

Base de données pour calculs de réseaux de distribution

Autor(en): **Cornellini, E. / Corrado, A. / Silvestri, M.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **73 (1982)**

Heft 2

PDF erstellt am: **08.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-904922>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Base de données pour calculs de réseaux de distribution

Par E. Comellini, A. Corrado, M. Silvestri, G. Sorbino et G. Vitali

Es werden die von der Ente Nazionale per l'Energia Elettrica (ENEL) durchgeführten Studien zur Erarbeitung einer auf die folgenden Funktionen ausgerichteten Datenbank über die Verteilnetze beschrieben: Untersuchung der Belastung und der Spannung, Untersuchung der Fehlerströme, Beeinflussung der Transformatorbelastungen, Ermittlung der Systemverluste, Untersuchung der Betriebssicherheit, Planung von Systemverstärkungen.

Ce rapport décrit les études effectuées par l'Ente Nazionale per l'Energia Elettrica (ENEL) pour élaborer une base de données concernant les réseaux de distribution, orientée vers les fonctions suivantes: analyse de la charge et de la tension, analyse des courants de défauts, gestion de charges du transformateur, détermination des pertes du système, analyse de fiabilité, planning des renforcements du système.

1. Description générale du système

Afin d'améliorer le processus de détermination des investissements de distribution, la Division Distribution de l'ENEL a entrepris en 1975 l'étude du système DISPLAN. Ce système a pour but de mettre à la disposition des unités de distribution chargées de préparer les plans détaillés du réseau, les facilités d'un système informatique. Ainsi, ces unités disposent d'un moyen leur permettant de connaître l'état du réseau existant en ce qui concerne les charges des composants, les pertes, la continuité du service et la qualité de la tension; elles peuvent répéter les mêmes études pour différentes variantes de réseaux et peuvent calculer le coût de ces variantes en tenant compte de tous les facteurs économiques tels que les coûts d'installation, les pertes et les coûts d'entretien.

A l'heure actuelle, l'objet de l'application du DISPLAN est le réseau de distribution MT mais une extension au réseau de distribution BT peut être envisagée pour certaines zones métropolitaines.

D'un point de vue fonctionnel, on peut identifier dans le système DISPLAN les principaux points suivants:

- chargement et mise à jour des caractéristiques structurales du réseau,
- chargement et mise à jour de l'état du matériel de commutation par référence au fonctionnement normal,
- chargement et mise à jour des mesures dans les postes HT/MT (ces mesures seront fournies par les nouveaux systèmes standard de commande à distance de l'ENEL, dès que ceux-ci seront en exploitation),
- chargement et mise à jour des charges des utilisateurs MT et des postes MT/BT,
- programmes informatiques de détermination des charges des composants, des pertes, de la continuité du service et de la qualité de la tension du réseau,
- programmes informatiques pour établir les évaluations économiques et les comparaisons entre différents plans de développement du réseau,
- programmes informatiques pour la recherche d'informations.

Toutes les données sont conservées en mémoire, même une fois remplacées par d'autres données plus récentes décrivant l'état actuel du réseau; la date et l'heure de chaque événement sont enregistrées pour permettre une constitution graduelle de séries historiques.

Les développements futurs, déjà décidés, du réseau, sont enregistrés et mis à jour de la même façon.

Enfin, il est également possible d'étudier des variantes pour le développement du réseau en reproduisant simplement les parties des données de base sujettes à des variations.

En ce qui concerne le chargement et la mise à jour du réseau MT, le système DISPLAN est destiné à remplacer des opéra-

tions similaires effectuées par des moyens traditionnels et son introduction peut se justifier aisément dans ce domaine, même en dehors de l'utilisation d'un programme informatique, sur la seule base du gain de temps réalisé, d'une plus grande fiabilité et d'une plus grande facilité de mise à jour et de recherche des informations.

Au contraire, le chargement et la mise à jour des données concernant les charges des utilisateurs MT et des postes MT/BT doivent être considérées, à quelques exceptions près, comme de nouvelles procédures introduites par le système. L'avantage de ces procédures est évident tandis que le coût de chargement et de mise à jour de ces données (voir § 6) est acceptable.

La figure 1 montre dans ses grandes lignes l'articulation du système.

Les trois phases ci-dessous, représentées par les trois bandes horizontales de la figure peuvent être mises en évidence dans le système:

- Procédures de chargement et de mise à jour des données
- Bases de données et fichiers
- Procédures d'utilisation des données englobant les programmes informatiques déjà mentionnés.

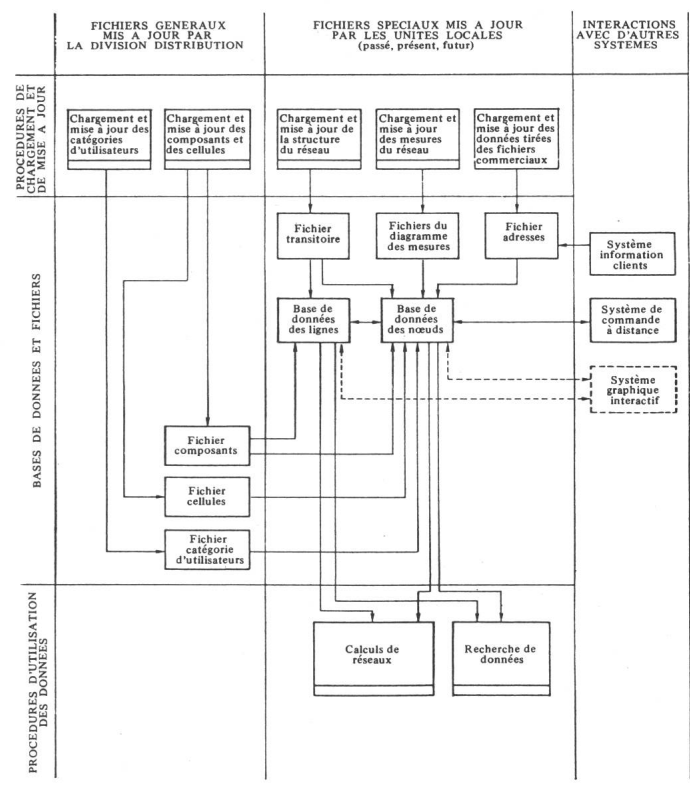


Fig. 1 Structure du système DISPLAN

Les données concernant la description du réseau figurent à la fois dans la base de données des nœuds et dans la base de données des lignes.

Un nœud désigne un point du réseau auquel sont connectées une ou plusieurs lignes. Il se caractérise par des systèmes de barres omnibus, un matériel de commutation, des transformateurs de puissance, des condensateurs, etc. ... ou par le raccordement à un utilisateur MT.

La ligne indique la liaison physique entre deux nœuds. Une ligne peut être composée d'une ou plusieurs sections présentant les mêmes caractéristiques électriques.

Dans la description d'un réseau, le même type de composant est présent en de nombreux endroits différents, notamment s'il a été normalisé.

Afin de gagner du temps lors du chargement et de la mise à jour du réseau, on a associé à chaque type de composant un code approprié, qui peut être utilisé pendant l'exploitation sus-mentionnée alors que la signification du code est donnée une fois pour toutes dans le fichier «composants» représenté à la figure 1.

De même, chaque ligne est reliée aux barres omnibus dans le poste électrique, par un multipole qui dépend fondamentalement du type de barres omnibus utilisées et qui, d'un point de vue topologique (c'est-à-dire indépendamment du matériel de commutation qui le compose physiquement), peut être identifié parmi quelques types fondamentaux.

Ces types fondamentaux sont également identifiés par un code dont la signification est indiquée dans le fichier «cellule» représenté à la figure 1.

En ce qui concerne les charges, en nous reportant toujours à la figure 1, les consommations annuelles d'énergie par catégorie d'utilisateurs sont provisoirement chargées dans le fichier «adresses», puis transférées dans la base de données des nœuds.

Dans le fichier «catégorie d'utilisateurs», sont indiquées les corrélations par lesquelles on obtient la puissance à un instant donné, à partir des consommations annuelles d'énergie.

Des procédures spéciales de chargement et de mise à jour ont été établies dans le but de vérifier si les données sont complètes, correctes et cohérentes avant de les introduire dans les bases de données et les fichiers.

Ces procédures sont sommairement décrites au paragraphe 2; quant aux programmes informatiques ayant pour but de déterminer l'état du réseau et de planifier ses développements futurs, ils sont décrits aux paragraphes 4 et 5, qui font tout particulièrement référence au programme statistique de débit de charge et de discontinuités de service respectivement.

Les unités de distribution chargées des différentes parties de l'exploitation du système DISPLAN sont également mises en évidence à la figure 1. Il s'agit de la Division Distribution pour ce qui concerne la description des composants, la description des cellules et les corrélations puissance/énergie pour les différentes classes d'utilisateurs, qui sont autant d'éléments généraux; et il s'agit des unités locales pour ce qui concerne la description de chaque partie du réseau, ce qui, bien entendu est propre au cas considéré.

Lorsque le système DISPLAN a été conçu, la diffusion des ordinateurs et des terminaux au niveau des unités de distribution n'était pas envisagée à court ou moyen terme. C'est pourquoi des procédures de traitement par lots ont été mises au point, en dépit de difficultés résultant de l'application de ces

procédures tant pendant la phase de développement du logiciel que pendant la phase d'exploitation du logiciel.

2. Procédures de chargement et de mise à jour des bases de données et des fichiers

Seules les procédures de chargement et de mise à jour exploitées par les unités territoriales locales, seront étudiées ici.

Trois procédures différentes ont été envisagées (figure 1):

- la première concerne les données relatives à la structure du réseau,
- la seconde concerne les données relatives aux mesures effectuées sur le réseau,
- la troisième concerne les données de charges résultant des fichiers commerciaux.

2.1 Données relatives à la structure du réseau

Cette procédure permet de charger et de mettre à jour les bases de données des nœuds et des lignes en ce qui concerne la topologie du réseau, l'état du matériel de commutation dans des conditions normales de fonctionnement, et les paramètres électriques des composantes du réseau.

L'ensemble de données définissant un nœud ou une ligne est traité comme l'unité d'information de base.

Un fichier intermédiaire dans lequel sont stockées provisoirement toutes les informations recueillies par les formulaires d'entrée, est constitué et les erreurs formelles ou erreurs se traduisant par une incohérence entre différentes données, sont filtrées avant que les informations ne soient chargées dans les bases de données.

Le formulaire n'est chargé dans la base de données que lorsqu'il ne présente aucune erreur, de sorte que l'exactitude et la cohérence des informations sont assurées pour chaque nœud et chaque ligne.

Afin de vérifier également la cohérence du réseau (c'est-à-dire la présence de nœuds isolés, de parties isolées du réseau, de nœuds avec des lignes inexistantes ou de lignes aboutissant à des nœuds inexistantes, etc. ...), on a élaboré une procédure spéciale qui consiste lors du chargement d'une information nouvelle à donner le diagramme du réseau étudié et à indiquer ses erreurs.

2.2 Données relatives aux mesures effectuées sur le réseau

Cette procédure permet la mise à jour de la base de données des nœuds en fonction des mesures effectuées sur le réseau. Etant donné la simplicité des informations recueillies, on n'a pas envisagé la création d'un fichier intermédiaire, sauf pour les mesures de puissances, de courants et de tensions dans les postes HT/MT qui sont provisoirement stockées sur le diagramme du fichier «mesures» afin de calculer les paramètres statistiques (valeur moyenne et écart-type) à charger dans la base de données.

De cette façon, les paramètres statistiques tirés des mesures effectuées dans les postes HT/MT peuvent être directement comparés aux valeurs des charges résultant des corrélations statistiques puissance/énergie et des consommations annuelles d'énergie.

Ainsi, si on le désire, ces dernières valeurs peuvent être ajustées de manière à être compatibles avec les mesures effectuées dans les postes HT/MT, avant que l'on procède aux calculs de débit de charge.

2.3 Données de charge tirées des fichiers commerciaux

Cette procédure permet la mise à jour de la base de données de nœuds, en fonction des charges.

Celles-ci sont tirées des fichiers commerciaux tant pour les utilisateurs moyenne tension que pour les utilisateurs basse tension.

Les fichiers commerciaux sont lus périodiquement (par exemple une fois tous les six mois) par un programme approprié et l'on en déduit, pour chaque utilisateur, les données suivantes:

- catégorie d'utilisateurs (cette catégorie est fonction de la puissance souscrite et d'une classification commerciale des utilisateurs en fonction de leurs activités)

- puissance souscrite
- consommation annuelle d'énergie.

Pour chaque catégorie d'utilisateur, la puissance souscrite et la consommation d'énergie sont tout d'abord additionnées pour chaque adresse, puis pour chaque poste MT/BT et enfin introduites dans la base de données de nœuds.

Le nombre d'utilisateurs pour chaque catégorie est déterminé et la puissance de pointe est déduite des corrélations puissance/énergie.

Il suffit au personnel local de donner des informations concernant le poste d'alimentation MT ou MT/BT.

L'association de chaque adresse à un poste donné se fait par référence à l'exploitation normale du réseau BT, c'est-à-dire en négligeant les états transitoires qui sont la conséquence de défaillances ou d'opérations d'entretien.

Dans la pratique, on envisage le schéma d'exploitation suivant.

La charge BT est fractionnée entre les différents postes MT/BT par référence aux conditions normales d'exploitation du réseau.

Une fois que ces informations sont introduites dans l'ordinateur, on établit périodiquement une liste indiquant la puissance de pointe dans chaque poste, par rapport à la puissance installée.

Lorsque la puissance de pointe d'un poste est supérieure à sa puissance installée, on peut décider sur la base de la même liste de la façon de réduire la charge appliquée à ce poste en répartissant l'excédent de charge entre les postes adjacents et en enregistrant l'état du réseau résultant de ces variations.

Ces informations sont extrêmement utiles même dans le cas d'un contrôle rapide des défaillances sur le réseau BT. Afin de faciliter le chargement initial des données, l'ordinateur produit un formulaire donnant la liste des informations nécessaires, à l'exception du code du poste d'alimentation qui doit être indiqué.

De plus, ce code peut être indiqué uniquement en fonction des deux adresses situées aux extrémités de la partie de la rue alimentée par le même poste électrique.

3. Méthode statistique de détermination des diagrammes de charge [1; 2; 3]

En principe, chaque charge peut être définie par un diagramme annuel de puissance; cependant, en considérant les différents motifs de variation, tant systématiques qu'aléatoires, nous pouvons remplacer le diagramme annuel par un nombre réduit de diagrammes journaliers se rapportant à une journée de travail type, à une journée type avant un jour férié, et à un jour férié type d'un mois ou même d'une saison.

On part de l'hypothèse selon laquelle les variations entre la puissance requise à un même instant de la journée pour tous les jours ouvrables, pour les jours précédant les jours fériés ou pour les jours fériés d'un mois ou d'une saison, sont par nature aléatoires. On peut par conséquent définir un ensemble de fonctions aléatoires $p_m(t)$, m étant l'indice qui caractérise un mois ou une saison et t une variable caractérisant l'instant de la journée.

On pose également une autre hypothèse importante selon laquelle on peut établir une corrélation entre la fonction aléatoire $p_m(t)$ et la consommation annuelle d'énergie E à l'intérieur d'une catégorie d'utilisateurs donnée.

Enfin, pour simplifier les calculs de réseaux, nous avons posé l'hypothèse générale suivante:

$$P(E_1 + E_2) = P(E_1) + P(E_2)$$

dans laquelle E_1 et E_2 sont les consommations annuelles d'énergie de deux charges pour la même catégorie d'utilisateurs et $P(E)$ désigne la forme de la corrélation.

D'un point de vue algébrique, cela signifie que la relation entre le groupoïde de puissance P et le groupoïde d'énergie E est un homomorphisme.

A partir de cette hypothèse, on peut démontrer que la forme la plus générale de la corrélation est la suivante (dans laquelle on a désigné respectivement par M , V et CV la valeur moyenne, la variante et la covariance et par p et q la puissance active et la puissance réactive):

$$\begin{cases} M_p = k_p E \\ M_q = k_q E \\ \begin{cases} V_p = h_p E + \lambda_p E^2 \\ V_q = h_q E + \lambda_q E^2 \\ CV_{pq} = h_{pq} E + \lambda_{pq} E^2 \end{cases} \end{cases}$$

Les coefficients des relations sont déterminés par des études effectuées sur des échantillons prélevés dans chaque catégorie d'utilisateurs se servant d'enregistreurs à bandes magnétiques [4].

Les mêmes coefficients sont enregistrés dans le fichier «catégorie d'utilisateurs», qui est mis à jour par la Division Distribution.

Cette partie du processus est invisible pour les opérateurs des unités locales. Cette méthode leur simplifiera considérablement la tâche, puisqu'ils disposeront de la puissance de chaque charge à tout moment et n'auront pas à tenir compte des facteurs de diversité comme cela est le cas avec la méthode traditionnelle.

4. Programme statistique de débit de charge

Lorsqu'on part des données de base déjà décrites, l'utilisation du programme statistique du débit de charge est particulièrement simple. De fait, il suffit d'appeler la branche initiale du réseau que l'on doit étudier (le transformateur de puissance dans un poste HT/MT ou une cellule MT si l'on ne doit prendre en considération que le réseau alimenté par la cellule) et de donner quelques indications quant à la date à laquelle le réseau doit être référencé et la période de temps pour laquelle on désire établir le débit de charge (par exemple un instant d'une journée ouvrable type).

Toutes les données concernant le réseau sont en fait déjà contenues dans la base de données et elles en sont extraites au

moyen d'un programme spécial qui alimente le programme statistique de débit de charge.

Le processus d'extraction du réseau considéré hors des bases de données est arrêté en fonction des connexions ouvertes.

On obtient ainsi des données fiables, qui ont été vérifiées tout au long des procédures de chargement et de mise à jour des données.

Le programme de débit de charge peut être appliqué en même temps aux réseaux MT et BT et donne pour tout instant de la journée-type, les valeurs moyennes et les écarts-types des courants sur les lignes, des puissances dans les transformateurs, des tensions aux nœuds ainsi que la valeur moyenne des pertes de puissance.

En outre, il peut donner pour l'ensemble de la journée-type ou pour l'ensemble de la période considérée, la valeur moyenne des pertes d'énergie et des irrégularités de la tension.

Enfin, il peut indiquer pour un instant donné ou pour l'ensemble de la journée-type ou pour l'ensemble de la période considérée, la probabilité de dépassement des limites thermiques des conducteurs et de la puissance nominale des transformateurs et la probabilité d'avoir une tension réelle en dehors de la gamme admissible de variation.

Les résultats sont obtenus sur des états imprimés tels que des listes et des diagrammes de réseaux et, pour les postes les plus importants, sous la forme de diagrammes de barres omnibus.

Les principaux avantages d'un programme statistique de débit de charge par rapport à un programme classique sont les suivants :

- le débit de charge statistique tient compte de la façon la plus naturelle de la diversité existant entre les charges d'une même catégorie ou de différentes catégories d'utilisateurs. Ce problème de la diversité n'est pas négligeable pour les réseaux MT et BT;

- le débit de charge statistique permet une détermination plus précise des pertes de puissance et d'énergie et de l'irrégularité de la tension, qui sont fonction non seulement de la valeur moyenne mais également de l'écart-type des courants et des tensions;

- le débit de charge statistique donne non seulement les valeurs des courants et des tensions, mais également la probabilité pour que ces quantités dépassent certaines limites données au cours de la période considérée.

5. Autres programmes techniques

Dans le cadre général du système DISPLAN, on peut utiliser d'autres programmes techniques, à savoir :

- un programme qui détermine à priori l'énergie coupée par suite de défaillances. Cette détermination se fait sur la base de statistiques de défaillances pour les différentes composantes du réseau, en simulant toutes les opérations effectuées par l'équipe afin de déceler et d'éliminer le défaut. L'énergie coupée est calculée en supposant que les défaillances se produisent en tout endroit possible du réseau et en tenant compte de la probabilité d'apparition de cette défaillance. Ce programme est un outil important de planification des nouveaux développements du réseau.

- un programme qui détermine l'énergie coupée au cours des opérations réellement effectuées sur le réseau existant par suite de défaillances réellement survenues.

Les données d'entrée sont les codes identifiant les postes où l'on a procédé à des opérations de commutation, ainsi que la date et l'heure de ces opérations. Ce programme est un outil important pour l'étude de l'état du réseau. Cependant, on disposera d'une méthode de détermination plus rapide pour les réseaux où seront installés les systèmes standard de commande à distance de l'ENEL.

6. Expérience de l'application du système DISPLAN

Le système DISPLAN a été mis en service dans la zone d'Erba, à proximité de Milan, afin de tester l'ensemble du système et d'évaluer la durée et le coût de la collecte de données.

Les caractéristiques de la zone d'Erba sont les suivantes: 3 postes HT/MT, 800 postes MT/BT, 400 utilisateurs MT, 70000 utilisateurs BT, 2800 nœuds et lignes MT.

A l'heure actuelle, les deux tiers environ du réseau MT et de la zone sont chargés et mis à jour.

Le temps employé à la collecte des données, extrapolé pour l'ensemble de la zone, est le suivant :

- 0,3 homme/an pour les lignes
- 0,6 homme/an pour les nœuds
- 0,1 homme/an pour les adresses

L'occupation de la mémoire de masse est de l'ordre de 3,4 millions d'octets pour les fichiers généraux, se subdivisant comme suit :

- 2,3 millions d'octets pour les composants
- 0,01 million d'octets pour les cellules
- 1,1 million d'octets pour les catégories d'utilisateurs

et environ 10 millions d'octets pour les fichiers spéciaux, se subdivisant en :

- 4,8 millions d'octets pour les nœuds
- 1,2 million d'octets pour les lignes
- 4 millions d'octets pour les adresses.

Bibliographie

- [1] *Comellini E., Silvestri M.*: Détermination statistique des caractéristiques de charge; leur utilisation dans les calculs de réseaux, IEEE C74, 148-3, février 1974.
- [2] *Comellini E., Gambelli G., Magagnoli U., Silvestri M.*: Corrélations entre la puissance et la consommation d'énergie des charges dans les réseaux publics de distribution, 48 A.I.M. CIRED, Liège 1979.
- [3] *Comellini E., Magagnoli U., Silvestri M.*: Représentation statistique de la charge dans les calculs des réseaux de distribution, AEI Trieste, 22-25 septembre 1980.
- [4] *Armanini D., Baroni A., Brambilla C., Fracassi G., Mirra C.*: Saisie de données sur la demande de puissance et traitement automatique de l'information, IEE 1977, publication de conférence n° 156.
- [5] *Comellini E., Silvestri M.*: Système de planification de la distribution, échange d'informations entre services publics, séminaire international à l'intention de la clientèle, IBM, La Hulpe-Belgique, 20-22 septembre 1978.
- [6] *Comellini E., Corrado A., Silvestri M., Sorbino G., Vitali G.*: Plans de développement des réseaux de distribution publique. Logiciel de développement des plans de détail des réseaux: projet DISPLAN, journées d'étude AEI-CIRED Milan, 21-22 mai 1980.
- [7] *Comellini E., Corrado A., Silvestri M., Sorbino G., Vitali G.*: Base de données pour la description de l'état des réseaux MT, AEI Trieste, 22-25 septembre 1980.

Adresse des auteurs

E. Comellini, A. Corrado, M. Silvestri, G. Sorbino et G. Vitali, Ente Nazionale per l'Energia Elettrica ENEL, Via G.B. Martini 3, C.P. 386, 00100 Rome.