



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org

17640

**RAPPORT D'EXPERTISE ET PROPOSITIONS D' ACTIONS POUR UN
PLAN DIRECTEUR DE LA PROTECTION ET DE LA SECURITE DU RESEAU DES
TELECOMMUNICATIONS MALGACHE**

MADAGASCAR

**Etabli pour le Gouvernement de Madagascar
par l'Organisation des Nations Unies
pour le Développement Industriel**

**D'apres les travaux de Maurice ROUDEAU
Expert en protection des réseaux de télécommunications**

4 avril - 2 mai 1989

**Fonctionnaire chargé de l'appui: Nicole Louvat
Service des industries mécaniques**

*** Document n'ayant fait l'objet d'aucune mise au point rédactionnelle.**

SOMMAIRE

	<u>Page</u>
I. GENERALITES	1
II. ORGANISATION DU RESEAU EXISTANT	2
III. ANALYSE DE LA SITUATION ET EXPERTISES	13
IV. LES REGLES DE L'ART	21
V. PLAN D'ACTION PRIORITAIRE DE SAUVEGARDE	22
VI. ORGANISATION DE LA PROTECTION AU LNRT	25
VII. REALISATION D'UN CENTRE PILOTE	27
VIII. DEVELOPPEMENT INDUSTRIEL DES MATERIELS DE PROTECTION	28
IX. FORMATION ET SUIVI DE L'OPERATION	30
X. REGLEMENTATION NATIONALE SUR LA PROTECTION ET LA SECURITE DU RESEAU DES TELECOMMUNICATIONS	31

Annexes

1. Liste des participants aux expertises	32
2. Matériels et appareils à approvisionner d'urgence	33
3. Organisation du Département protection et environnement électrique et électromagnétique du LNRT	34
4. Organisation d'un centre pilote	36
5. Formation des cadres - actions diverses	38
6. Liste des documents à acquérir	39
7. Personnes rencontrées	43

I GENERALITES

Le réseau des Télécommunications de MADAGASCAR est un réseau essentiellement analogique composé de commutateurs dont la plupart sont de type crossbar sauf ANTANANARIVO qui possède un AXE spatial. Le réseau est également constitué de systèmes de transmission comprenant des faisceaux hertziens, des câbles coaxiaux, des stations radioélectriques, des lignes et des circuits aériens. Le parc téléphonique qui s'élève à environ 30.000 lignes principales est réparti à 75 % dans les zones urbaines et 25 % restant dans les zones rurales. Ces dernières sont caractérisées par une qualité de service déplorable et constituent un réseau à exploitation manuelle quasiment obsolète.

De par la situation géographique du pays, l'environnement physique impose des contraintes très sévères pour l'exploitation et la maintenance de ce réseau. Il présente une certaine précarité anormale pour ce qui est de la protection contre les décharges orageuses. Ce signe de faiblesse est accentué par le développement anarchique du réseau d'énergie de la JIRAMA (le fournisseur d'énergie) qui constitue en lui-même l'élément perturbateur permanent.

Madagascar est une île très étendue qui, du Nord au Sud mesure 1600 km et possède une superficie égale à la France et la Belgique réunies. Elle est confrontée aux cyclones, à des orages violents et son relief est très diversifié car constitué de hauts plateaux rocheux et de plaines riches en humus. Il est évident que les paramètres principaux de la protection ont une grande influence sur la méthodologie à mettre en oeuvre pour assurer la tenue et la qualité de service satisfaisante du réseau de Télécommunications agressé en permanence par l'environnement électrique et électromagnétique .

Si l'on consulte la carte des courbes isokérauniques dans le monde (jours moyens d'orages par an du manuel du CCITT chapitre 7 du document : la protection des lignes de télécommunications contre les coups de foudre), l'île de Madagascar frôle les niveaux de :

140 au Nord Ouest

80 au sud Ouest

120 au Sud

20 à l'Est

Ces données ayant été confirmées lors de notre voyage d'expertise dans le pays, il n'y a rien d'étonnant à ce que les bureaux et installations de télécommunications, les ouvrages de la Radio et de la Télévision ainsi que les installations d'énergie électrique de transport et de distribution souffrent de coupures, de destructions intempestives fréquentes causées en grande partie par la foudre de manière directe ou indirecte.

La protection mise en oeuvre ici sur de nombreux ouvrages est totalement obsolète et insuffisante car n'existant qu'en l'état parcellaire, embryonnaire et désordonnée. De ce fait le réseau de télécommunications malagasy est peu fiable et impropre à un développement ultérieur s'il reste en l'état dans le domaine de sa protection.

D'ores et déjà, il est possible de dire que l'entreprise à engager dans ce domaine sera très importante et de longue haleine. Elle nécessitera des moyens en personnel, en matériels et financiers très importants. Pour ne pas perdre trop de temps et risquer d'entraver le développement du réseau téléphonique, il est nécessaire d'éviter les hésitations et tatonnements effectués en ce domaine par les pays qui ont été confrontés à ces problèmes et qui ne possédaient pas encore la maîtrise absolue des connaissances techniques et scientifiques pour une action rationnelle de la protection et de la sécurité de leurs réseaux. Les méthodes à appliquer en protection sont bien connues et il reste en définitive à les mettre en oeuvre pour gagner un temps précieux. Les deux réseaux antagonistes et néanmoins complémentaires que sont les réseaux d'énergie et de télécommunications, appelés à se développer fortement dans les prochaines années doivent régler a priori tous leurs problèmes de qualité et de voisinage afin d'éviter ultérieurement des remises à niveau difficiles et très coûteuses.

-II ORGANISATION DU RESEAU EXISTANT

Le plan Directeur, rédigé par l'UIT* et la Direction Générale des Télécommunications, donne une indication assez claire de la situation des installations de commutation concernant le réseau téléphonique local de Madagascar.

* UIT : Union Internationale des Télécommunications

Suivant le plan de développement, ces installations peuvent être définies en considérant principalement les paramètres suivants :

- Le nombre total de lignes principales reliées.
- Le taux d'automatisation.
- L'implantation géographique des abonnés.
- Le nombre de commutateurs BI.* et Automatiques.
- Les systèmes de transmission.
- Les réseaux locaux.

Le réseau téléphonique compte 30 000 lignes téléphoniques principales reliées dont l'implantation géographique des abonnés peut être définie ainsi :

- Une concentration proportionnellement importante de la majorité des lignes dans quelques zones urbaines.
- Une concentration très faible dans le reste du pays et, en particulier, une grande dispersion dans les zones essentiellement rurales. Les agglomérations ayant un nombre de Lp* supérieur à 100 sont considérées comme zones urbaines et la physionomie du réseau est la suivante :

Zones urbaines : 25 200 Lp (84 %) sont concentrées dans 22 zones urbaines. ANTANANARIVO, la capitale avec 15 000 Lp (59 %) des Lp urbaines et 49,50 % des Lp pour l'ensemble du réseau se détache nettement.

Zones rurales : 3 600 Lp (16 %) pour le reste du pays ce qui constitue une très faible densité et en particulier dans les zones rurales ou un grand nombre de petits villages ne disposent d'aucune liaison téléphonique avec le reste du pays.

* BL : Batterie locale

* Lp : Lignes principales

Par rapport à la population, les densités téléphoniques sont les suivantes :

- Pour l'ensemble du pays : 0,23 Lp pour 100 habitants.
- Pour les zones urbaines : 1,36 Lp pour 100 habitants.
- Pour ANTANANARIVO : 1,15 Lp pour 100 habitants.

Du fait de la concentration proportionnellement importante des abonnés dans les zones urbaines, en majorité automatisées, le taux d'automatisation pour l'ensemble est relativement élevé :

82,03 % pour l'ensemble du pays

97,62 % pour l'ensemble des zones urbaines

Equipements de commutation :

Les équipements de commutation sont classés en 3 catégories.

- commutateurs manuels (standards BL et quelques BC*)
- autocommutateurs électromécaniques (R6. pentaconta, CP 400 type cupidon)
- un commutateur électronique (type AXE)

Il est à noter que les commutateurs manuels installés dans le pays sont au nombre de 240 dont la capacité varie de 4 à 120 lignes d'abonnés. Des tableaux manuels viennent compléter ces équipements avec quelques cabines reliées par circuit local sur le commutateur le plus proche.

Tous ces équipements de commutation sont alimentés pour la plupart par le réseau d'énergie MT. (5 000 V) BT. (110 V, 220 V ou 380 V).

Les protections mises en oeuvre sur les équipements de commutation ruraux sont totalement obsolètes comme nous le verrons plus loin.

* BC : Batterie centrale

Evolution de la commutation.

Dans le déroulement du plan directeur, tous les commutateurs manuels doivent être remplacés par :

- Des Concentrateurs Numériques Eloignés (CNE)
- Des Faisceaux Hertiens Numériques d'Abonnés (FHNA)

II.1 Les systèmes de transmission

Le réseau de transmission à grande distance de MADAGASCAR comprend actuellement :

- des liaisons à ondes décamétriques (radiotéléphoniques et radiotélégraphiques).
- des liaisons par faisceaux hertiens.
- des liaisons sur câbles coaxiaux.
- des circuits à courants porteurs sur lignes aériennes.
- des liaisons radiotéléphoniques en VHF.
- des circuits aériens sur lignes métalliques.

Le territoire comprend 6 zones régionales. Un centre régional est pourvu d'un centre de transit rattaché au centre de transit national de ANTANANARIVO. L'exploitation des circuits peut être automatique, semi automatique et manuelle.

Les télécommunications internationales sont gérées par une société d'économie mixte (Société des Télécoms Internationales de MADAGASCAR) formée de l'état et de la compagnie France Câbles Radio.

II.1.1. Liaisons par câbles coaxiaux

Deux câbles sont utilisés et relient ANTANANARIVO à TOAMASINA et MAHAJANGA.

- **ANTANANARIVO TOAMASINA.**

C'est une liaison monocoaxiale de type 2,55/9,1 de longueur 372 km. Construite en 1971 elle comprend 35 répéteurs, répartis en deux groupes de 18 et 17 pour permettre l'alimentation à partir des extrémités. Les équipements du système CAL 120 utilisés sont de la CIT ALCATEL. Les bandes de fréquences sont 812 - 1052 kHz et 1060 - 1300 kHz.

La capacité est de 120 voies dont 108 sont exploitées.

- **ANTANANARIVO MAHAJANGA.**

C'est une liaison monocoaxiale de type 2,4/15,75 de longueur 572 km. Elle comprend 50 répéteurs avec alimentation intermédiaire à MAEVATANA. Le système est le SMG 360 de la CIT ALCATEL.

La capacité maximale est de 360 voies dont seulement 88 sont utilisées.

II.1.2. Liaison par Faisceaux Hertziens.

Le réseau de transmission par faisceaux hertziens comprend trois axes :

- **NORD, entre ANTANANARIVO et ANTSIRANANA**
- **SUD, entre ANTANANARIVO et TOLIARY**
- **SUD EST entre FIANARANSOA et TOLIARY viz. côte EST.**

Deux types de systèmes ont été distingués :

- **La liaison troposphérique Nord**
- **La liaison à visibilité directe FH sud et sud-est.**

Axe Nord : ANTANANARIVO ANTSIRANANA.

Il comprend 11 stations sur une longueur de 970 km. Les stations se trouvent sur des montagnes dont le sommet dépasse 1 000 m.

La liaison comprend 4 bonds à vue directe et 6 en transhorizon.

La capacité est de 360 voies.

Le matériel utilisé est du type NEC.

Axe Sud : ANTANANARIVO TOLIARY.

Il comprend 29 stations avec 9 branches sur une longueur de 824 km. Les stations sont sur des sommets dont l'altitude dépasse 1 500 m.

La capacité est de 960 voies téléphoniques.

Le matériel utilisé est de type NEC.

Axe Sud/Est : FIANARANTSOA TOLIARY via côte Est.

La liaison comprend 46 stations sur une longueur de 1 100 km. A visibilité directe, les stations sont situées sur des pitons difficiles d'accès.

La capacité est de 960 voies.

Les équipements utilisés sont de type TFH 2506 de la compagnie THOMSON.

II.1.3 Liaisons ondes décimétriques

Elles comportent une station principale ANTANANARIVO, 9 stations primaires et 40 stations secondaires.

Elles sont connectées à trente sept centraux téléphoniques automatiques ou manuels. Elles fonctionnent suivant le système BLU et BLI.

La puissance des émetteurs varie de 25 W à 6 kW.

II.1.4. Liaisons par lignes aériennes et courants porteurs.

Elles sont destinées aux communications régionales et inter-régionales.

Ces liaisons ont été adaptées aux systèmes à courants porteurs 12 et 24 voies fournis par la RDA*. 5 155 km de lignes à courants porteurs sont utilisées.

* RDA : République Démocratique Allemande

II.1.5. Liaisons VHF radiotéléphoniques.

Le pays dispose d'un nombre non négligeable de liaisons radiotéléphoniques en VHF :

- les liaisons de petite capacité (4 voies)
- les liaisons de moyenne capacité (12 et 24 voies)
- le système urbain de radiotéléphone URTES.

II.1.6. Le réseau télégraphique interurbain par téléimprimeur.

Le réseau télégraphique interurbain à MADAGASCAR est constitué de circuits TELEX raccordés à l'autocommutateur d'ANTANANARIVO. Ce réseau comporte :

- 1 centre télex à ANTANANARIVO
- 1 autocommutateur à TOAMASINA
- 5 centres manuels (ANTSIRABE, ANTSIRANANA, NOSY-BE, FIANARANTSOA et TOLIARY)
- 1 concentrateur TELIC 60/20/1 à MAHAJANGA.

II.2 Le réseau international.

Ces liaisons sont gérées par la société STIMAD. La station terrienne est située à 45 km d'ANTANANARIVO, elle est de type standard A avec antenne de 30 m orientée vers le satellite de l'Océan Indien TELSPACE. Equipée de 900 voies, seulement 48 sont utilisées :

FRANCE 41

ITALIE 5

LA REUNION 2

et 54 voies Telex :

FRANCE 48 voies

ITALIE 6 voies

II.3 Les réseaux locaux

- Le réseau local d'ANTANANARIVO

Le réseau local d'ANTANANARIVO a été entièrement modernisé en 1984 - 1985 (les câbles de Lyon) en même temps qu'une extension était réalisée avec :

- 370 km de câbles souterrains.
- 180 km de câbles aériens.
 - Distribution directe (56 à 2 688 paires)
 - Transport (56 à 896 paires)
 - Distribution (7 à 112 paires)

Les câbles du réseau souterrain sont en majorité des câbles écrantés sous enveloppe plastique. Il subsiste quelques câbles à enveloppe de PB (plomb) et isolant papier.

Les câbles aériens sont des câbles écrantés avec enveloppe plastique tirés en conduite ou fixés sur poteaux métalliques.

Le réseau de TOAMASINA

Endommagé par un typhon, en 1987 le réseau a été entièrement refait (câbles de Lyon) et adapté soit :

- 55 km de câbles souterrains
- 20 km de câbles aériens

Le réseau local de MAHAJANGA

C'est un réseau entièrement refait par les câbles de Lyon, soit :

- 70 km de câbles souterrains
- 5 km de câbles aériens

Le réseau local d'ANTSIRABE

Le réseau local est totalement à distribution directe, utilisant des câbles sous plomb, à isolant papier. L'état du réseau est mauvais car utilisant des câbles de mauvaise qualité et une distribution aérienne en fils nus. (800 abonnés) :

- 30 km de câbles souterrains
- 8 km en lignes aériennes

Le réseau local d'ANTSIRANANA

Le réseau d'ANTSIRANANA est totalement à distribution directe et constitué par des câbles souterrains sous plomb à isolant papier ainsi que quelques câbles thermoplastiques permettant de desservir 800 usagers :

- 25 km en câbles souterrains
- 5 km en câbles aériens
- La distribution s'opère par lignes individuelles en fils nus.

L'ingénierie mise en oeuvre pour les trois premiers sites est nettement meilleure (continuité d'écran assurée, boîte RP14 à 112 paires avec parafoudres à fort pouvoir d'écoulement sur prises de terre). L'expertise plus détaillée déterminera néanmoins des erreurs commises en protection aux répartiteurs d'entrée.

Partout ailleurs, les réseaux ne possèdent aucune protection en ligne. Des fusibles associés à des bobines thermiques et parafoudres ancien modèle équipent des têtes de câbles LMT, obsolètes.

II.4 Le Laboratoire National de Recherche en Télécommunications (LNRT)

L'Administration Malgache des PTT a créé un laboratoire national de recherche pour les télécommunications en avril 1985 afin d'appuyer son programme de développement.

II.4.1 Rôle et mission du LNRT

Le LNRT aura un rôle important dans le développement des télécommunications et les missions définies sont les suivantes :

- Activités de recherche et de développement, tendant à préparer la venue de nouveaux produits à définir, de nouvelles méthodes dans le domaine des télécommunications.
- Recettes techniques des matériels et des réalisations.
- Expertise et assistance technique auprès des services d'exploitation, aide à l'amélioration de la maintenance, transfert des connaissances nécessaires à la mise en oeuvre des nouveaux matériels.
- Homologation des matériels. Préparation des cahiers des charges et rédaction des spécifications techniques.
- Test, contrôle, réparation des cartes d'équipements électroniques au niveau national.
- Suivi de la fiabilité des équipements, analyse des fautes, proposition d'amélioration.
- Suivi de fabrication et rénovation des matériels spécifiques.
- Maîtrise technologique, formation.

II.4.2 Organisation du LNRT

Le LNRT est composé de :

- 3 divisions
- 4 comités
- 4 départements
- 3 ateliers

Le nombre total du personnel est de 100 agents, dont 8 ingénieurs et 50 techniciens spécialisés.

Les 4 comités sont :

- comité scientifique et technique (CST)
- comité de programme et de spécification (CPS)
- comité de coordination de recherche (CCR)
- comité de production et de contrôle (CPC)

Leur tâche est spécifiquement l'étude, l'évaluation et la coordination des thèmes de recherche.

Les 4 départements sont :

- Département électronique et signaux (DES)
- Département système (DSY)
- Département calcul et réseau (DCR)
- Département hyperfréquences et micro-ondes (DHM)

Leur tâche consiste principalement à effectuer des études expérimentales des différents projets.

Les ateliers sont :

- L'atelier de fabrication de prototype (AFP)
- L'atelier téléphone et télégraphe (ATT)
- L'atelier de transmission et radio (ATR)

Leur tâche consiste à la fabrication des équipements dont les prototypes ont été développés dans les départements.

Il est à noter que les agents du LNRT sont très motivés et enthousiastes pour mener les missions qui leur ont été confiées. Il leur manque les ressources techniques nécessaires tels que les instruments de test et de mesures, les équipements spécifiques dans le domaine de l'électronique appliquée et de l'informatique.

Il manque aussi des informations et des documents techniques comme la documentation nationale et internationale. (CEI, CCIR, CEN-CENELEC, CCITT ...).

Le contact avec d'autres laboratoires similaires à l'extérieur pourrait améliorer leur fonctionnement néanmoins, le LNRT a déjà établi une coopération technique avec plusieurs institutions dans le pays et à l'étranger par exemple :

- Le Centre National d'Etudes des Télécommunications (FRANCE TELECOM) convention signée le 8.12.1988.
- L'établissement d'enseignement supérieur polytechnique d'ANTANANARIVO etc...

Il existe également un manque de participation aux congrès et colloques internationaux dans les grands domaines, notamment la CEM (Compatibilité Electromagnétique).

En ce qui concerne la protection du réseau contre les phénomènes électromagnétiques, le LNRT ne possède aucune entité pour mener à bien les travaux nécessaires de ce domaine. Cette mission tente de combler cette lacune avec l'accord des responsables de Madagascar, en faisant les propositions indiquées dans la suite de ce rapport.

III ANALYSE DE LA SITUATION ET EXPERTISES

Les nombreuses expertises effectuées sur site ont montré la défaillance, lorsqu'ils existent, des systèmes de protection contre les perturbations. De plus, les normes d'ingénierie nécessaires ainsi que les règles de l'art ne sont pas appliquées. Un plan directeur de la protection du réseau des télécommunications doit être impérativement mis en oeuvre en harmonie avec le plan directeur de développement rédigé par l'UIT. Sinon les efforts réalisés dans la modernisation du réseau des télécommunications malgache risquent d'être anéantis par les orages et le développement anarchique du réseau électrique très perturbateur.

ANTANANARIVO

L'expertise a commencé par la visite successive du central automatique AXE spatial, du répartiteur général, de la salle d'équipements MIC (Modulation par impulsions et codage) desservant les périphériques d'ANTANANARIVO (satellites), de la salle d'énergie et du centre multiplex faisceaux hertziens à ANALAKELY.

A part l'utilisation d'éclateurs à air à la place de parasurtensions à gaz miniatures (parafoudres) sur le répartiteur général, la protection contre la foudre des divers équipements à ANALAKELY s'avère suffisante.

Quant à la station hertzienne à AMBOHIMITSIMBINA, elle présente les anomalies suivantes :

- les quatre pieds du pylône qui supporte l'antenne parabolique et l'échelle semblent ne pas être reliés et mis à la terre, seulement deux pieds y sont visiblement connectés,
- le paratonnerre sur le pylône n'est pas relié à la terre à l'aide d'une descente métallique (tresse en cuivre) mais à travers le ferrailage. Ce dernier n'étant pas bon conducteur, des gradients de potentiel peuvent subvenir et occasionner des claquages au niveau des équipements d'énergie et de transmission lors d'un foudroiement direct.
- Le bâtiment abritant les équipements n'a pas de ceinture extérieure à fond de feuilles ni de plan de masse,
- l'équipotentialité entre les masses du pylône, les équipements de transmission et l'énergie n'est pas réalisée. Il risque d'apparaître des gradients de potentiel et des dommages via les équipements lors d'un coup de foudre direct ou indirect sur la station.

La protection contre la foudre côté JIRAMA (distributeur d'énergie électrique) semble être correcte mais toutefois peut être améliorée en remplaçant les éclateurs à air à la transition aérosouterraine MT par des parasurtensions au carbure de silicium ou à Zno (Oxyde de Zinc).

Les centraux satellites desservant les zones périphériques de la capitale tombent fréquemment en panne dès qu'il y a un orage. L'expertise du satellite de TALAMATY a été effectuée. Une liaison par MIC 2G le relie avec le central AXE d'ANTANANARIVO.

La protection contre la foudre de cette station semble très précaire, en effet :

- le neutre du transformateur MT/BT n'est pas maîtrisé et nécessiterait la mise en oeuvre d'un transformateur séparateur à haute rigidité pour protéger la basse tension,
- le module de protection BT est sous-dimensionné d'où son claquage à chaque coup de foudre,
- l'absence de ceinture de masse extérieure et de plan de masse intérieur, alors qu'il existe des prises de terre séparées, met en péril les équipements,
- la présence de trous d'aération par lesquels la poussière environnante s'engouffre provoque des isolements de contacts. Cette pollution de l'atmosphère affecte la longévité des matériels et leur fonctionnement.

D'autre part, la liaison MIC côté TALATAMATY n'est pas protégée par des parafoudres. Ils ont été supprimés à cause de la terre de la JIRAMA qui provoquait par couplage une remontée de potentiel lors d'un foudroiement proche ou lointain. La perturbation pénétrait en effet par les parafoudres pour venir endommager les équipements et se propager sur les écrans des câbles et les lignes, puis s'acheminait vers les équipements d'extrémité situés au central.

Il est à noter que la distribution téléphonique récente par câbles d'ANTANANARIVO est correcte de par l'utilisation de câbles souterrains ou aériens écrantés et comportant des protections par boîte RP aux transitions aérosouterraines.

Néanmoins, le problème des voisinages avec les lignes d'énergie et les prises de terre des transformateurs n'a pas été traité. Cela laisse subsister, par couplage galvanique ou par induction, des surtensions pouvant détruire les matériels et affecter le fonctionnement des équipements. Par ailleurs, il n'est pas certain que les prises de terre aient une résistance devant être inférieure à 20 Ohms. (toutes les prises de terre doivent être mesurées).

MAHAJANGA

Le but de la mission est de déterminer les causes de foudroiement de la liaison monocoaxiale 3.6 MHz reliant ANTANANARIVO - MAHAJANGA (600 km), ainsi que des centres Multiplex et les répéteurs régénérateurs situés tout au long de son parcours.

A MAHAJANGA des expertises sur les systèmes de protection contre la foudre du Centre Technique Fil - du Centre Radio - du central sur remorque et d'une installation téléphonique privée ont été également effectuées.

Liaison monocoaxiale

Cette liaison est reconnue comme ayant une qualité de service téléphonique médiocre et totalement défectueuse pour les liaisons télex. Compte tenu du niveau kéraunique très élevé (140) et une résistivité apparente au moins égale à 1500 Ohms m dans cette région, des protections renforcées doivent être mises le long du câble coaxial par l'installation de grilles ou de filins protecteurs au-dessus de ce dernier.

L'expertise a commencé par la visite de la station de MAEVATANANA (200 km d'ANTANANARIVO) comportant un équipement multiplex. La règle d'ingénierie de protection n'est pas appliquée puisque :

- l'équipotentialité du bâtiment, des équipements de transmission, du central et de l'énergie n'est pas assurée. La prise de terre globale n'est pas connectée aux différents équipements. Le claquage fréquent des condensateurs du module d'alimentation est dû aux références multiples des prises de terre qui engendrent partout des remontées de potentiel. Elles provoquent aussi la destruction fréquente du premier répéteur côté MAHAJANGA, (carbonisation du pot amplificateur). Bien que des mesures correctives aient été tentées à ce niveau, le mal persiste et est dû aux remontées de potentiel de la terre de la station et du transformateur MT/BT aérien, situé à 2 mètres seulement du câble coaxial,

- les prises de terre ne sont pas assurées directement sur les bâtis des équipements par des tresses de cuivre, mais connectées aux ferrillages des chemins de câbles empêchant d'écouler correctement la perturbation de foudre (HF) à la terre, à cause de mauvais contacts. De ce fait le passage de véhicules au voisinage provoque des vibrations et modifie les références de réglage par rapport à la terre. Cela met en péril les réglages fonctionnels effectués et rend l'exploitation de la liaison quasi impossible.

Les têtes de câble ancien modèle, ainsi que la protection sur le répartiteur doivent être remplacées (inefficacité vis-à-vis de la foudre) et la continuité des écrans de câbles coaxiaux assurée. Il en est de même de la protection des lignes d'usagers opérée par tête de raccordement et de protection comportant : fusibles, bobines thermiques et parafoudres anciens modèles.

- les distances de voisinage avec les lignes électriques de la JIRAMA sont trop proches.

Le câble monocoaxial, ainsi qu'une boîte RP voisinant avec des poteaux électriques captent le courant foudre associé au courant de suite 50 Hz provoqué par les éclateurs à air de la JIRAMA. Cela produit des dégâts sur les équipements de télécommunications aux extrémités et au voisinage immédiat par couplage à chaque incident. La terre du neutre sur le transformateur MT/BT et la terre de protection des éclateurs et des masses doivent être découplées de façon à ce que les surtensions soient limitées à des valeurs non dangereuses. D'autre part, il a fallu alimenter le centre de MAEVATANANA par trois groupes électrogènes de 8 KVA chacun à cause de la mauvaise qualité de l'énergie basse tension. Ceci est une situation économiquement anormale et très lourde à exploiter.

La deuxième station visitée à AMBONDROMANY (450 km d'ANTANANARIVO) a présenté plusieurs anomalies :

- pas de potentiel terre sur le coffret d'entrée des câbles monocoaxiaux,
- l'écran du câble est utilisé comme prise de terre générale,
- la terre côté énergie est déconnectée,

- l'équipotentialité des divers équipements (transmission, commutation, énergie) n'est pas assurée,
- il n'y a pas de ceinture de masse extérieure ni de plan de masse intérieur.

Hôtel des PTT MAHAJANGA et centres techniques

A part l'absence des paratonnerres sur les pylônes, les mêmes défauts se retrouvent tels que :

- manque d'équipotentialité et de bonnes références de prises de terre sur les diverses installations,
- inexistence de masse extérieure de sécurité et de plan de masse intérieur,
- utilisation de petits éclateurs à air au lieu de parasurtensions à gaz miniatures sur le répartiteur du central remorque,
- protection par des éclateurs à air des lignes d'énergie JIRAMA qui se trouvent au niveau du transformateur MT/BT. Le neutre est d'ailleurs déconnecté, ce qui détruit les équipements électroniques d'extrémité (télex, téléimprimeurs, alimentations diverses), situés dans sa zone d'influence
- absence de transformateur séparateur sur les lignes d'énergie alimentant les équipements électroniques fragiles.

Les liaisons télex utilisant un concentrateur télégraphique téléc 60/20/1 n'ont jamais fonctionné correctement. Les réglages de niveau sont sans doute impossibles par l'inexistence de référence de potentiel stable comme indiqué précédemment. Le manque à gagner concernant l'inexploitation des 23 téléimprimeurs a été évalué à 1 milliard FMG par bimestre. C'est pour cette raison qu'une liaison radio est à l'étude pour suppléer à cette déficience.

Installation complexe privée de l'hôtel Roches Rouges

Une installation téléphonique privée (OPUS 25) a été visitée lors du même passage. Les règles suivantes auraient dû être appliquées :

- prise de terre domestique inférieure à 50 Ohms,
- installation de boîtiers RPI avec prise de terre dans le cas d'une distribution aérienne de l'abonné raccordé à la terre domestique,
- mise en place d'un transformateur séparateur haute rigidité (max 6 kV) sur la ligne d'énergie et éventuellement des modules de protection complémentaires à varistances dimensionnées en conséquence.

Expertise au Sud de MADAGASCAR

Le deuxième voyage d'expertise a été effectué au sud de MADAGASCAR avec une focalisation sur les stations hertziennes desservant les abonnés de ces régions. L'infrastructure générale est quasi-identique d'un site à l'autre et intègre une station de faisceaux hertziens associée à un central automatique ou des standards à batterie locale d'importance variable.

AMBATOLAMPY (69 km d'ANTANANARIVO) (FH NEC)

Il est nécessaire d'ajouter une ceinture enterrée en feuillard pour le bâtiment abritant les équipements de commutation automatique TAF 100. Les vieilles têtes de câble type LMT (parafoudres, bobines thermiques, fusibles) sont à remplacer comme précédemment. L'équipotentialité entre les bâtiments, et les équipements de transmission, de commutation et d'énergie doit être toujours la règle. Le conducteur de terre (jaune/vert) à multibrins sous-dimensionné doit être remplacé par de la tresse.

Les terres du neutre et de masse du transformateur MT/BT de la JIRAMA sont à découpler. Des parasurtensions au carbure de Si ou ZNO doivent remplacer les éclateurs à air qui le protègent.

Du côté abonné, en prenant l'exemple d'AMBATOLAMPY, la mise en place d'une boîte RPI (Raccordement/protection/l paire) sur la ligne aérienne extérieure est nécessaire pour la protection contre la foudre. Cette dernière doit être raccordée à une prise de terre de résistance inférieure à 50 Ohms.

Enfin, il faut noter que l'équipotentialité entre les équipements (microondes, énergie, transmission, citerne à fuel) est déjà assurée. Néanmoins, le cas du pylône doit être traité comme dans le cas d'AMBOHIMITSIMBINA.

ANTSIRABE 170 km d'ANTANANARIVO FH NEC

L'équipotentialité des équipements de transmission, de commutation et d'énergie a été bien réalisée par tresse de cuivre. Néanmoins, la protection du pylône supportant l'antenne doit être améliorée (paratonnerre - descente, équipotentialité, prise de terre) suivant les règles déjà indiquées :

- l'énergie triphasée 380V a été traitée par un coffret de parafoudres BT qui sont insuffisamment calibrés. Il est nécessaire de rajouter un absorbeur d'ondes associé à un transformateur séparateur à haute rigidité,
- les deux transformateurs MT alimentant la transmission et la commutation comportent les mêmes anomalies que celles déjà citées (éclateurs à air, couplage direct terre du neutre-terre des masses),
- les têtes à protection du répartiteur ancien modèle sont à remplacer.

FIANARANTSOA (440 km d'ANTANANARIVO) TFH 2506 THOMSON

Le pylône comporte les mêmes anomalies que partout ailleurs (paratonnerre au ferrailage, pas de descente en cuivre). Les éclateurs à air sont à supprimer sur les têtes de type 65 comportant des fusibles mais sans parafoudres miniatures :

- l'énergie est distribuée par transformateur en cabine basse dont la résistance de prise de terre est de 5 Ohms. Elle est donc supérieure à la valeur normalisée de la CEI qui est rappelons-le, de 1 Ohm,
- la distribution des masses s'opère par les chemins des câbles en fer et la connexion est à vérifier car trouvée déficiente,
- les éclateurs à air de la transition aérosouterraine du transformateur cabine basse doivent être supprimés et remplacés par des parasurtensions ZNo ou au carbure de silicium.

RANOMAFANA (50 km de FIANARANTSOA) FH THOMSON - Standard BL

La prise de terre générale des équipements de transmission est ramenée du pylône par le guide d'ondes. Il est donc impératif de créer une prise de terre avec ceinture de bâtiment et plan de masses.

Ce pylône doit être traité comme indiqué précédemment. Le répartiteur d'entrée des abonnés comporte des protections (fusibles BT et parafoudres anciens modèles) dont la prise de terre est raccordée au mur par une vis ce qui est à proscrire impérativement. La connexion doit être effectuée à la ceinture citée précédemment. L'alimentation en énergie triphasée est protégée par un absorbeur d'ondes et un coffret de parafoudres BT dont l'installation est correcte.

D'autre part, le renvoi fréquent par le standard d'une ligne longue d'abonné non protégée transmet directement les perturbations au système multiplex, qui est l'objet de nombreuses détériorations lors d'orages. Cette ligne aérienne doit être protégée par des boîtiers à parafoudres sur son parcours. Les éclateurs à air sont à supprimer sur le transformateur aérien alimentant le centre.

CONCLUSIONS

Les différentes expertises effectuées ont montré qu'une grande partie des destructions des matériels et équipements de télécommunications sont dues aux phénomènes électriques (énergie) et électromagnétiques (foudre) de manière directe ou indirecte par induction ou couplage (capacitif - inductif - résistif). Les phénomènes perturbateurs, particulièrement agressifs, associés à une protection très déficiente par sa mise en oeuvre, ne peuvent qu'entraîner une détérioration du réseau existant si des mesures énergiques ne sont pas immédiatement prises (voir suite à donner).

Néanmoins, les mesures préconisées ne prennent en compte que la survie des équipements actuels. Toute évolution, des réseaux de transmission, de commutation, de distribution et d'abonnés nécessitera une maîtrise plus complète des phénomènes perturbateurs et l'application d'une méthodologie cohérente en protection comme il est indiqué dans la suite du document.

IV - LES REGLES DE L'ART

Les recommandations internationales pour la protection du réseau ainsi que celles des usagers et des personnels sont publiées et mises à jour périodiquement par les divers organismes tels que le CCITT et le CCIR, l'UIT, la CEI, la CEPT et le CENELEC. Leur application après adaptation aux caractéristiques propres de l'environnement local du pays relèvent de la compétence nationale qui doit tenir compte en même temps de l'évolution sans cesse croissante des technologies du domaine.

Il existe actuellement des théories sur la modélisation des éléments perturbateurs du réseau qui sont fondées sur des recherches fondamentales et appliquées dans plusieurs laboratoires. De celles-ci découlent des méthodologies et des normes d'installation ainsi que les spécifications techniques des équipements de télécommunications qui devront être appliquées par les services d'exploitation lors de la mise en oeuvre des réseaux.

A terme, il est indispensable que les connaissances déjà acquises en protection et appliquées dans de nombreux pays soient aménagées pour le réseau de MADAGASCAR. Le plus urgent consiste en la remise à niveau du réseau actuel et, à ce titre, il s'avère primordial de mener correctement des actions ponctuelles à court terme qui sont décrites dans le chapitre suivant. Ceci constituera par ailleurs une base pour l'édification du futur réseau qui sera entièrement numérique, selon le plan directeur de l'UIT, à l'horizon 2000.

Pour cette raison, deux conférences débats ont été réalisées à une vingtaine de cadres des télécommunications pour, dans une première partie, leur exposer les phénomènes perturbateurs, et dans une deuxième partie, la présenter les moyens et systèmes de protection à mettre en oeuvre. Ces conférences ont apparemment suscité un vif intérêt de par le nombre de questions pertinentes qui ont été posées.

V - PLAN D'ACTION PRIORITAIRE DE SAUVEGARDE

Un document simple décrivant les actions correctives immédiates sur les ouvrages de télécommunications sera élaboré par une équipe locale préalablement formée (cf annexe FORMATION) et qui traitera particulièrement des différents domaines suivants à savoir :

Les commutateurs téléphoniques

Des mesures adéquates sont à prendre au niveau :

- . des composants de protection en évitant à tout prix l'utilisation des éclateurs à air,
- . de la réalisation et la mesure des prises de terre qui devront être dans tous les cas mesurées et inférieure à 1 Ohm pour les commutateurs importants de classe III et les centres de transmission et à 5 Ohms pour commutateurs et centres manuels de classe IV,
- . de l'alimentation en énergie électrique par l'installation d'un transformateur séparateur, la mise en place d'absorbeurs d'ondes BT et des coffrets de parasurtensions pour le renforcement de la protection,
- . de la réalisation d'une ceinture de terre en tresse métallique lorsqu'elle n'existe pas, raccordée à un plan de masse interne sur lequel sont connectées toutes les parties métalliques, le pôle positif de la batterie, etc...).

Les équipements de transmission

- 1 - Pour les satellites d'ANTANANARIVO qui sont reliés au commutateur AXE par du système MIC 2G, les fils des quartes doivent être protégés.
- 2 - Les pylônes doivent être tous équipés de paratonnerre avec une descente en tresse à chaque membrure. Il faut assurer entre autres :
 - l'équipotentialité des supports ou pieds,
 - l'équipotentialité des pylônes et des bâtiments,
 - la vérification périodique des prises de terre doit s'opérer périodiquement,
 - le renforcement de la protection sur le pied du pylône opposé au bâtiment par une "patte d'oie" de 15m déployée avec un angle de 30°.

3 - Pour les stations de multiplexage et télégraphiques, il faut assurer :

- les prises de terre,
- la protection par transformateur séparateur et modules de protection BT,
- l'équipotentialité entre les masses des écrans et les prises de terre des équipements et bâtiments de centre.

4 - Les règles suivantes devront être appliquées pour ce qui concerne le réseau de distribution en câbles et lignes :

- la mise en place obligatoire de boîtes RP aux transitions aéro-souterraines ainsi que sur les lignes déterminées comme de voisinage dangereux (induction, couplage),
- la résistance de prise de terre des boîtiers de raccordement (RP) devra être inférieure à 20 Ohms,
- la mise à la terre du porteur du câble aérien se fera tous les 600m ou 300m suivant la résistivité du sol, sauf pour les poteaux métalliques, qui ne peuvent, pour des problèmes de corrosion être interconnectés entre eux. $R < 20$ Ohms.
- La distance entre les prises de terre des masses des transformateurs MT/BT aériens de la JIRAMA et celles des ouvrages de télécommunications sera de :
 - 8m pour une résistivité du sol inférieure ou égale à 500 Ohms-mètre,
 - 16m pour une résistivité du sol comprise entre 500 et 3000 Ohms-mètre,
 - 24m pour une résistivité du sol supérieure à 3000 Ohms-mètre.
- les mesures des surtensions résultant des effets d'induction et de déséquilibre des lignes HT seront effectuées afin d'apporter les actions correctives appropriées.

5 - En ce qui concerne l'énergie MT/BT deux cas sont à considérer :

- Transformateur aérien

Il faut supprimer les éclateurs à air sur les transformateurs alimentant les ouvrages de télécommunications et les installations complexes. On peut les remplacer soit par des varistances ZNO ou par des résistances non linéaires au carbure de Silicium. D'autre part, la résistance de la prise de terre des masses et des éclateurs ne devrait jamais dépasser 30 Ohms (à négocier avec le distributeur d'énergie).

Enfin il faut toujours s'assurer du découplage des terres de masse et des terres du neutre dont le coefficient est à calculer pour empêcher toute rejection de tensions considérées comme dangereuses et destructrices (voir directives du CCITT).

- Transformateur cabine basse

Il faut que la résistance de terre soit inférieure à 1 Ohm sinon il faudra découpler les terres de masse et les terres du neutre. De plus, dans le cas où l'alimentation des centres de télécommunications est en MT, l'équipotentialité doit être vérifiée entre la prise de terre du transformateur et la prise de terre du centre.

6 - Quant aux installations des usagers, il faut aussi prévoir un transformateur séparateur d'alimentation, sur les terminaux utilisant le secteur, l'équipotentialité avec la terre domestique de la prise de terre des télécommunications associée à un boîtier de protection (RP) contenant des parafoudres tripolaires à fort pouvoir d'écoulement.

7 - Les prises de terre des bâtiments doivent être toujours équipotentialles avec celles des équipements.

Une liste détaillée des matériels et appareils de mesure nécessaires pour effectuer les actions suscitées est donnée en annexe II. Ces actions sont impératives mais non limitatives. Il est certainement nécessaire d'approfondir le domaine de la protection électromagnétique lors du développement des réseaux futurs numériques ou autres. Néanmoins, si les actions déjà citées sont bien réalisées, l'acquis se répercutera favorablement pour les actions à venir. La documentation nécessaire à l'exécution de ces travaux est listée en annexe VI. La supervision de l'exécution de ces travaux pourrait faire l'objet d'une convention bilatérale.

VI - ORGANISATION DE LA PROTECTION AU LNRT

(cf annexe III - Organisation). Le département Protection du réseau mis en place, le LNRT sera à même de prendre en charge des prestations de service telles que :

- la rédaction des spécifications de protection et des normes,
- la rédaction des instructions concernant les installations d'énergie et des matériels de télécommunications,
- les tests des équipements en protection qui serviront d'appui technique aux travaux de la commission d'agrément et d'admission du Ministère des PTT,
- les interventions sur les sites avec la possibilité d'entreprendre des analyses approfondies des incidents,
- les études et la rédaction des cahiers de charge des matériels de protection à développer par le biais de marchés d'études et de développement,
- les travaux de recherche sur les perturbations électriques et électromagnétiques.

Le service de la documentation du LNRT devrait être doté des moyens techniques nécessaires pour assurer la formation sur place des techniciens ainsi que les travaux d'édition et de conception de cours s'y afférant : documents - publications diverses - supports de cours en livres et cassettes vidéo - plaquettes de sensibilisation - rétroprojecteurs - photocopieuses - tables traçantes... Des séminaires, visites ou expositions seront à programmer en vue de la sensibilisation aux techniques de protection à utiliser. On se référera au paragraphe relatif à la réalisation du centre pilote qui serait à rattacher au Département protection du réseau.

Ce département pourrait être composé de 3 unités fonctionnelles qui seraient :

- Unité "Etude et Développement"

Cette unité s'occuperait principalement des investigations et recherches appliquées tendant une meilleure connaissance scientifique des perturbateurs et portant sur l'amélioration des systèmes de protection en région tropicale. Elle constituerait une base de données nationales des caractéristiques d'équipements, des statistiques d'exploitation et des modèles trouvés.

Elle aurait aussi pour attribution la rédaction des spécifications, des instructions techniques celles rédigeant le cahier des charges des matériels en protection à développer.

- Unité "Tests et Contrôle"

L'unité "Tests et Contrôle" est un laboratoire réalisant les tests des équipements en exploitation.

Elle permettrait aussi la validation des prototypes de systèmes ou modules de protection avant l'introduction dans le réseau.

- Unité "Intervention sur site"

Cette équipe effectuerait tous les travaux de reconnaissance et d'intervention sur site avec les techniciens des services opérationnels.

D'autre part, l'équipe pourrait entreprendre des campagnes de mesures sur les sites à haute densité de perturbation (niveau kéraunique).

Elle serait de ce fait l'organe d'appui technique des équipes sur site en supervisant les améliorations décidées, l'opportunité des modifications et opérant la maintenance des équipements.

Remarques importantes :

- . Le LNRT mettra en place au fur et à mesure de l'avancement des travaux et si cela s'avère utile une entité décentralisée au niveau régional pour traiter les problèmes de protection.
- . Le département sera appuyé par le service de la documentation comme tous les autres départements, par la mise à disposition d'ouvrages et de revues scientifiques et techniques.

Des acquisitions seraient alors nécessaires pour obtenir les normes internationales de protection et de sécurité en vigueur publiées par les divers organismes tels que le CCITT (directives et avis), la CEI, le CENELEC, l'UTE (annexe VI).

Une liste des matériels et instruments de mesures à acquérir par entité se trouve en annexe IV.

VII - REALISATION D'UN CENTRE PILOTE

Un centre pilote universel servira de lieu d'expérimentation et de validation des modifications à apporter aux systèmes de protection mis en place, ainsi que la validation des prototypes fabriqués localement.

Il pourra servir aussi de lieu :

- de tests d'exploitation des matériels en fonctionnement réel,
- de formation des agents,
- et d'exposition nationale et régionale des matériels de télécommunications réalisés dans les règles de l'art de la protection contre la foudre et les intempéries naturelles.

Ce centre pilote des télécommunications fonctionnera en exploitation réelle comme une station intégrée de commutation et de transmission qui offrira tous les nouveaux services de télécommunications dans une zone rurale rattachée directement à un centre à autonomie d'acheminement.

Le choix stratégique du lieu se fera à partir des données du plan directeur de l'UIT et en tenant compte d'autres objectifs à caractère commercial, par exemple site touristique, zones industrielles...

Une description du centre se trouve en annexe IV où l'on donne sa composition détaillée (bâtiment standard - station d'énergie secourue et bien protégée - système de commutateurs numériques à moyenne capacité - équipements de transmission numérique avec pylônes et antennes equipotentiels - salle informatique et de gestion reliée au centre principal d'exploitation d'ANTANANARIVO.

VIII - DEVELOPPEMENT INDUSTRIEL DES MATERIELS DE PROTECTION

Les spécifications des matériels de protection à industrialiser à MADAGASCAR doivent être rédigées en priorité. De par l'ampleur des travaux à exécuter dans le cadre de la protection, l'importation desdits matériels, pourtant de nature très simple s'avèrerait à la longue trop coûteuse pour le pays de par leur quantité.

Il s'agit donc de fabriquer :

- des matériels d'ingénierie tels que

- des matériels et accessoires d'installation (feuilards de cuivre pour les ceintures intérieures et extérieures des bâtiments),
- des tresses et des câbles multibrins de cuivre,
- des piquets de terre en acier galvanisé,
- des grilles cylindriques en acier galvanisé à dérouler,
- et des visseries et dispositifs de connexion tels que les barrettes d'isolement des prises de terre.

- des matériels de connectique tels que

- des boîtiers de raccordement en wrapping à vis ou connexion autodénudante (CAD)
- des boîtiers de raccordement et de protection,
- des réglettes de raccordement des têtes de répartiteurs et des chemins de câbles en acier.

- des modules de protection et coffret

- à varistances et à parafoudres BT pour la protection du secteur,
- à composants divers tels que les parasurtensions, les diodes, les varistances, les thermistances, les trisils, les selfs... pour les lignes de télécommunications,
- à transformateurs 110 et 220 Volts à haute rigidité (8 et 15 kV alternatif) selon la puissance utilisée.

- des matériels électroniques de distribution tels que

- les multiplexeurs 1 voie pour la desserte en ligne de transmission des sites à potentiel élevé,
- les amplificateurs de lignes.

- des détecteurs d'orage associés à des compteurs

Il s'agit de détecteurs d'orages basés sur le champ électromagnétique rayonné à 100 - 120 kHz avec un seuil réglable de 1 à 5km qui seraient associés à un compteur électronique. Ce système étanche serait à mettre sur tout bâtiment des télécommunications pour l'analyse du niveau kéraunique des zones considérées.

- des alimentations sécurisées de faible puissance pour courant alternatif et continu

Il est évident que de telles actions industrielles pourront être favorablement concrétisées par des accords bilatéraux ou par participation des opérateurs privés nationaux ou étrangers.

Les moyens de production et les investissements en personnel, machines, outillages et matériels seront définis ultérieurement en fonction des choix retenus.

IX - FORMATION ET ASSISTANCE TECHNIQUE

Le volet formation constitue un élément primordial de succès du projet puisqu'il s'agit surtout d'un transfert de technologie. Cette action doit se concrétiser par :

- des envois en stage d'une durée suffisante de cadres et techniciens du nouveau département dans le domaine des études de perturbations électromagnétiques,
- des visites de laboratoires ayant des entités de protection, expérimentant différents types de simulateurs et effectuant des tests de tenue d'équipements en environnement électrique et électromagnétique,
- des visites sur sites relatives aux applications des instructions spécifiques pour l'ensemble des équipements,
- des visites en usines de fabrication d'équipements, de composants et de modules de protection d'énergie.

Pour des projets d'envergure à moyen et long terme, il serait préférable que le LNRT passe des conventions de coopération scientifique et technique avec des centres de recherche en protection et en environnement.

D'autre part, un volet suivi de l'opération "Protection et sécurité du réseau à MADAGASCAR" permettra d'effectuer des bilans périodiques afin d'évaluer les gains acquis par l'exécution du projet et de pouvoir déterminer les conditions d'exportabilité des méthodes aux pays ayant à affronter des difficultés similaires, notamment les pays africains.

X - REGLEMENTATION NATIONALE SUR LA PROTECTION ET LA SECURITE

La réglementation nationale sur la protection et la sécurité des équipements et des usagers de télécommunications relève toujours de l'Administration qui établit avec les intervenants des arrêtés interministériels. Deux commissions techniques devraient être créées afin d'harmoniser les actions pluridisciplinaires :

Commission nationale énergie et perturbations

C'est une commission qui serait composée des PTT (Direction des télécommunications, de la Société JIRAMA et du MIEM (Ministères de l'Industrie, de l'Energie et des Mines). Les études en groupe de travail porteront particulièrement sur :

- la qualité de la basse tension,
- le voisinage des réseaux de distribution, des sites HT et des dessertes par lignes de télécommunications des sites dangereux en remontée de potentiel.

Commission de spécification des équipements à l'environnement

C'est une commission qui agréerait les spécifications locales des équipements établis par le LNRT. Elle pourrait réunir les représentants des industriels et des installateurs privés ainsi que les services opérationnels des télécommunications.

A ce propos, il est à souligner que l'élaboration des normes d'ingénierie de protection est étudiée au niveau du LNRT et des services opérationnels de télécommunications.

ANNEXE I

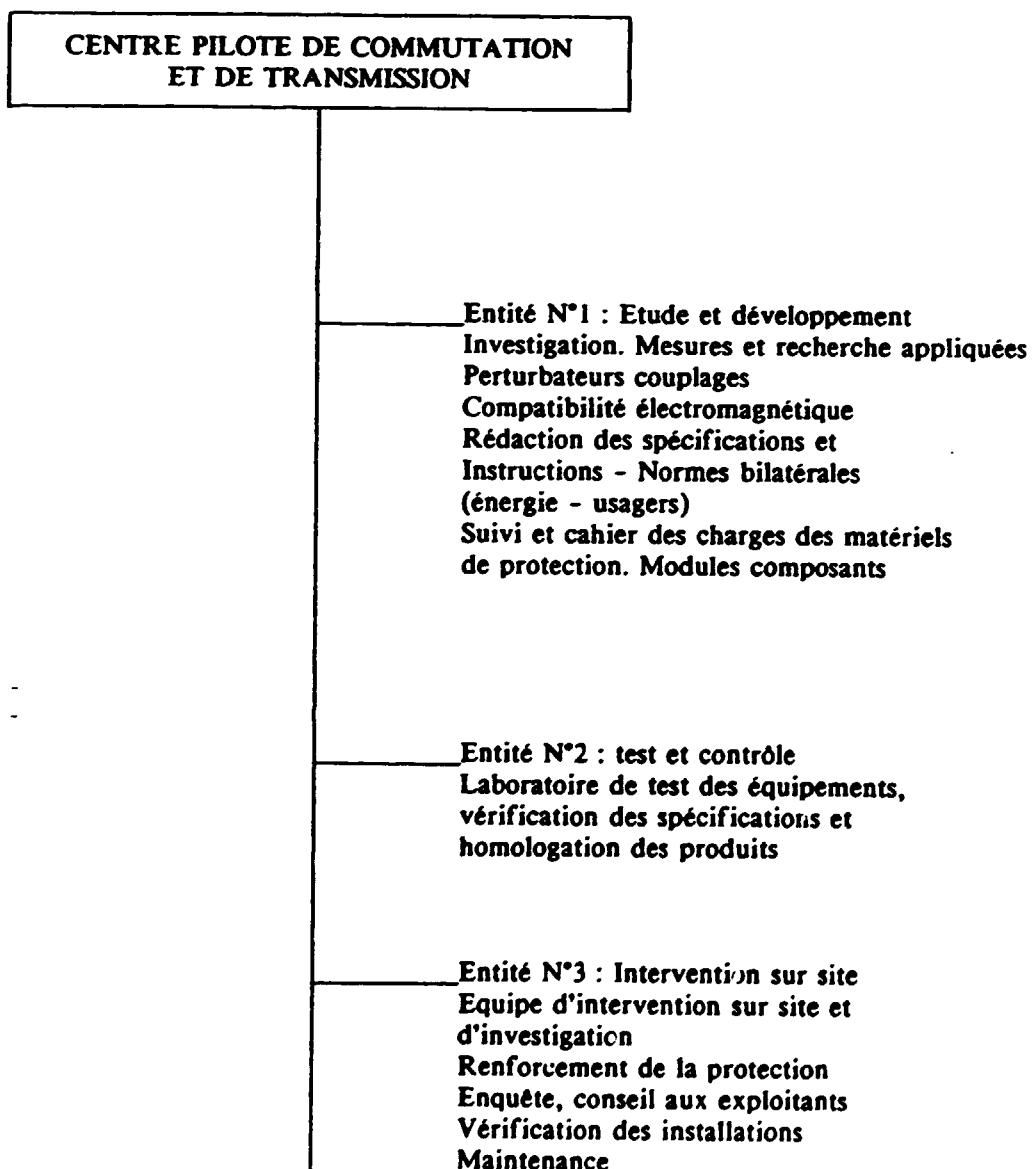
LISTE DES PARTICIPANTS AUX EXPERTISES

M. Maurice ROUDEAU	Expert France Télécom en Protection en mission pour l'ONUDI
M. Mamiharilala RASOLOJAONA	Chef du Laboratoire National de Recherche en Télécommunications (LNRT)
M. Gilbert ANDRIANIRINA	Ingénieur du LNRT
M. William RANDROSOARISON	Ingénieur du LNRT
M. Toussaint RANAIVOMANANA	Ingénieur du LNRT
M. David RAKOTOVAO	Ingénieur du LNRT
M. Aimon RAKOTONJANAHARY	Technicien du LNRT
M. Henri HARIMANANA	Technicien du LNRT
M. Aimé RAKOTOARIVELO	Technicien du LNRT

ANNEXE II

MATERIELS ET APPAREILS A APPROVISIONNER D'URGENCE (40 SITES)

. Câble, multibrins 8mm cuivre 1000 m x 10 F	10 000 FF	10 KF
. Tresses cuivre 30mm2 1000 m x 20 F	20 000 FF	20 KF
. Tresses cuivre 50mm2 2000 m x 25 F	50 000 F	50 KF
. Matériel de connexion/boulons.....	20 000 FF	20 KF
. Piquets de terre 500.....	10 000 FF	10 KF
. Grilles de terre 200m.....	20 000 FF	20 KF
. 20 Transformateurs 4kW et rigidité 15 KV.....	160 000 FF	160 KF
. 40 Transformateurs 500W Rigidité 10 KV	80 000 FF	80 KF
. 1 Enregistreur de perturbations électriques (DRANETZ) (DELEF).....	140 000 FF	140 KF
. 10 Lots d'outillages (perçuses, mèches à béton, outils individuels) etc	80 000 FF	80 KF
. 10 Absorbeurs d'ondes BT.....	100 000 FF	100 KF
. 10 Coffrets parafoudres BT (triphase).....	80 000 FF	80 KF
. 1000 Boîtes RPI équipées.....	40 000 FF	40 KF
. 5000 Parafoudres miniatures type 65.....	40 000 FF	40 KF
. 5000 Parafoudres fort écoulement	50 000 FF	50 KF
. 100 modules de protection secteur.....	160 000 FF	160 KF
. 5 Terra contrôle pour mesure de résistivité et R prise de terre.....	40 000 FF	40 KF
. 5 Testeurs de parafoudres	60 000 FF	60 KF
. Formation aux méthodes de protection 2 ING + 2 TS (4Homme/mois).....	160 000 FF	160 KF
T O T A L.....	1 320 000 FF	1 320 KF

ANNEXE III**ORGANISATION DU DEPARTEMENT PROTECTION ET ENVIRONNEMENT
ELECTRIQUE ET ELECTROMAGNETIQUE**

INSTRUMENTS DE MESURES ET EQUIPEMENTS NECESSAIRES

ENTITE N° 1 : ANALYSE ET INVESTIGATION

. 1 Analyse de réseau (centrale de mesure).....	300 000 FF	300 KF
. 1 Banc de mesure des paramètres primaires et secondaires des câbles - facteur réducteur.....	80 000 FF	80 KF
. 5 Détecteurs de foudre.....	50 000 FF	50 KF
. Des logiciels d'utilisation des modèles de pertur- bateurs. Induction et protection pour action protection = programme de calculs.....	50 000 FF	50 KF
. 1 Equipement de traitement de texte logiciel - imprimante, etc.....	45 000 FF	45 KF
. Documentation CCITT, CCIR, CEI, CENELEC.....	100 000 FF	100 KF
	-----	-----
<u>TOTAL</u>	635 000 FF	635 KF

ENTITE N° 2 : LABORATOIRE SECURISE

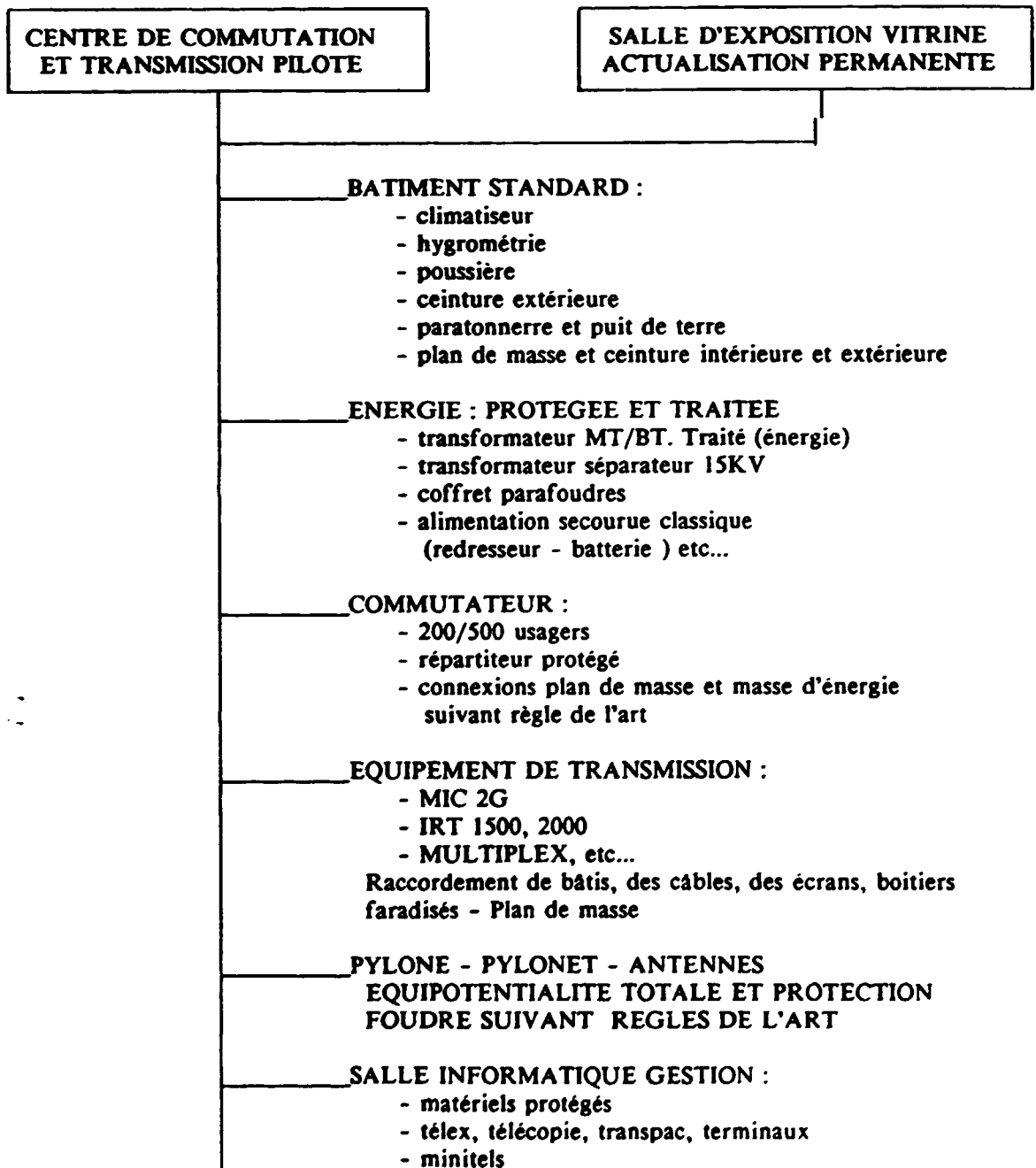
. Equipements de sécurité.....	50 000 FF	50 KF
. Baie d'essais normalisée à l'environnement électrique.....	450 000 FF	450 KF
. Générateur de courant 8/20 microsec. 30 KA.....	300 000 FF	300 KF
. Microcoupures secteur.....	10 000 FF	10 KF
. Parasites HF 801/4 CEI.....	140 000 FF	140 KF
. Décharges électrostatiques 801/2 CEI.....	4 000 FF	4 KF
. Oscilloscope haute tension à mémoire.....	60 000 FF	60 KF
. Rigidimètres et appareils classiques, oscilloscopes portables ...	100 000 FF	100 KF
. Générateur de tension 1,2 x 50microsec 0,5/700 microsec. - 10 kV.....	70 000 FF	70 KF
	-----	-----
<u>TOTAL</u>	1 184 000 FF	1 184 KF

ENTITE N° 3 : INTERVENTION SUR SITE

. Mesure de prise de terre - Matériel de dépannage et de maintenance.....	100 000 FF	100 KF
. Véhicule adapté.....	110 000 FF	110 KF
	-----	-----
<u>TOTAL</u>	210 000 FF	210 KF
<u>TOTAL GENERAL</u>	2 029 000 FF	2 029 KF

ANNEXE IV

ORGANISATION DU CENTRE PILOTE



CENTRE PILOTE

. BATIMENT PROTEGE ET AMENAGE	1 800 000 FF	1 800 KF
- 2 bureaux		
- 1 salle de conférence		
- 1 salle d'exposition		
- 1 salle d'énergie		
- 1 salle d'équipements (transmission - commutation)		
- 1 salle informatique de gestion		
. PYLONE 20 M DE HAUT	300 000 FF	300 KF
. ENERGIE SECOURUE	400 000 FF	400 KF
. COMMUTATEUR 200 Abonnés extensible 500.....	250 000 FF	250 KF
. EQUIPEMENTS DE TRANSMISSION	350 000 FF	350 KF
- MIC 2 g		
- Système hertzien (IRT/ACR)		
- MULTIPLEX		
. SALLE DE GESTION		108 KF
- Telex.....	30 000 FF	30 KF
- Téléphonie	5 000 FF	5 KF
- Télécopie.....	8 000 FF	8 KF
- T. Données.....	15 000 FF	15 KF
- Minitels	5 000 FF	5 KF
- Informatique	45 000 FF	45 KF
. ENSEMBLE DE LA PROTECTION	250 000 FF	250 KF
- paratonnerre		
- ceinture externe		
- ceinture interne		
- plan de masse		
- équipotentialité		
- prises de terre		
- répartiteur protégé		
TOTAL	3 458 000 FF	3 458 KF
ARRONDI à		4 000 KF

ANNEXE V

Formation des cadres - Actions diverses

I - ENVOI EN STAGE

- Visites de laboratoires d'études et d'expertise (CNET par exemple) : 5 ingénieurs et techniciens.
- Visites sur sites de l'application des instructions par une compagnie exploitante
 - . services des lignes (distribution et usagers)
 - . des câbles régionaux et nationaux
 - . bâtiments
 - . énergie
 - . équipements de transmission
 - . commutateurs et centres informatiques

Sous total I..... 100 KF

II - VISITES AUX INDUSTRIELS

- fabricants de composants de protection
- fabricants de modules de protection
- fabricants de protections électriques MT/BT/HT
- test des équipements à l'environnement électrique et en compatibilité électromagnétique

Sous total II..... 60 KF

III - ACCORDS BILATERAUX LNRT/CENTRES DE RECHERCHE EN PROTECTION

Sous total III..... 40 KF

IV - SUIVI DE L'OPERATION "MADAGASCAR"

- bilan périodique
- gain acquis
- exportabilité de la méthode

Sous total IV 100 KF

Total général 300 000 KF 300 KF

ANNEXE VI

LISTE DES DOCUMENTS

I Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique CCITT - publiés par U.I.T. (Genève)

- Protection des lignes et installations de Télécommunications contre la foudre (CHAP 6.7.8), ed 1978.
- Mise à la terre des installations de Télécommunications 1976.
- Directives concernant la protection des lignes de Télécommunications contre les actions nuisibles des lignes électriques.
- Avis de la série K et L

II Union Européenne de Radiodiffusion UER.

Centre technique de l'UER.

Avenue Albert Lancaster

32, B 1180 BRUXELLES BELGIQUE

- Protection des stations de radiodiffusion contre la foudre :

par GB Lo Piparo

J. Belcher, W Gräf, H Kikinger.

III Commission Electrotechnique Internationale (CEI)

normes CEI

Bureau Central de la CEI

1 Rue de Varembe

GENEVE (SUISSE)

Guide 105 : Principes concernant la sécurité des matériels reliés électriquement à un réseau de télécommunications.

CEI.65 : Règles de sécurité pour les appareils électroniques et appareils associés à usage domestique ou à usage général analogue.

Publication 950 : Sécurité des matériels de traitement de l'information y compris les matériels de bureau électriques.

Publication 60.1 : Techniques des essais haute tension 1° partie : définitions et prescriptions générales relatives aux essais.

Publication 60.2 : Techniques des essais haute tension 2° partie : modalités d'essais.

Publication 60.3 : Techniques des essais haute tension 3° partie : dispositifs de mesure.

Publication 60.4 : Techniques des essais haute tension 4° partie : guide d'application des dispositifs de mesure.

479-1 : Effets du courant passant par le corps humain 1° partie : effets généraux. Impédance électrique du corps humain. Effets du courant alternatif de f comprise entre 15 Kz et 100 Hz. Effet du courant continu.

479-2 : Effets du courant passant par le corps humain. Aspects particuliers. Effets du courant alternatif $f > 100$ Hz. Effets des courants de formes d'ondes spéciales. Effets des courants d'impulsion unique de courte durée.

**364-1 : Installation électrique des bâtiments
1° partie : domaine d'application, objet et définitions.**

**364-2 : Installation électrique des bâtiments
2° partie : principes fondamentaux.**

**364-3 : Installation électrique des bâtiments
3° partie : détermination des caractéristiques générales.**

364-3 : modification 364 - 3 (1979)

364-3A : complément 364 - 3 (1980)

364-3B : complément 364 - 3 (1980)

364-4-41 : Installation électrique des bâtiments

4° partie : protection pour assurer la sécurité : chocs électriques.

364-4-42 : Installation électrique des bâtiments

4° partie ; les effets thermiques

364-4-43 : Installation électrique des bâtiments

4° partie : les surintensités

364-4-45 : 4° partie : les baisses de tension.

Publication 664 : Coordination de l'isolement dans les systèmes (réseaux) à basse tension
y compris les distances d'isolement dans l'air et les lignes de fuite des matériels.

Publication 664 A : Compléments à la publication 664.

801-1 : Compatibilité électromagnétique pour les appareils de mesure et de commande
dans les processus industriels 1° partie : introduction générale.

801-2 : Compatibilité électromagnétique pour les appareils de mesure et de commande
dans les processus industriels 2° partie : prescriptions relatives aux décharges
électrostatiques.

801-3 : Compatibilité électromagnétique pour les appareils de mesure et de commande
dans les processus industriels 3° partie : prescriptions relatives aux champs de
rayonnements électromagnétiques.

801-4 : Compatibilité électromagnétique pour les appareils de mesure et de commande
dans les processus industriels 4° partie : prescriptions aux transitoires rapides en
salves.

801-5 : En préparation.

IEE : Institut of Electrical and electronics engineer

INC 345 EAST 47th street

NEWYORK 100 17

Guide for surge voltages in low voltage AC power circuits.

UTE union technique de l'électricité

Immeuble Lavoisier

4, place des Vosges

LA DEFENSE 5 COURBEVOIE

NF C.32020 : Méthodes d'essais pour les enveloppes isolantes et les gaines des câbles électriques rigides et souples (mélanges élastomères et thermo-plastiques).

NF 32021 : Méthodes d'essais applicables aux câbles utilisés dans des conditions spéciales.

NFC 14100 : Installations de branchement de 1ère catégorie. (Règles)

NFC 13100 : Postes d'abonnés établis à l'intérieur d'un bâtiment et raccordés à un réseau de distribution de 2ème catégorie.

NFC 61740 : Parafoudres pour installation basse tension

NFC 98010 : Matériel téléphonique ou télématique : sécurité des terminaux téléphoniques.

NFC 17100 : Installations de paratonnerres.

NFC 98020 : Compatibilité électromagnétique.

NFC 92130 : Appareils électroniques et appareils associés à usage domestique ou à usage général analogue relié à un réseau.

C. 15531 : Guide pratique. Protection contre les surtensions d'origine atmosphérique. Installation de parafoudres

NFC 13100 : Postes de livraison établis à l'intérieur d'un bâtiment et alimentés par un réseau de distribution publique.

NFC 20040 : Lignes de fuites et distances d'isolement dans l'air

NFC 15100 : Installations électriques basse tension : règles.

ANNEXE VII

Personnes rencontrées

- Représentant résident du PNUD (programme de Développement des Nations Unies :
M. Jules FRIPPIAT
- Représentant de l'ONUDI : M. Gilles STEVENS
- Secrétaire Général : M. Pascal RATOVONDRANONA
- Directeur Général des Télécommunications : M. MARCEL Aimé
- 20 cadres supérieurs des services des Télécommunications
- Délégués généraux des Provinces de MAHAJANGA et FIANARANTSOA :
MM. RANDRIANARIVELO Claude et RAJAONASITERA Pascal
- Directeur du laboratoire National de Recherche en Télécommunications :
M. RASOLOJAONA Mamiharilala et cadres supérieurs du LNRT dont
M. ANDRIANIRINA Gilbert responsable de la protection

Participants à la conférence/débat du 25 avril 1989

Melle	RAZANONIE Noro	LNRT
Mme	RANAIVOMANANA Bako	LNRT
MM.	RASOLOJAONA Mamiharilala	LNRT
	ANDRIATAVISON Bruno	LNRT
	ROBSON Albert	Jiroso Rano Malagasy (JIRAMA) EDF
	ANDRIANASANDRATRA Désiré	JIRAMA
	RATSARAEFADAMY Nelson	Ministère de l'Industrie et de l'Energie Malgache
	RANDRIAMPARANY Samuel Aimé	JIRAMA
	RAFARALAHY Jocelyn	Société Elatra
	RALSOLOJAONA Henry	Société Elatra
	RAKOTONDRAVAO Victor	Société Landis Mardagascar
	RANAIVOMANANA Toussaint	LNRT
	ANDRIANIRINA Gilbert	LNRT

COUPLIERE Gilles

NEAL Dominique

RAFALIMANANA Emile

RIVO Alain

RAKOTOARIVELO Benjamin

RANDRIAMBOLOLONA Pascal

RAKOTONDRA SOA Alfred

RAMAROLAHY Julio

SOLARCO

INTELEC (La Réunion)

Société Landis Madagascar

**Société de Traitement de
l'information
de Madagascar**

Radio Télévision

Radio Télévision

**Bureau d'Etudes et de
planification/Direction
des Télécommunications**

LNRT

