour nos amis italiens.

La première question porte sur l'étude sur les alternatives. Là, on a une restitution d'une étude sur les alternatives techniques à la ligne THT et à la ligne aérienne avec l'hypothèse de la localisation à Flamanville et avec la conséquence qui est une ligne à très haute tension souterraine ou aérienne. Moi je déplore une nouvelle fois qu'il n'y ait pas d'études avec l'équivalent d'un outil de production de même puissance mais avec l'hypothèse sans ligne très haute tension supplémentaire.

Je déplore fondamentalement cette absence d'approche du dossier. Premier point. J'aurai peut-être une réflexion par rapport à cette observation. Moi je veux bien attendre la réponse immédiatement.

Monsieur GIBLIN

Monsieur De Nigris en a parlé au début de son exposé, ou Monsieur Cova.

Monsieur ROBINARD

Excusez-moi. Je suis arrivé cinq minutes en retard.

Monsieur GIBLIN

Si j'ai bien compris votre question.

Monsieur De NIGRIS

J'espère avoir bien compris votre question. Est-ce que votre question traite de l'hypothèse dans laquelle on a une génération de 1 600 mégawatts sans réalisation d'un nouvel ouvrage ?

Monsieur ROBINARD

Oui, c'est ça. C'est-à-dire que j'ai mon opinion sur le projet mais je déplore qu'il n'y ait pas d'hypothèses alternatives avec l'équivalent de même puissance installé à x endroit, on est en Bretagne, on a besoin d'outils de production, mais avec l'hypothèse sans ligne très haute tension supplémentaire. Ce qui est le cas dans l'hypothèse de Flamanville 3.

Monsieur De NIGRIS

En ce qui concerne l'analyse de la configuration avec Flamanville 3 et sans nouvel ouvrage, ceci a été pris en compte et c'est contenu dans le rapport. C'était hors de notre mission de prendre en compte d'autres hypothèses de production. C'était une entrée pour notre étude le fait d'avoir 1 600 mégawatts supplémentaires installés à Flamanville.

Monsieur ROBINARD

Ce n'est pas un grief que je vous fais à vous-même, mais c'est plutôt vers RTE que je me retourne en fait. Le deuxième point que je souhaite aborder concerne la protection sanitaire et notamment ce que l'on peut appeler la réglementation sanitaire sur les champs électromagnétiques en Italie et la comparaison avec la France. Je note, à moins que vous nous annonciez autre chose, que l'on bute une nouvelle fois ce soir sur l'absence de définition juridique de ce qu'est un couloir de ligne très haute tension, qu'il soit aérien ou souterrain. En Italie, je ne sais pas quel est l'état de la réflexion et de la réglementation à ce sujet.

Alors je suis un petit peu surpris par les mesures de champs électromagnétiques que vous avez annoncées concernant les différentes hypothèses de ligne. Selon mes sources, les champs électromagnétiques sont assez forts. Et notamment compte tenu de certaines études récentes, je m'aperçois que les champs électromagnétiques sont importants dans les présentations que vous avez faites.

Je voudrais savoir quelles sont les normes de protection sanitaire concernant les champs électromagnétiques en Italie ? Quelles sont les autorités sanitaires qui sont en charge de ces mesures

et de ces protections ? Est-ce que les autorités sanitaires s'impliquent dans la construction des couloirs de ligne ? Voilà mes questions.

Monsieur GIBLIN

Merci Monsieur Robinard. Monsieur De Nigris, Monsieur Cova, qui veut répondre ? Je ne sais pas si vous avez toute la compétence mais essayez quand même parce que c'est important d'avoir cette information de ce qui se passe dans votre pays.

Monsieur De NIGRIS

En ce qui concerne les limites de champs électromagnétiques, la Directive européenne donne des limites à 100 microteslas. Du point de vue national, ou encore mieux du point de vue local, Il y a eu des initiatives et il y a des initiatives dans certaines régions pour utiliser un critère de réduction même très significative des niveaux acceptables. Pour la construction d'un nouvel ouvrage, maintenant, la politique qui est normalement utilisée est celle de dire qu'aucun nouvel ouvrage et qu'aucune construction ne peut être réalisé à une distance de l'ouvrage telle que l'on dépasse les 3 microteslas. Il y a des régions particulières dont la Toscane, si je ne me trompe, qui baissent ce niveau à 0,2 microtesla. Alors ceci est sur les nouveaux ouvrages mais ç'a un impact sur la possibilité de construire aux environs d'un nouvel ouvrage.

Monsieur GIBLIN

Il y avait une question sur laquelle vous vouliez intervenir.

Monsieur HERZ

Monsieur Robinard voulait que l'on réponde sur la question de l'implantation de production. Ce que je voudrais préciser c'est un peu quelle est l'étendue du projet Cotentin-Maine et du débat qui y est associé. C'est : faisons l'hypothèse, pour certains c'est peut-être une hypothèse d'école, qu'il y a un EPR à Flamanville, c'est ce dont nous, RTE, avons été saisis en tant que transporteur et c'est ce à quoi nous devons répondre. Donc dans l'hypothèse où il y a un EPR à Flamanville, c'est ce qu'a montré CESI, il faut développer le réseau et il faut une ligne électrique. C'est l'objet du projet Cotentin-Maine, c'est l'objet du débat. Il y a un autre débat sur le projet EPR, la Commission Nationale du Débat Public a souhaité que ces débats soient simultanés, distincts et cordonnés. Je ne reviens pas là-dessus, Monsieur Giblin pourra être plus précis.

Alors RTE a également une mission qui est celle d'équilibrer l'offre et la demande en permanence. Et quand on dit en permanence, c'est avec une vision de long terme. Et c'est à ce titre-là que l'on réalise le bilan prévisionnel offre/demande, et c'est dans le cadre du débat EPR que ce bilan prévisionnel a été examiné dans un groupe de travail qui a été monté par les deux CPDP et dont il y a eu une restitution des travaux du groupe de travail la semaine dernière à Rennes.

Monsieur GIBLIN

Peut-être une dernière question parce qu'il est 18 heures, il va falloir que l'on s'arrête puisque l'on reprend à 19 heures la séance de synthèse. Monsieur, et on s'arrêtera là si vous le voulez bien.

Monsieur FROTET

Alain Frotet. Je m'adresse toujours à RTE. J'ai deux questions. La première c'est : Vous avez entendu nos amis italiens, avez-vous évalué combien d'habitations seraient appelées à disparaître sur la ligne existante si la norme était appliquée ? Et allez-vous prendre en compte une telle norme pour la future ligne ?

Monsieur GIBLIN

Monsieur De Nigris, sur les règles en Italie ? C'est ça ?

Monsieur De NIGRIS

Oui. Les règles s'appliquent sur la construction de nouveaux ouvrages et la construction de nouvelles habitations. C'est-à-dire que l'on ne conçoit pas, au moment de la construction d'un nouvel ouvrage, de détruire les habitations qui ne répondent pas aux critères de qualité.

Monsieur FROTET

Ma maison existait avant la ligne. Donc s'ils font une nouvelle ligne et s'ils appliquent la distance que vous appliquez chez vous, combien de maisons seront prises en compte ?

Monsieur De NIGRIS

C'est exactement ce que je voulais dire. On ne conçoit pas de détruire des habitations pour respecter le critère de 3 microteslas. On empêchera la création de nouvelles habitations sous une nouvelle ligne.

Monsieur HERZ

C'est ce qu'en urbanisme on appelle les servitudes, me semble-t-il.

Monsieur DESQUILBET

J'avais une question. Les 3 microteslas, c'est une valeur maximale ou c'est une valeur moyenne ?

Monsieur De NIGRIS

Je suis vraiment désolé de ne pas avoir la documentation avec moi. D'ailleurs on discutait avec Monsieur Cova sur le niveau de qualité, on a des informations un peu divergentes. Il dit 10 microteslas, je dis 3. Donc je suis vraiment désolé de ne pas avoir l'information tout à fait correcte, mais l'ordre de grandeur est celui-là.

Monsieur GIBLIN

Monsieur De Nigris, est-ce que l'on peut vous demander, en complément de ce que l'on sait déjà, quand vous allez retourner à Milan, que vous nous envoyiez l'état des choses aujourd'hui de manière précise ? Parce que c'est important pour le débat.

Monsieur De NIGRIS

Ce sera absolument fait d'ici 48 heures.

Monsieur GIBLIN

Merci. Monsieur Herz ?

Monsieur HERZ

J'ai la réponse en l'occurrence qui est dans la brochure de RTE sur les champs électromagnétiques qui est sur notre site Internet. Les valeurs qui sont indiquées à la page 63 reprennent en fait ce que l'on trouve au niveau international, ce sont les informations de l'OMS sur l'électricité. Donc il y a effectivement la valeur de 100 microteslas qui est appliquée en Italie, c'est d'ailleurs ce que Monsieur Vecchia avait montré lors de la réunion de Châteaugiron, et il y a deux autres valeurs. Une valeur de 10 microteslas en moyenne sur quatre heures qui est une valeur d'attention applicable dans tous les milieux de vie pour les ouvrages existants. Et il y a une valeur de 3 microteslas qui est également une moyenne sur quatre heures, qui est une valeur de qualité, donc une espèce d'objectif de qualité comme en matière de pollution de l'air où il y a des objectifs de qualité sur le long terme applicables également dans les lieux de vie et pour les nouveaux ouvrages.

Monsieur DESQUILBET

En fait ce point est assez important parce qu'il y a souvent confusion entre des valeurs maximales et des valeurs moyennes. Les valeurs qui ont été utilisées et montrées dans l'étude par nos collègues de CESI sont des valeurs qui sont pour le transit maximal dans l'ouvrage, donc pour l'heure de pointe. Ce n'est pas du tout comparable aux valeurs moyennes. Alors quand on discute de valeurs moyennes de 24 heures, on est sur des valeurs beaucoup plus faibles que ça parce que les ouvrages ont peu de jours dans l'année où ils atteignent le transit maximal. Pour atteindre le transit maximal il faut qu'il y ait un autre ouvrage en panne et il faut être en plus à une heure de pointe. Donc ce sont des événements que nous sommes obligés de prendre en compte en planification parce que, comme cela peut se produire, il ne faut pas que cela conduise à des coupures. Mais les transits qui ont été montrés sont très supérieurs à ce qui existe.

Et je me souviens que l'on avait eu des discussions avec certaines personnes dans la salle de l'association « Animaux sous tension » qui font des mesures sur les ouvrages et qui nous accusent régulièrement de mettre les ouvrages hors tension. En fait, ils mesurent des choses qui sont très inférieures, 10, 20 ou 50 fois plus faibles que les valeurs qui ont été indiquées. C'est parce que quand on mesure en moyenne 24 heures d'un jour normal où le réseau n'a pas d'avarie, le courant qui circule dans les ouvrages est beaucoup plus faible que les valeurs qui sont montrées là. Donc il faut faire attention à la différence entre la valeur crête qui est atteinte pendant quelques minutes de l'année dans le pire des cas et qui sont les valeurs qui ont été montrées là, et les valeurs qui sont des valeurs moyennes d'exposition qui, sur 24 heures, ne prennent en compte que la courbe de charge qui a des hauts et des bas.

Monsieur GIBLIN

Monsieur De Nigris ?

Monsieur De NIGRIS

Je voulais compléter avec l'information qui est la suivante : les valeurs du champ électromagnétique ont été calculées avec un transit de courant de 2 000 ampères homogène dans toutes les situations. Et donc, naturellement, on compare l'impact d'une technologie par rapport à l'autre mais à un niveau de courant de 2 000 ampères.

Monsieur GIBLIN

Peut-être une dernière question. Monsieur qui n'a pas encore pris la parole. Et puis après, je vous propose que l'on arrête parce qu'il faut que l'on prenne un petit peu de repos et vous aussi probablement parce que l'on redémarre, comme vous le savez, à 19 heures.

De la salle

Respecter le bocage. Il me semble qu'un réacteur du type Flamanville débite en pleine puissance en permanence.

Monsieur GIBLIN

Réponse ?

Monsieur DESQUILBET

En général, un réacteur nucléaire débite à toute puissance le plus possible pendant la durée. Après, vous avez un réseau, l'ouvrage Cotentin-Maine est à l'intérieur d'un réseau maillé, j'insiste. Donc on a un réseau qui vient de Rouen et qui va vers la Bretagne, et dans ce réseau se superposent plusieurs flux : des flux qui viennent de l'EPR, qui viennent de Flamanville 1 et 2, des flux qui viennent d'autres centrales qui vont vers les différents centres de consommation de la zone, à Laval, à Rennes, à Saint-Lô, à Avranches et autre. Donc on n'a pas que l'énergie de l'EPR dans le Cotentin même. L'énergie de l'EPR va arriver au poste de Menuel à L'Etang-Bertrand, là, elle va se mélanger avec l'énergie des autres tranches de Flamanville et les énergies qui viennent de l'est et du sud, il peut y en avoir certaines heures, et se répartir dans l'ensemble des lignes. Donc ce n'est pas si simple et il n'y a pas l'image exacte de la production de l'EPR dans le Cotentin même.

De la salle

Personnellement, je travaille auprès d'un réacteur nucléaire, et les variations de puissance du réacteur sont tout à fait négligeables. C'était à longueur de semaines et même de mois que la puissance ne bougeait pas.

Monsieur GIBLIN

Merci de votre témoignage Monsieur. Je vous propose que l'on arrête là notre réunion. Je voudrais remercier Monsieur De Nigris et Monsieur Cova à la fois du travail qu'ils ont fait, de la qualité de leur présentation et des réponses qu'ils ont pu apporter à vos questions. Et je vous remercie aussi tous de votre attention et de la tenue de cette réunion qui a été tout à fait remarquable. Merci beaucoup.