

JICABLE 99 en résumé

La cinquième conférence internationale JICABLE sur le transport d'énergie électrique par câbles isolés s'est tenue à Versailles du 20 au 24 juin 1999. 540 délégués de 40 pays ont participé à cette manifestation et discuté 176 rapports.

Le domaine du transport d'énergie par câbles isolés montre une grande dynamique d'évolution comme l'ont confirmé à la fois le nombre élevé des communications proposées et la qualité des nouveautés et des innovations présentées. Cette dynamique résulte plus particulièrement :

- d'un renforcement des exigences d'environnement, qui favorise le développement des liaisons d'énergie enterrées et la recherche de techniques nouvelles,
- d'une pression économique, qui conduit à la recherche de technologies optimisées et de techniques de pose et d'installation plus performantes,
- d'un objectif de qualité d'électricité distribuée aux clients, qui impose une grande fiabilité des câbles et donc une amélioration de la compréhension des mécanismes de fonctionnement des matériaux et des matériels, et la mise en œuvre d'essais adaptés.



Le programme de la conférence comportait 28 sessions réparties entre les câbles et accessoires haute et très haute tension et les techniques futures, les câbles et accessoires basse et moyenne tension, les câbles à courant continu et sous-marins, les câbles et l'environnement, le dimensionnement et la modélisation, les essais et le diagnostic, les matériaux.

On note, par rapport à la conférence précédente de 1995, une augmentation importante du nombre des communications dans les domaines des matériaux et des câbles de transport.

Les câbles haute et très haute tension et accessoires

Les besoins actuels des réseaux de transport d'énergie électrique conduisent aux objectifs de développement suivants : augmentation des puissances unitaires, augmentation des distances de transport, réduction du coût du transport d'énergie.

Différents projets et réalisations de liaisons par câbles à isolation synthé-

tique ont été présentés. On note en particulier le développement de câbles à isolation PR pour les niveaux 345, 400 et 500 kV avec un champ électrique maximal sur âme pouvant atteindre 13 kV/mm. Les projets présentés concernent l'Europe, l'Amérique du Nord et le Japon, où une liaison de deux circuits 500 kV - 1200 MVA de 40 km est en cours de construction à Tokyo.

Une nouvelle technologie de câbles haute tension 90 kV présentant un gainage composite laminé "film d'aluminium/polyéthylène" permet un allègement du câble pouvant atteindre 65% par rapport aux solutions faisant appel au plomb. Cette technologie autorise l'utilisation de techniques nouvelles de pose mécanisée.

En ce qui concerne les accessoires (extrémités, jonctions,...) les différentes communications présentent des technologies qui ont divers points communs : absence d'huile, préfabrication et rapidité de montage qui facilitent l'installation sur le site et augmentent la fiabilité.



La réduction du coût du transport d'énergie passe aussi par la mise en œuvre de techniques de pose et d'installation plus performantes. Dans ce domaine, plusieurs communications ont présenté :

- de nouvelles techniques de pose mécanisée utilisées à l'origine en moyenne tension et développées aujourd'hui pour des câbles haute tension à technologies allégées (par exemple pour des câbles 90 kV – 1600 mm² en aluminium),
- des études théoriques et pratiques sur de nouveaux systèmes d'installation tenant compte en particulier des spécificités des câbles à isolation synthétique.

Les câbles et accessoires basse et moyenne tension

D'une manière générale, les rapports présentés témoignent d'une amélioration dans la conception, le contrôle et la fiabilité des câbles de distribution d'énergie. Les recherches se poursuivent avec le double objectif d'une part de la réduction du coût des systèmes de câbles et des techniques d'installation et d'autre part de l'augmentation de la fiabilité. En ce qui concerne ce dernier point, il ressort de l'ensemble des présentations et discussions une nette tendance vers des câbles étanches à la fois radialement et longitudinalement.

Nous soulignerons parmi les travaux présentés :

— aux Etats-Unis :

- le développement de conducteurs étanches en aluminium,
- l'utilisation de matériaux PR dits "retardateurs d'arborescences" ou d'EPR,
- la mise en œuvre d'écrans corrodés scellés.

— en Europe :

Une étude préconise la réduction de l'épaisseur de l'enveloppe isolante des câbles 12/20 kV de 5,5 mm à 4 mm.

— par ailleurs, divers auteurs ont recommandé pour des câbles à isolant PR :

- la mise en œuvre d'un gainage extérieur étanche et l'utilisation d'un dispositif de blocage longitudinal de l'eau sous l'écran,
- une humidité dans l'isolant inférieure à 500 ppm,

- le maintien d'une charge ou d'un cycle de charge.

Les câbles à courant continu et sous-marins

Les différentes communications ont présenté d'une part des retours d'expériences de liaisons en service et d'autre part les avancées réalisées sur des matériaux extrudés (PR) à faible accumulation de charges d'espace qui ont permis par exemple le développement d'un prototype 500 kV CC – Ame conductrice : 3000 mm² Cu – Isolant : 23 mm.

Par ailleurs, une communication présente la réalisation au Japon d'une liaison sous-marine à courant continu ± 500 kV - 2800 MW utilisant des câbles OF isolés au PPLP (Laminé papier / polypropylène).

Les techniques futures

Si les techniques classiques de câbles isolés sont susceptibles de résoudre des problèmes locaux sur des distances réduites, des solutions nouvelles doivent être recherchées pour tenter de faire sortir le transport souterrain de sa "niche" et permettre le développement de liaisons de grandes puissances sur de plus grandes longueurs.

Deux techniques, susceptibles de répondre à cet objectif, ont été examinées : les câbles à isolation gazeuse et les cryocâbles supraconducteurs.

En ce qui concerne les câbles à isolation gazeuse (CIG), capables de transport d'énergie à grandes distances à des niveaux de puissance optimale de 2000 à 4000 MVA en 400 kV, les communications présentées confirment une certaine maturité industrielle et un développement assez proche. Une communication annonce un rapport des coûts de transport d'énergie de 7 entre celui obtenu avec une liaison par câble à isolation gazeuse 400 kV et celui que l'on aurait avec une liaison par ligne aérienne de puissance équivalente.

Différentes communications présentent l'état de l'art dans le domaine des technologies de cryocâbles faisant appel à des matériaux supraconducteurs à hautes températures critiques : diélectrique froid, diélectrique chaud, structure concentrique, ... Diverses

applications ont été évoquées allant de liaisons moyenne tension de grandes puissances (quelques dizaines à centaines de MVA) à des liaisons de transport massif d'énergie (quelques GVA). Bien que l'industrialisation des cryocâbles ne soit pas encore envisagée à court terme, une première liaison 24 kV, 2400 A, devrait être installée aux Etats-Unis au cours de l'année 2000.

Les câbles d'énergie et l'environnement

Différents problèmes d'environnement associés aux câbles d'énergie ont été examinés. Il convient de souligner l'importance croissante de la prise en compte de ces éléments tant par les constructeurs que par les utilisateurs.

Parmi ces problèmes, nous soulignerons quelques thèmes abordés : le cycle de vie des câbles électriques et en particulier le problème de leur fin de vie, le comportement au feu, la compatibilité électromagnétique des câbles d'énergie dans un avion.

Le dimensionnement et la modélisation

Les différentes communications concernant le dimensionnement peuvent être classées en deux principales familles :

- des études d'optimisation des systèmes de câbles ayant pour objectif de réduire les coûts : pertes, environnement thermique, capacité de transport, nouvelles technologies. Le problème des conducteurs de grandes sections a en particulier été examiné,
- l'étude des contraintes liées à l'insertion d'une section de câble isolé dans une liaison constituée de lignes aériennes (siphon). Des considérations pratiques et des recommandations ont été formulées dans ce domaine.

Les essais et le diagnostic

En dehors de quelques communications sur le comportement au feu, ou de l'évolution de l'huile des câbles OF, la plupart des communications ont concerné les essais après pose sur site qui constituent une préoccupation majeure de l'exploitant. Dans ce

domaine, conformément aux recommandations de la CIGRÉ, les essais en courant continu sont de plus en plus rejetés pour détecter les défauts de pose et d'installation. Diverses communications présentent des essais après pose en courant alternatif ou en ondes oscillantes associés à des mesures de décharges partielles.

Le vieillissement des systèmes de câbles à isolation synthétique continue à faire l'objet de nombreuses études. Différentes communications ont en particulier considéré le problème de la représentativité et de l'efficacité d'essais accélérés. Parmi les éléments nouveaux, il convient de souligner les perspectives de certaines méthodes de mesure des charges d'espace pour l'évaluation de la tenue diélectrique résiduelle d'un câble.

Différentes techniques de diagnostic ont été présentées. Certaines permettent une évaluation globale des systèmes de câbles, d'autres la détection des défauts locaux. La plupart de ces techniques doivent encore être validées, mais quelques-unes sont dès à présent exploitées.

Les matériaux

Nous soulignerons parmi les nombreuses communications concernant les matériaux nouveaux, l'importance de la qualité des écrans semiconducteurs sur les performances électriques des câbles. Différentes technologies nouvelles ont été présentées : nouveaux noirs, polymères conducteurs...

Par ailleurs, des matériaux nouveaux ont été proposés pour l'isolation, le

gainage ou la répartition du champ électrique au niveau des accessoires.

La présence d'eau dans l'isolant reste l'ennemi des câbles à isolation synthétique. Différentes communications présentent soit des méthodes d'évaluation de la présence d'eau et de ses effets, soit de nouveaux matériaux susceptibles d'avoir des durées de vie améliorées en présence d'eau.

Les charges d'espace, leurs effets et les méthodes susceptibles de les mettre en évidence, continuent de faire l'objet de travaux approfondis : ondes de pression, ondes thermiques, courants de décharge stimulés thermiquement, variation de résistance et luminescence. Il ressort de ces études une assez bonne corrélation entre le niveau des charges d'espace et la durée de vie des isolants, mais les sensibilités des techniques sont encore assez différentes et conduisent à la recherche d'une certaine standardisation.

Conclusion

Comme les congrès précédents, JICABLE 99 a permis d'entretenir et d'approfondir des échanges techniques de haut niveau entre chercheurs, fournisseurs, fabricants de produits de base, de câbles et d'accessoires, installateurs et utilisateurs pour l'ensemble des câbles isolés d'énergie de toutes tensions.

Les nombreuses évolutions et innovations présentées tant pour les câbles et accessoires que pour les techniques de pose et d'installation ont permis des liaisons de plus en plus performantes et fiables. Ces progrès sont-ils

dès à présent susceptibles de faire sortir le transport souterrain de sa "niche" d'utilisations localisées sur de courtes sections en zones urbanisées ou sensibles ?

Des progrès devront encore être obtenus, en particulier en ce qui concerne le grand transport, pour lequel les performances techniques et économiques ne permettent pas encore le remplacement de lignes aériennes sur de grandes longueurs. Les technologies nouvelles étudiées aujourd'hui sont prometteuses et devront être développées avec imagination afin de faire émerger de nouvelles innovations décisives !

Les récentes tornades qui ont frappé le territoire français en décembre dernier avec des vents de plus de 200 km /h devraient également motiver le renforcement de nouveaux efforts pour le développement des câbles souterrains. L'évolution des conditions climatiques risque en effet de reproduire avec une certaine fréquence des phénomènes jusqu'ici à caractère exceptionnel.

Les articles sélectionnés dans ce numéro concernent le transport d'énergie haute et très haute tension et des technologies nouvelles susceptibles de répondre aux exigences de demain.

Lucien DESCHAMPS

*EdF, Président du Comité
d'Organisation JICABLE 99*

*Les actes du Congrès JICABLE 99
peuvent être obtenus auprès de la S.E.E.
48, rue de la Procession – 75015
Paris. Tel : 01 44 49 60 00 – Fax : 01
44 49 60 44*