Gestionnaire
du Réseau de Transport d'Electricité

Amélioration de la Qualité en matière de creux de tension

Présentation des actions possibles côté réseau

L’origine des creux de tension

➔ **Un défaut (ou rupture d’isolement ou court-circuit) est le plus souvent à l’origine des perturbations.**

- Le défaut peut résulter de :
  - Conditions atmosphériques (foudre, vent, neige…)
  - Contacts avec l'environnement des ouvrages (végétation, faune, tiers…)
  - Avaries matérielles sur le réseau
  - Défauts dans les installations des clients…

- Il est généralement éliminé par le fonctionnement du dispositif de protection

Les leviers d'actions

➔ **Agir sur la source de perturbations**

- Réduction du nombre de creux de tension
  - Fiabilisation des ouvrages du réseau
  - Renouvellement ou enfouissement des liaisons

  (+ Limitation des défauts en provenance des Utilisateurs)

➔ **Agir sur la propagation des perturbations**

- Réduction des caractéristiques des creux de tension (profondeur, durée…)
  - Amélioration des dispositifs de protection du réseau
  - Augmentation de la P_{cc} (structure du réseau, production…)
  - Action sur le mise à la terre des neutres
  - Adaptation des schémas d'exploitation

➔ **Efficacité et coût des actions très variables : dépend de la structure du réseau, des ouvrages qui le composent et de son environnement.**

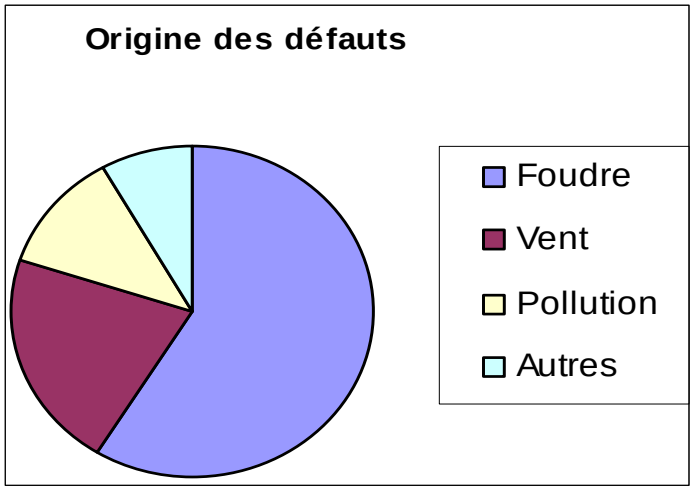
- On peut simplement donner quelques ordres de grandeur « à dire d'experts » dans un but de comparaison.
  - Pour être plus précis, nécessité d'une étude adaptée à chaque situation

Fiabilisation des liaisons aériennes

➔ **Vise à réduire les défauts dus aux amorçages en ligne sur les ouvrages**

➔ **Le type de solution à mettre en œuvre dépend de l'origine des défauts**

- Foudre
- Vent
- Pollution…

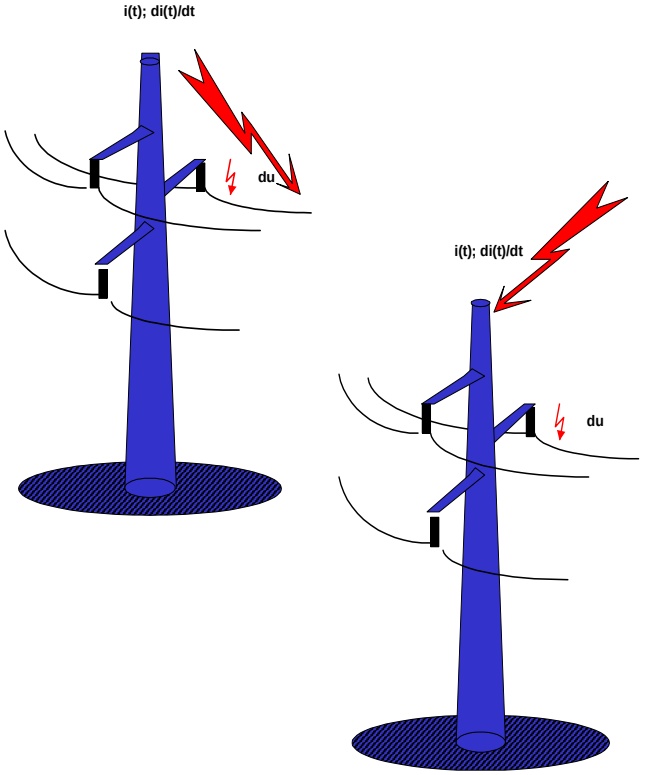


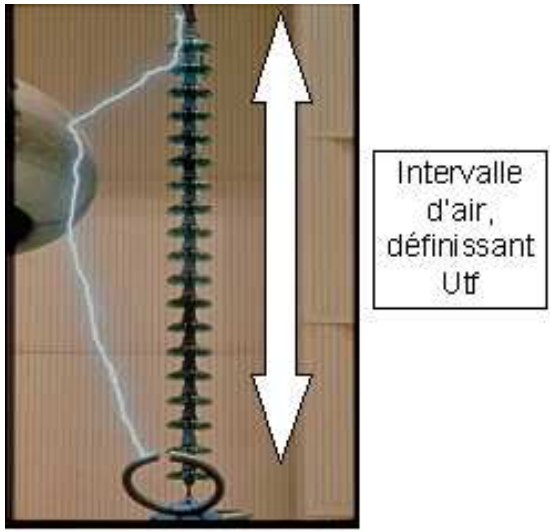
Fiabilisation des liaisons aériennes

➔ Protection contre la foudre

(à l'origine d'environ 60% des défauts)

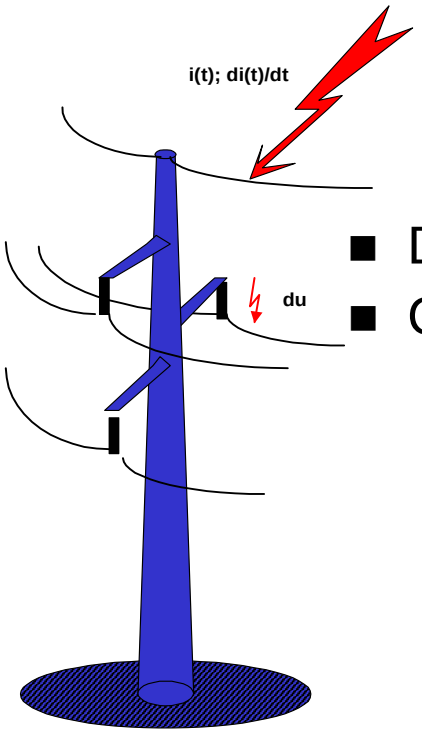
- **Amorçages dus à la foudre :**
  - **direct**
  - **en retour**





Fiabilisation des liaisons aériennes

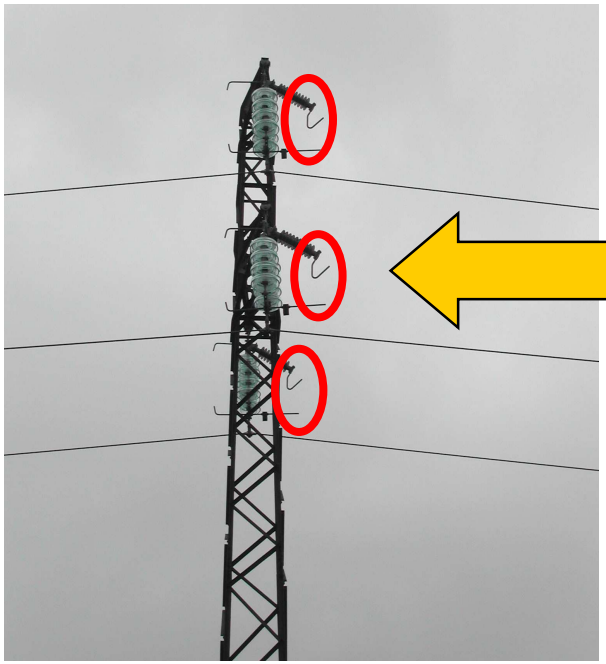
- **Pose d'un câble de garde**
  - Concerne les amorçages direct et en retour
    - Diminue les impacts de foudre sur les conducteurs
    - Répartit le courant de foudre vers les supports encadrants, ce qui limite le risque d'amorçage en retour
    - Diminue d'un facteur 5 à 7 des défauts foudre



  - Dépend de la tenue mécanique et de la géométrie des supports
  - Coûts (ordres de grandeur, hors ingénierie et frais généraux)
    - ~20 k€/km en plaine pour le déroulement du câble sur support HT.
    - Suivant l'ouvrage, coût d'adaptation des supports :
      Frais d'études :
      - *Etude d'un pylône : 8 à 10 k € (pour moins de 10 barres à renforcer),*
      - *Echantillonnage et modélisation : 5 à 7 k€ par pylône*
      - *Etude de sol : 1 à 2 k€ par pylône*

      Frais de réalisation :
      - *Renforcement d'un pylône : plus de 15 k€ (très variable)*
      - *Renforcement d'une fondation : plus de 10 k€ par fondation (très variable).*

Fiabilisation des liaisons aériennes

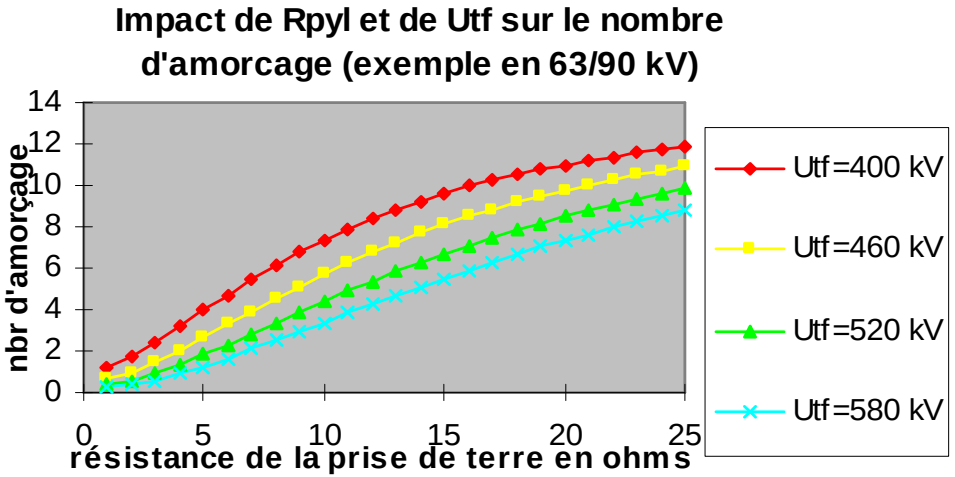


- **Pose de parafoudres en ligne**
  - Concernent les amorçages directs et en retour
  - Action sur les impacts de foudre sur le tronçon protégé
    - Amorçage au niveau du parafoudre
    - Ecoulement du courant de foudre
    - Limitation du courant de défaut
    - Temps de fonctionnement inférieur à 10 ms
  - Évitent le fonctionnement des protections du réseau
  - Nécessitent généralement de bonnes prises de terre
  - Peuvent s'installer par phase et sur tronçon exposé
    - sous réserve de compatibilité avec la géométrie des supports
  - Coûts (hors frais d'études)

    Environ 6 à 9 k€ par support en 63/90 kV

Fiabilisation des liaisons aériennes

- **Surclassement des chaînes d'isolateurs**
  - Améliore la tenue diélectrique des pylônes (limite les amorçages directs et en retour)
  - Dépend de la structure géométrique
  - S'utilise généralement en complément d'autres mesures
  - Coût : 3 à 5 k€ par support



- **Amélioration des terres**
  - Limite les amorçages en retour
  - Dépend de la nature du terrain
  - Coût très variable : de 2 à 16 k€ par pylône

Fiabilisation des liaisons aériennes

➔ Protection contre le vent

- Concerne 15 à 20% des défauts

- **Action sur le dimensionnement géométrique**
  - Améliore l'isolement (entre conducteurs et conducteurs-structure)
  - Coûts très variables

➔ Protection contre la pollution (saline, industrielle, avifaune…)

- Concerne 10 à 15% des défauts
- Dispositions à appliquer selon conditions locales

- **Utilisation de chaînes d'isolateurs adaptées**
  - Améliore l'isolement (augmentation de la ligne de fuite)

- **Dispositifs anti-oiseaux**
  - Limite les amorçages dus à la pollution avifaune

Fiabilisation des liaisons aériennes

➔ Synthèse des ordres de grandeurs de coûts

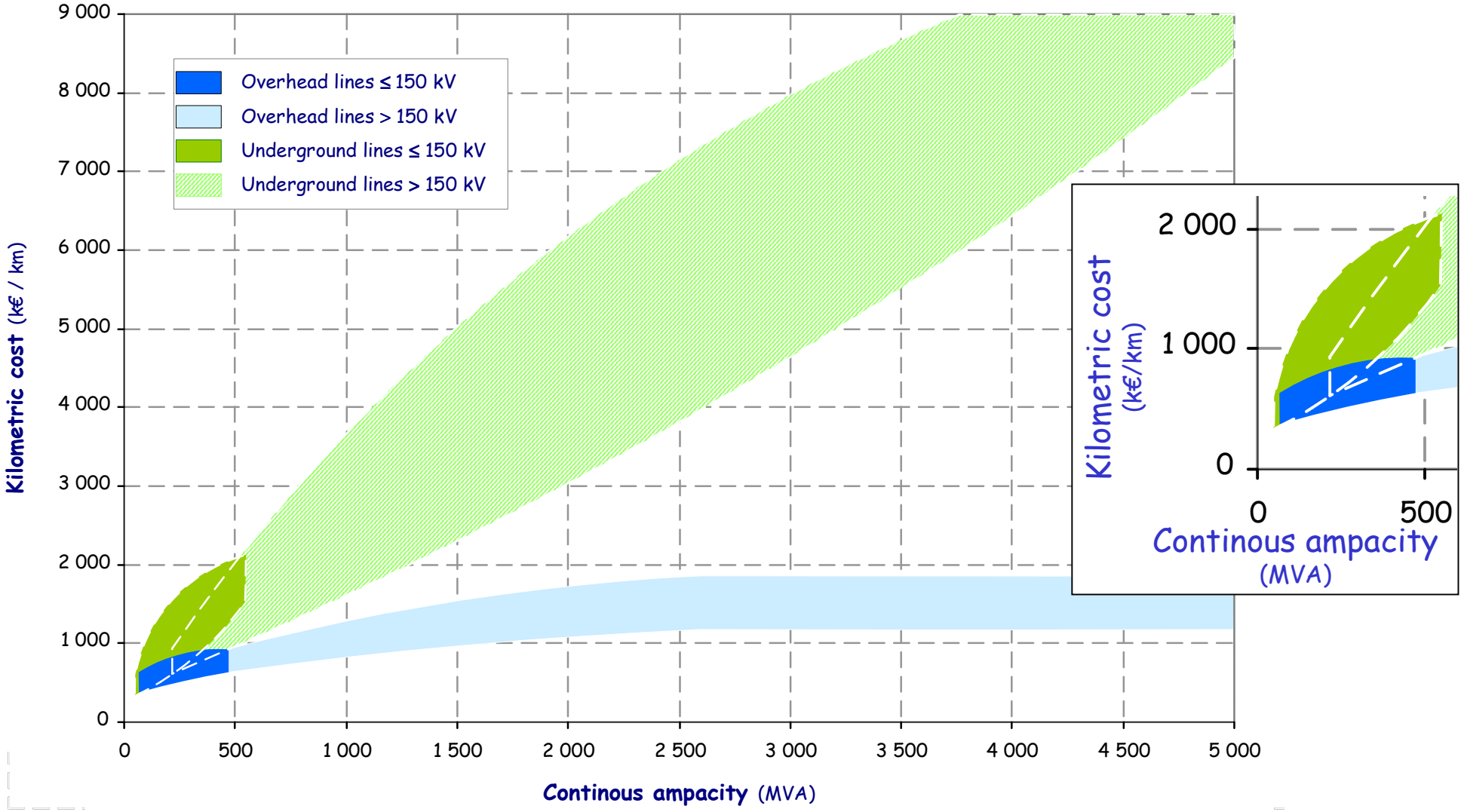
- **Exemple : pour une ligne 63/90 kV simple terne de 20 km / 70 supports**
  - Câble de garde : 500 à 3300 k€ (selon supports)
  - Parafoudres en ligne : 400 à 700 k€
  - Surclassement des isolateurs : 250 à 350 k€
  - Amélioration des prises de terre : 150 à 1200 k€

  Combinaison de plusieurs techniques pour une meilleure efficacité

- **Le coût global dépend du nombre d'ouvrages à traiter**

- **L'efficacité globale pour le site dépend :**
  - de la part de chaque ouvrage traité dans le nombre de creux de tension ressentis par le site
  - de l'efficacité des actions possibles sur chaque ouvrage

Renouvellement ou enfouissement



➔ **Ordre de grandeur des coûts globaux des liaisons aériennes et souterraines en fonction de leur capacité**

Action sur la profondeur des CT

➔ Augmentation de la Pcc

- **Plusieurs possibilités techniques :**
  - Installation de moyens de production : ne dépend pas de RTE
  - Renforcement de la structure du réseau : justification économique liée à l'augmentation de la consommation ou de la production sur le réseau
  - Bouclage des schémas d'exploitation à structure de réseau existante
- **Permet de "rapprocher" électriquement le site client des sources de tension : tend à limiter la profondeur des creux de tension**
- **Mais attention aux effets contraires :**
  - l'effet réel dépend du rapport Zo/Zd du réseau : l'augmentation de Pcc du réseau (diminution de Zd) peut être rendue inutile par la diminution de l'impédance homopolaire du réseau (Zo) qui l'accompagne
  - Plus le nombre d'ouvrages électriquement reliés est important (renforcement, bouclage), plus le nombre potentiel de creux de tension vus par le site est important

Action sur la profondeur des CT

➔ Action sur la mise à la terre des neutres

- Outre les caractéristiques des liaisons, l'impédance homopolaire du réseau (Zo) dépend de la mise à la terre du neutre des transformateurs :
  - A Pcc constante (Zd donnée), augmentation du Zo ➔ diminution de la profondeur des creux de tension
- Mais l'augmentation du Zo doit être limitée pour des questions de sécurité des personnes
  - Augmentation de potentiel des ouvrages proches du défaut

➔ Adaptations des schémas d'exploitation

- Débouclage : peut permettre d'éloigner électriquement les ouvrages fortement perturbateurs du site client
  - ➔ limitation partielle voire "totale" de la profondeur de certains creux de tension
- Solution possible si les conséquences sur les transits RPT, sur la continuité et sur les conditions d'exploitation sont acceptables
- Le coût peut être nul si la structure des postes le permet. Il peut être très élevé si une restructuration des postes est nécessaire

Actions sur les protections

➔ Le renouvellement de tranche BT

- L'utilisation de matériel BT récent permet d'améliorer et de fiabiliser les performances de détection et de remise en service suite à défaut
- S'applique généralement à l'ensemble d'une zone (plusieurs départs) pour maintenir la coordination des protections
- Le gain en temps de fonctionnement dépend des configurations. Il peut atteindre 200 ms (selon le défaut)
- Coût d'une tranche ligne aérienne en technologie numérique : environ 40 k€ par départ HT *(hors ingénierie et frais généraux)*

Actions sur les protections

➔ L'accélération de stade

- Permet de réduire le temps de fonctionnement des protections de distance sur défaut en zone 2
- En 63/90 kV, par exemple, on peut réduire la durée d'élimination de défaut à 160 ms (CT)
- Nécessite l'installation d'une télé-action pour les échanges d'informations entre les protections aux deux extrémités de la ligne
- Coûts
  - ~15 k€ d'équipement *(hors ingénierie et frais généraux)*
  - ~ 5 k€/an de location d'une liaison spécialisée de télé-action (selon longueur)

Actions sur les protections

➔ Le déclenchement monophasé

- S'utilise en 225 kV et 400 kV
- Élimination du défaut par la mise hors tension de la seule phase en défaut, pendant une durée de 2 s environ
- Taux de réussite du réenclenchement de 75 à 80 %
- Pour un site client alimenté en antenne ou piquage, évite la coupure en cas de défaut sur la ligne d'alimentation
- Si l'installation du client le permet (déclenchement monophasé côté client, transformateur permettant la recomposition des tensions), le cycle monophasé est sans effet notable pour le site : l'effet réel du défaut est limité au CT précédant le cycle monophasé
- Coûts (hors ingénierie et frais généraux)
  - ~15 à 20 k€ selon antenne ou piquage *(PAP + téléaction + réenclencheur)*
  - 3 k€/an pour location de liaison spécialisée de télé-action

Conclusions

➔ Limites technico-économiques des actions côté réseau

- Actions sur la profondeur des CT : possibilités très limitées
- Actions sur la durée des CT : effet limité
  - Evolution priorisée du plan de protection (en gardant la sélectivité)
  - + dispositifs spécifiques au cas par cas
- Actions sur le nombre de CT :
  - Maintenance courante appropriée
  - Fiabilisation : coûts élevés pour une efficacité relative
  - Reconstruction d'ouvrages, mise en souterrain : coûts très élevés
- Nombre généralement élevé d'ouvrages générateurs de CT
- Efficacité limitée (au mieux réduction) et/ou coûts très élevés