



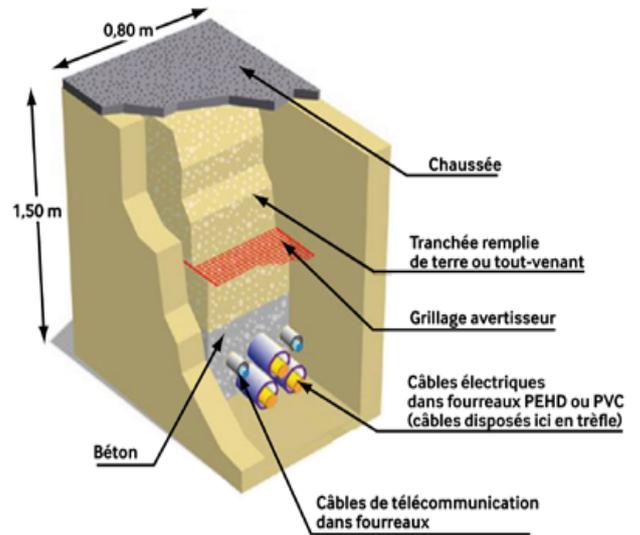
L'Enfouissement des Réseaux THT

1-Techniques

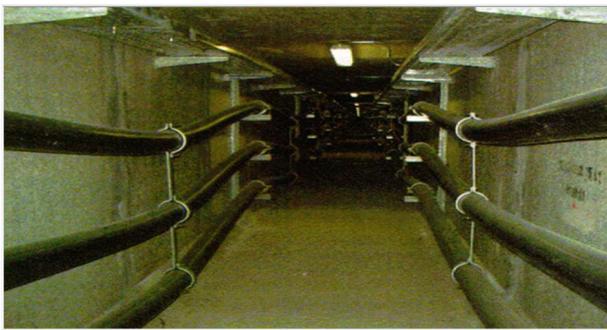
Comment les lignes THT sont elles enfouies ?

On recense principalement quatre types de pose :

- **Câbles directement enterrés** : pose des câbles en tranchée ouverte sans fourreaux de protection (solution économique, mais nécessitant un temps plus long d'ouverture de tranchée).
- **Câbles enterrés sous fourreaux** : pose de fourreaux dans une tranchée qui peut être remblayée avant la mise en place des câbles.



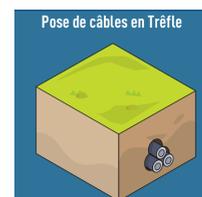
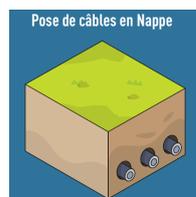
Coupe type d'une ligne souterraine sous chaussée, 225 000 V, pose en trèfle



Ligne 400 000 V en tunnel

- **La pose en galerie** : permet un accès permanent aux câbles pour des réparations ou des remplacement rapides. Il s'agit de galeries en béton de 2,5x2m.
- **La pose en tunnel** : utilisée lorsqu'il n'est pas possible de creuser de tranchée (par exemple, fort dénivelé).

Dans ces différentes configurations, les câbles peuvent être posés en **nappe** ou en **trèfle**.



La largeur de tranchée varie de 80cm pour un simple tri câble en trèfle à 3m pour un double tri câble en nappe (réseau triphasé).

En courant continu, les tranchées sont plus étroites, à capacité égale, car il y a moins de câbles.

Quelles sont les contraintes de longueur en réseau enterré ?

- Lignes de longueur supérieure à 30/35km en courant alternatif : il est nécessaire de prévoir des « stations de compensation » du courant « réactif ». La compensation se fait habituellement aux raccordements d'extrémités. La liaison Boute/Trans du filet de sécurité PACA (225 kV - 65km) sera un record mondial de longueur pour cette technique (extrait du dossier de presse RTE).
- Lignes de longueur supérieure à 50 km : la technique la mieux maîtrisée et la moins coûteuse est celle du courant continu. Cette technique est utilisée sur la liaison Savoie Piémont (320 kV - 95 km) en raison de la « maturité technologique du courant continu en souterrain pour les lignes de forte puissance et forte longueur » et pour la liaison France Espagne (400 kV - 65 km) en raison de la « faisabilité technique avérée » et « pour réduire les pertes d'électricité en ligne » (extrait du dossier de presse RTE).



- Pose en tranchée : les câbles sont déroulés par tronçons pouvant aller jusqu'à 2 km et reliés dans des chambres de jonction.



2-Performances

Comment augmenter la capacité de transport d'une ligne ?

La capacité nominale de transport d'une ligne est définie par :

- la tension
- la section des câbles

Avec des câbles de section plus importante, on peut répondre à un plus grand besoin de puissance sans augmenter la tension : il s'agit du renforcement de la ligne.

Une ligne enterrée peut-elle absorber une surcapacité de transport ?

Il est possible d'augmenter de 200% la capacité nominale d'une liaison enterrée pendant une dizaine d'heures sans dommages : cette capacité de surcharge ponctuelle est un atout primordial par rapport aux lignes aériennes qui ne peuvent supporter que des surcharges très limitées et très courtes (allongement des câbles avec la température induite par les surcharges, donc risque de collision avec l'environnement).

Enterré ou aérien : quelle différence de perte d'énergie en ligne ?



Du fait de sa section de conducteur plus importante, la liaison souterraine permet une diminution des pertes électriques d'environ $\frac{1}{4}$ par rapport à l'aérien.

Si les lignes sont enterrées, peut-on amener le très haut débit par fibre optique ?

Oui, la fibre optique peut être installée avec le réseau électrique, que ce soit en aérien ou en souterrain.



Y a-t-il des pannes sur une ligne enterrée THT ?



Les pannes dans le câble sont rares : les câbles ne sont pas soumis aux phénomènes météorologiques contrairement aux lignes aériennes et ils sont enfouis en profondeur (protégé des travaux de terrassement).

Les remises en service de liaisons souterraines ne peuvent se faire de manière automatisée comme c'est le cas pour les lignes aériennes, mais compte tenu de la très faible fréquence des incidents, la continuité de service est très bonne.

3-Impacts

Quels sont les impacts sur le milieu ?

Les effets sur le milieu naturel d'une liaison souterraine sont essentiellement liés au **chantier** :

- largeur variable du front de chantier
- passages d'engins de chantier
- diffusion de poussières
- risque d'interférence avec les eaux superficielles



Pose d'un double circuit le long d'une route nationale en Italie: réduction des nuisances et utilisation des synergies entre ouvrages (2007)

L'avancement du chantier dépend des conditions et difficultés de pose : en milieu extra urbain, l'avancement peut être de 50 à 100 m/jour, soit 15 à 45 jours pour 1,5 km (entre deux jonctions). Pour des ouvrages de plus grande longueur, plusieurs chantiers sont ouverts simultanément.

Le mode de pose qui engendre le moindre impact est celui qui utilise le parcours d'autres ouvrages linéaires :



- emprises routières : un décret en conseil d'Etat modifiant l'art R122-5 du code de la voirie routière est prévu pour permettre le passage sous voirie autoroutière
- voies ferrées : les études RTE/SNCF réalisées pour la liaison France Espagne en cours ont montré la faisabilité de la ligne parallèlement aux rails SNCF
- tunnels, ponts

Un arrêté technique du 17 mai 2001 prescrit les mesures destinées à assurer, au voisinage des lignes souterraines, la protection des autres réseaux.

Les **impacts permanents** sont faibles pour une ligne enterrée sous voirie ou autres ouvrages linéaires.

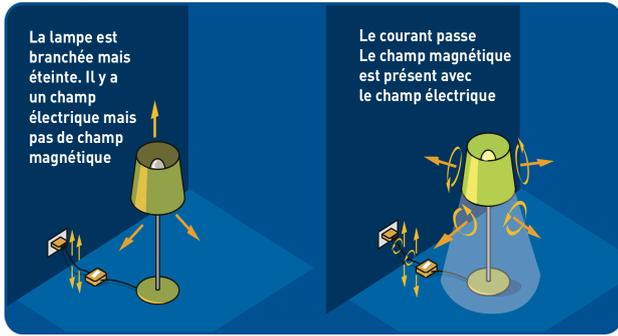
En milieu naturel, ils sont plus nombreux :

- limitation des cultures à des plantes à faible enracinement sur l'emprise de la ligne
- déboisement, qui peut être réduit avec l'implantation sous les chemins forestiers
- nécessité de maintien des accès sur le tracé de la ligne

Ces impacts doivent être relativisés par rapport à ceux générés par une ligne aérienne.

Quelles sont les normes sur les champs électromagnétiques ?

Un champ est un phénomène physique d'échange d'énergie et de forces qui s'exercent à distance provoquant des effets induits sur des objets ou des personnes.



Tout circuit (ou ligne) émet un champ électromagnétique composé

- d'un champ électrique (V/m).
- d'un champ magnétique (μT).

La valeur du champ magnétique augmente avec la consommation d'électricité, alors que la valeur du champ électrique reste constante.

En courant alternatif, les tolérances légales basse fréquence (50 Hz) sont :

Exposition instantanée : les valeurs maximum en France :

- pour le public : 5000 V/m et 100 μT .
- pour les professionnels : 10 000 V/m et 500 μT .

(Directive Européenne 2004/40/CE & arrêté technique du 17 mai 2001)

Exposition permanente : les valeurs maximum retenue en France :

- pour le public et les professionnels : 0,4 μT .

(Centre international de recherches sur le cancer de Lyon en 2001)



Certains pays préconisent un seuil de 0,2 μT et certains organismes de recherche recommandent un seuil de 0,05 μT dans les zones de repos.

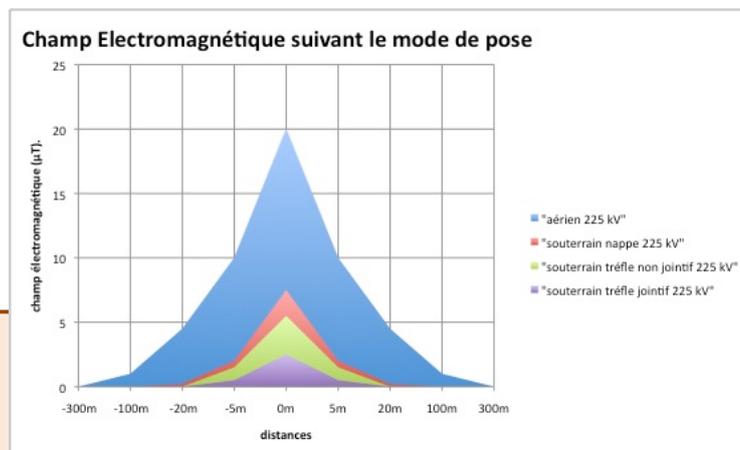
Le rapport ministériel de 2010 sur la maîtrise de l'urbanisme autour des lignes de transport d'électricité préconise l'instauration d'une « zone de prudence » pour les lieux sensibles (hôpitaux, écoles, crèches...) et les habitations à 1 μT .

Le Centre International de Recherche contre le Cancer a classé en 2002 ces champs magnétiques comme potentiellement cancérigènes pour l'homme.

En courant continu, ce champ magnétique basse fréquence n'existe pas.

Quels sont les champs électromagnétiques générés par les lignes électriques?

Le champ électrique généré par une ligne aérienne (400 kV - 2kA) est de 5000 V/m à 1m du sol sous la ligne et de 500 V/m à 50 m de l'axe de la ligne.



Champ magnétique mesuré à 1m du sol. Ordres de grandeur qui varient dans de grandes proportions (jusqu'à quadrupler) avec l'intensité du courant transporté, la nature des pylônes ou la profondeur de pose, les conditions d'humidité, de température...

La mise en souterrain annule le champ électrique.

Le champ magnétique persiste, atténué et concentré dans l'espace.

Il existe des facteurs de diminution du champ magnétique pour les lignes souterraines :

- pose en trèfle jointif
- enfouissement plus profond dans le sol
- gainages complémentaires métalliques des câbles.

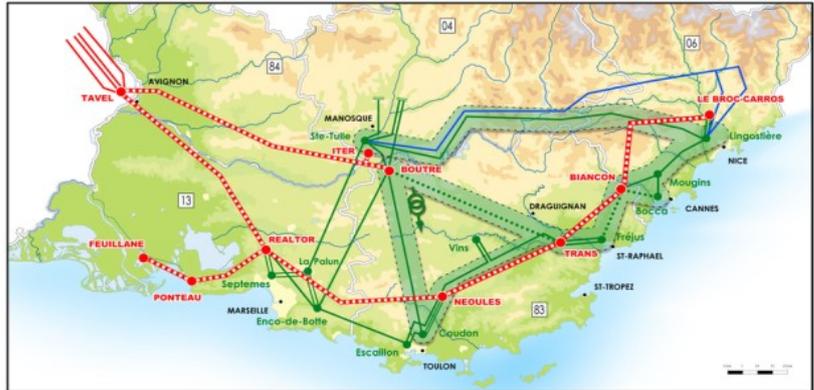


4-Coûts

Combien coûte une ligne enterrée ?

La ligne Savoie Piémont (95 km à 320 kV, souterraine, en courant continu), côté Français, est estimée à 500 M€, répartis en 340 M€ pour les câbles et 160 M€ pour le poste.

La ligne Boutre /Trans (filet de sécurité PACA) a un coût de 144 M€ pour 66 km de ligne 225 kV, souterraine, en courant alternatif.



Comment sont financées les lignes ?

La ligne France Espagne (65 km à 400 kV en courant continu) est estimée à 700 M€, 50% RTE et 50% REE.

Ce projet transfrontalier bénéficie de 32 % de financements européens (soit 225 M€).

Les crédits européens pour les réseaux transfrontaliers sont définis par le règlement CE 2236/95, et la décision 1364/2006/CE.

ENEL (opérateur d'électricité italien) devrait bénéficier d'un financement européen pour une liaison Cesana Briançon (*Proposition de règlement CE en cours 2011/0302*).

Quelle est la politique actuelle de RTE concernant l'enfouissement des lignes ?

Le **contrat de service public** signé le 24/10/2005 entre l'Etat et EDF/RTE définit la politique environnementale nationale de RTE dans son article 3.

Il s'agit notamment de « protéger les paysages, les milieux naturels... » « en recourant préférentiellement aux liaisons souterraines ... ».

77 % des lignes 63 kV et 90 kV neuve construits par RTE entre 2009 et 2011 sont souterraines.

En 2011, 19 km de THT neuve ont été construits en souterrain (*source bilan RTE 2011*).

