

Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

Band: 73 (1995)

Heft: 3

Artikel: Essais sur des accumulateurs stationnaires au plomb à Télécom PTT

Autor: Singy, Dominique / Heiniger, Willy

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-875930>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 30.04.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Essais sur des accumulateurs stationnaires au plomb à Télécom PTT

Dominique SINGY et Willy HEINIGER, Berne

Zusammenfassung

Untersuchungen an stationären Bleiakкумуляtoren bei der Telecom PTT

Zur Gewährleistung eines unterbrechungsfreien Betriebs des Telekommunikationsnetzes sind zuverlässige Energieversorgungssysteme erforderlich. Als wichtige Komponenten dieser Systeme bei Ausfällen der öffentlichen Stromversorgung (Netzausfall) gelten die Akkumulatoren. Zur Auswahl neuer, für unser Unternehmen geeigneter Produkte werden bei der Direktion Forschung und Entwicklung der Telecom PTT Langzeitprüfungen von Bleiakkumulatoren verschiedener Technologien durchgeführt. Insbesondere müssen geeignete Akkumulatoren zur unterbrechungsfreien Stromversorgung der abgesetzten Einheiten sowie der Anlagen des optischen Netzwerks (FTTL «Fiber-To-The-Loop»-Architektur) qualifiziert werden. Die während der letzten 20 Jahre in unserem Labor erfassten Resultate von Akkumulatorenversuchen werden in diesem Artikel dargestellt und analysiert.

Résumé

Essais sur des accumulateurs stationnaires au plomb à Télécom PTT

Pour garantir l'exploitation ininterrompue du réseau des télécommunications, il est nécessaire de pouvoir compter sur des systèmes d'approvisionnement en énergie fiables des installations de ce réseau. Les accumulateurs constituent un élément clé de ces systèmes en cas de défaillance du réseau électrique public. Des essais de grande ampleur sont réalisés à Télécom PTT au sein de la Direction de la Recherche et du Développement sur des accumulateurs au plomb de différentes technologies pour permettre le choix de nouveaux produits qui sont appropriés aux besoins de notre entreprise. Il s'agit, en particulier, de la qualification d'accumulateurs propres à l'alimentation ininterrompue des unités décentralisées ainsi que des installations du réseau à fibres optiques (architecture FTTL «Fiber-To-The-Loop»). Les résultats des essais, qui ont été collectés ces 20 dernières années dans notre laboratoire, sont présentés et analysés dans le présent article.

Riassunto

Prove su accumulatori stazionari al piombo presso Telecom PTT

Per garantire un esercizio ininterrotto della rete Telecom sono necessari sistemi di distribuzione di energia affidabili. Gli accumulatori sono considerati i componenti importanti di questi sistemi in caso di interruzioni dell'alimentazione pubblica (interruzione di rete). Per la scelta di nuovi prodotti adatti alla nostra azienda vengono eseguite prove a lunga scadenza su accumulatori al piombo di diverse tecnologie presso la direzione ricerche e sviluppo di Telecom PTT. In particolare, devono essere qualificati accumulatori adatti all'alimentazione ininterrotta di unità dislocate e degli impianti della rete ottica (architettura FTTL «Fiber-To-The-Loop»). In questo articolo vengono presentati e analizzati i risultati di prove su accumulatori rilevati negli ultimi 20 anni nel nostro laboratorio.

Summary

Tests on stationary lead-acid batteries at the laboratories of the Telecom PTT

To ensure an uninterrupted operation of the telecommunication network, reliable energy supply systems of the Telecom installations are required. One of the main components of such systems is the battery. Tests on lead-acid batteries of different technologies are performed by the Division of Research and Development of the Swiss Telecom PTT in order to select new products which are appropriate to the specific needs of our company. It concerns particularly the choice of suitable batteries for the uninterrupted powering of the optical network units in the framework of the FTTL architecture. The results of the investigations on lead-acid batteries, which have been carried out in our laboratory over the last 20 years are presented and analysed in the present paper.

Introduction

Pour assurer un fonctionnement ininterrompu des installations de télécommunication et, par conséquent, une disponibilité appropriée du réseau Télécom en cas de défaillance du réseau électrique, l'entreprise Télécom PTT a recours aussi bien à des accumulateurs au plomb conventionnels à plaques tubulaires qu'à des accumulateurs étanches à soupapes. On dénombre actuellement plus de 7000 installa-

tions d'accumulateurs, d'une capacité comprise entre quelques dizaines et plusieurs milliers d'ampères-heures, en service pour l'alimentation ininterrompue des installations du réseau suisse de télécommunication, à savoir les centraux téléphoniques, les stations de base du Natel, les unités décentralisées, les centres de télécommunication, les installations radiocom et les installations d'abonnés.

Depuis leur commercialisation dans les années 1950,

les accumulateurs conventionnels à plaques tubulaires ont été l'objet d'améliorations continues, aussi bien au niveau des alliages utilisés pour les électrodes, du matériel de séparation entre les plaques positives et négatives, que de l'étanchéité du boîtier, dans le but d'accroître leur fiabilité et leur espérance de vie en service, ainsi que de réduire les intervalles d'entretien. Une quasi-révolution est survenue dans les années 1980 dans le monde des accumulateurs stationnaires au plomb avec l'entrée sur le marché d'un nouveau type, en l'occurrence les accumulateurs étanches à soupapes qui, selon les dires des fabricants, ne nécessitent aucun entretien particulier; d'où leur appellation plus courante d'accumulateurs sans entretien. Ce nouveau type d'accumulateurs présente également l'avantage, par rapport à l'accumulateur conventionnel, d'offrir une plus grande flexibilité quant à son installation et de requérir un plus faible taux de renouvellement d'air du milieu environnant. Etant donné ces avantages, l'accumulateur étanche à soupapes s'est plus particulièrement implanté au sein de Télécom PTT pour l'alimentation ininterrompue des stations de base de la téléphonie mobile (Natel) et des installations de clients.

L'intégration des systèmes de télécommunication, ainsi que la décentralisation des installations au sein du réseau Télécom à fibres optiques et, par conséquent des sources d'énergie, nécessitent l'implantation d'accumulateurs à faible entretien, capables d'opérer dans des conditions d'exploitation plus sévères que celles observées pour les installations conventionnelles. La fiabilité du futur réseau multimédia, ainsi que les frais d'exploitation associés dépendront, dans une bonne mesure, du choix des nouveaux accumulateurs.

Afin d'étudier la fiabilité et l'espérance de vie des accumulateurs stationnaires au plomb, un banc d'essai permettant de tester simultanément plus de 100 accumulateurs a été mis en service à la Direction de la Recherche et du Développement en 1974. La modernisation et l'automatisation de cette installation de mesure en 1984 a permis de poursuivre et d'étendre ces tests à des accumulateurs de la nouvelle génération. Les essais menés dans nos laboratoires ont pour principal but d'examiner le comportement à long terme des accumulateurs, en particulier les modifications de la capacité, du courant de charge flottante et de la consommation d'eau, pour différentes conditions d'exploitation. Les spécifications des fabricants sont souvent basées sur les résultats d'essais accélérés et, par conséquent, ne correspondent pas toujours à la réalité. Les données collectées dans notre laboratoire peuvent être ainsi d'une grande utilité tant pour les fabricants d'accumulateurs que pour ceux qui les utilisent et les entretiennent. Du résultat de nos essais va dépendre la qualification de nouveaux produits qui soient appropriés aux besoins spécifiques de notre entreprise.

L'objet du présent article est de rendre compte des résultats des tests obtenus dans notre laboratoire et de leur utilisation dans le choix d'accumulateurs adéquats pour les nouvelles applications Télécom telles que, en particulier, l'alimentation ininterrompue des

installations décentralisées du réseau Télécom à fibres optiques, par exemple dans le cadre de l'architecture FTTL «Fiber-To-The-Loop». D'autres résultats d'essais effectués dans nos laboratoires avaient déjà fait l'objet de diverses publications [1, 2, 3].

Types d'accumulateurs

Parmi les accumulateurs stationnaires au plomb, on distingue deux classes principales: les accumulateurs conventionnels et les accumulateurs étanches à soupapes, plus communément désignés par accumulateurs sans entretien.

Les accumulateurs conventionnels sont caractérisés par le fait qu'ils disposent à leur sommet de couvercles munis d'une ouverture au travers de laquelle les produits gazeux peuvent s'échapper. Ces ouvertures peuvent être utilisées pour l'addition périodique d'eau pour compenser les pertes internes dus à l'électrolyse. Selon la construction et l'alliage de plomb, on distingue quatre types fondamentaux d'accumulateurs conventionnels: les accumulateurs à plaques tubulaires contenant de l'antimoine (Sb), les accumulateurs à plaques tubulaires exempts d'antimoine (type Astag), les accumulateurs Planté au plomb pur et les accumulateurs Planté à plaques en alliage Plomb/Calcium (Pb/Ca) [3]. Les accumulateurs conventionnels en service à Télécom PTT sont exclusivement du type tubulaire. Cela signifie que leurs plaques positives sont formées d'un assemblage de tubes poreux, à l'intérieur desquels se trouvent la matière active. Le fait que la consommation d'eau des accumulateurs conventionnels dépend essentiellement de la teneur en antimoine de leur électrode positive permet de subdiviser la famille des accumulateurs de ce type en deux sous-classes, à savoir les accumulateurs à haute teneur d'antimoine (plus de 3 %) et les accumulateurs à faible teneur d'antimoine (moins de 3 %). Le choix de cette valeur limite est purement aléatoire. Durant les trois dernières décennies, de nouvelles techniques ont été recherchées pour réduire ou même éliminer l'utilisation de l'antimoine, dans le but d'augmenter la durée de vie en service et de réduire l'entretien de ce type d'accumulateur. Suivant leur réserve d'eau, on trouve actuellement sur le marché des accumulateurs stationnaires conventionnels, dont l'autonomie est supérieure à quatre ans dans des conditions d'exploitation normales.

Les accumulateurs étanches à soupapes sont caractérisés par le fait qu'ils sont hermétiques dans des conditions normales d'exploitation. Leur couvercle est toutefois muni de dispositifs d'ouverture (soupapes) permettant l'échappement des gaz, si la pression interne excède une valeur prédéterminée. Ce type d'accumulateur ne peut normalement recevoir d'addition d'eau à son électrolyte. Un procédé de recombinaison interne permet de maintenir la quantité d'eau quasiment constante à l'intérieur de celui-ci. Le fait qu'il ne nécessite pas d'adjonction d'eau en service lui a valu la dénomination plus familière d'accumulateur sans entretien. Suivant la façon dont l'électrolyte est «immobilisé» à l'intérieur de l'accumulateur, on

distingue deux types principaux d'accumulateurs étanches à soupapes: les accumulateurs à électrolyte absorbé et plaques plates et les accumulateurs à électrolyte gélifié et plaques tubulaires. Les accumulateurs étanches à soupapes actuellement en service à Télécom PTT sont presque exclusivement du type à électrolyte absorbé et plaques plates.

Propriétés principales des accumulateurs au plomb

Dans ce paragraphe, nous décrivons succinctement les propriétés principales des accumulateurs au plomb pour des applications stationnaires. Les paramètres principaux qui permettent d'analyser les performances de ceux-ci sont la capacité, le courant de charge flottante, la tension de maintien de la charge (ou tension de charge flottante) et la consommation d'eau.

Capacité

La capacité correspond à la quantité d'électricité ou à la charge électrique qu'un accumulateur complètement chargé est capable de fournir dans des conditions spécifiées. Elle est égale au produit du courant et du temps de décharge, jusqu'à l'obtention d'un seuil de tension minimal aux bornes de l'accumulateur. La capacité s'exprime en ampère-heure (Ah). Pour un type d'accumulateur donné, la valeur de la capacité dépend du courant de décharge, de la tension de fin de décharge et de la température ambiante. La capacité indiquée par le fabricant correspond à la charge nominale que l'accumulateur est capable de débiter à une température, un courant de décharge et une tension finale donnés (généralement: 25°C, I_{10} et 1,85 V par élément). Dans le cadre de nos essais, nous effectuons des tests de décharge d'une durée de dix heures: l'accumulateur est déchargé à courant constant et égal à la capacité indiquée par le fabricant, rapportée à dix heures (I_{10}), jusqu'à une tension moyenne finale de 1,8 V par élément. A des fins de comparaison, nous avons choisi de présenter dans cet article le comportement de la capacité relative des accumulateurs testés dans notre laboratoire. Celle-ci est égale au rapport entre la capacité effective (C_{eff}) et la capacité mesurée au début de l'essai (C_{init}).

Mécanismes de perte d'eau

Accumulateurs conventionnels

La consommation d'eau des accumulateurs conventionnels est essentiellement due à la réaction interne d'électrolyse, qui est générée par le courant de charge flottante. Selon la loi de Faraday, une surcharge de l'accumulateur de 3 Ah provoque la décomposition de 1 g d'eau. Cela signifie que l'alimentation continue d'un accumulateur avec un courant de 0,34 mA a pour résultat une diminution de 1 g par année et par élément de la quantité d'eau contenue à l'intérieur de celui-ci. Les gaz générés par l'électrolyse, à savoir l'oxygène et l'hydrogène s'échappent au travers des ouvertures pratiquées dans le couver-

cle. Afin d'éliminer le risque d'explosion, un taux de renouvellement d'air minimal du milieu environnant est nécessaire. La consommation d'eau s'exprime habituellement en g par année, Ah, et élément d'accumulateur (g/y Ah cell).

Accumulateurs étanches à soupapes

Etant donné le cycle de recombinaison interne de l'oxygène, la consommation d'eau des accumulateurs étanches à soupapes est nettement inférieure à celle observée dans le cas des accumulateurs conventionnels. Dans des conditions normales d'exploitation, on peut s'attendre à un taux de recombinaison de l'ordre de 99 % quelques mois après la mise en service de l'accumulateur [4]. Une comparaison entre des données expérimentales de consommation d'eau et un modèle théorique de diffusion a montré que le principal facteur responsable de la déperdition d'eau des accumulateurs étanches à soupapes est la diffusion d'eau à travers leur boîtier [4].

Tension de maintien de la charge

Les accumulateurs testés dans nos laboratoires sont mis en service en mode de charge flottante. Cela signifie que l'on applique en permanence aux bornes de l'accumulateur une tension constante, suffisamment élevée pour le maintenir dans un état voisin de la charge complète. Ceci permet de compenser la perte de charge (autodécharge) de l'accumulateur, provoquée par diverses réactions chimiques spontanées prenant naissance à l'intérieur de celui-ci en l'absence de toute connection avec un circuit extérieur. Les essais menés par le passé dans nos laboratoires ont permis de démontrer que, dans le cas des accumulateurs conventionnels, une tension de maintien de la charge (tension de charge flottante) de 2,23 V par élément offre un bon compromis entre une consommation d'eau modérée et une durée de vie en service élevée de l'accumulateur [2]. Cette valeur a d'ailleurs été reconnue et introduite d'une manière générale [5]. La charge flottante constitue le mode d'exploitation usuel pour les applications stationnaires.

Courant de charge flottante

Le courant de charge flottante est égale au courant consommé par l'accumulateur pour maintenir une tension de charge constante prédéterminée aux bornes de celui-ci. Celui-ci dépend fortement de la teneur en antimoine de l'électrode positive, de la tension aux bornes et de l'âge de l'accumulateur, ainsi que de la température d'environnement. Il s'exprime habituellement en mA par Ah (mA/Ah).

Accumulateurs testés en laboratoire

Les résultats qui sont présentés dans le présent article concernent les essais qui ont été effectués sur 35 accumulateurs conventionnels à plaques tubulaires et 26 accumulateurs étanches à soupapes, à électrolyte absorbé ou gélifié, de différentes dimensions et technologies. Les accumulateurs conventionnels sont de fabrication suisse, alors que les accumulateurs

étanches proviennent de fabricants suisses et étrangers. La teneur en antimoine de l'électrode positive des accumulateurs conventionnels se situe entre 0,0 et 10,0 %. Les capacités sont quant à elles comprises entre 60 et 420 Ah. Tous les résultats reportés ici, hormis ceux qui découlent des tests effectués à une température d'environnement de 40°C, proviennent d'accumulateurs dont la capacité effective est supérieure à 50 % de leur capacité initiale mesurée lors du début de l'essai.

Conditions des tests

Notre banc d'essai permet de tester simultanément 120 accumulateurs d'une capacité comprise entre moins de 1 et 1000 Ah. Chaque accumulateur peut contenir de 1 à 6 éléments de 2 V. On applique en permanence et de façon individuelle une tension constante prédéterminée aux bornes de chaque accumulateur, afin de les maintenir dans un état de charge complète. Les accumulateurs sont testés à l'intérieur d'un local climatisé à une température d'environnement de 20°C et une humidité relative supérieure à 40 %. Etant donné que l'on peut s'attendre à des espérances de vie supérieures à dix ans, suivant le type d'accumulateur, alors que l'information sur leurs performances devrait être disponible dans un délai relativement court, il est nécessaire de développer des procédés de tests accélérés. Afin de satisfaire à cette attente, nous avons construit des enceintes climatiques qui permettent d'effectuer des essais à une température de 40°C. Le choix de cette température représente un compromis entre des conditions réelles d'exploitation et des impératifs liés aux délais imposés pour l'achèvement des essais. Si l'on considère l'hypothèse selon laquelle une augmentation de la température de 10°C a pour résultat une diminution de la durée de vie en service de l'accumulateur d'un facteur 2, l'espérance de vie d'un accumulateur à 40°C sera de quatre fois inférieure à celle spécifiée par le fabricant pour une température d'environnement de 20°C. Le système de mesures et de contrôle des accumulateurs est piloté par ordinateur [6]. Une fonction de diagnostic permet de gérer les erreurs et d'informer quotidiennement le personnel, si le besoin d'une intervention est nécessaire. Grâce à cette automatisation, les travaux d'entretien se résument au contrôle périodique du niveau d'eau des accumulateurs et, si nécessaire de leur remplissage, ainsi qu'à la mise en service ou hors service de ceux-ci.

Acquisition et traitement des données

En raison de l'ampleur et de la durée des essais, les données sont acquises automatiquement et traitées sur ordinateur. On mesure quotidiennement le courant de charge flottante, ainsi que les tensions individuelles des éléments de chaque accumulateur. Grâce à ces données, on peut analyser les variations dans le temps des tensions individuelles, ainsi que l'évolution des écarts entre celles-ci. L'intervalle entre deux essais de capacité dépend de la température d'exploitation et du type d'accumulateur. Il varie entre six

mois et deux ans. Outre la capacité, on enregistre aussi manuellement la consommation d'eau de chaque accumulateur. En ce qui concerne les accumulateurs étanches à soupapes, on détermine leur consommation d'eau à partir des mesures périodiques de leur perte de poids. Toutes ces données sont concentrées sous la forme de moyennes mensuelles et annuelles et, une fois par année, un protocole de mesures est établi pour chaque accumulateur à l'aide de l'ordinateur.

Résultats des mesures

Les résultats des essais, qui sont présentés dans ce paragraphe, ne sont pas exhaustifs. Ils reflètent cependant l'évolution des performances des accumulateurs au plomb qui s'est opérée au cours de ces deux dernières décennies. Les utilisateurs ainsi que les fabricants trouveront dans ces résultats des informations intéressantes sur l'espérance de vie en service effective des accumulateurs dans des conditions d'exploitation prédéterminées.

Accumulateurs conventionnels à forte teneur d'antimoine

Le phénomène dit de «contamination par l'antimoine (Sb)» résulte du dépôt d'antimoine provenant principalement des grilles positives, sur les plaques négatives [7]. Ce phénomène a pour résultat une augmentation du courant de charge et, par conséquent, de la consommation d'eau en fonction de l'âge de l'accumulateur. Plus la teneur en antimoine de l'électrode positive est grande, plus la valeur du courant de charge et son augmentation dans le temps seront élevées. D'autres facteurs peuvent toutefois influencer cette tendance. Le comportement du courant de charge en fonction de l'âge de l'accumulateur est illustré dans la *figure 1*, pour différentes tensions de maintien de la charge et teneurs en antimoine de l'électrode positive. Les résultats relatifs à la consommation d'eau des mêmes accumulateurs que ceux considérés dans la *figure 1* sont présentés dans la *figure 2*. Une comparaison des résultats reportés sur les figures 1 et 2 indique une dépendance similaire des deux grandeurs considérées en fonction de l'âge de l'accumulateur et de la tension de maintien de la charge. Suivant les valeurs de la teneur en antimoine et de la tension de charge flottante, il ressort de la *figure 1* que le courant de charge peut atteindre jusqu'à 6,5 mA/Ah et la consommation d'eau correspondante (*fig. 2*) 18 g/y Ah cell, lorsque l'accumulateur arrive en fin de vie. Si l'on considère la capacité de l'accumulateur en question, à savoir 200 Ah (accumulateur n° 60), on obtient une consommation d'eau annuelle de celui-ci de 3,6 l par élément.

La capacité constitue le critère déterminant pour l'évaluation de l'espérance de vie d'un accumulateur. En laboratoire, nous admettons qu'un accumulateur est arrivé en fin de vie lorsque sa capacité tombe en-dessous de la moitié de sa valeur initiale (Ceff inférieure à 50 % de Cinit). De la *figure 3*, il ressort que, à l'exception des accumulateurs n° 26, 29 et 40, qui ont été mis hors service après 18 ans d'exploitation, les

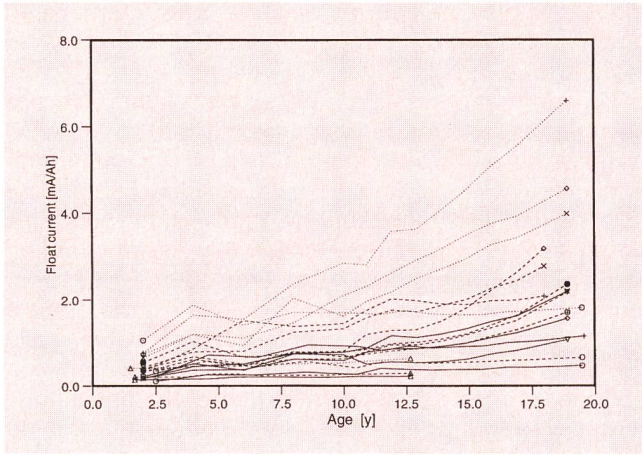


Fig. 1 Comportement du courant de charge flottante en fonction de l'âge de l'accumulateur, pour des tensions de maintien de la charge comprises entre 2,18 et 2,25 V par élément et une température d'environnement égale à 20°C. La teneur en antimoine de l'électrode positive des accumulateurs conventionnels considérés dans ce graphique est comprise entre 3,5 et 10 %. Désignation des courbes (numéro de l'accumulateur/tension [V]/teneur en antimoine (Sb) [%]):

○ — ○	82/2.18/3.5	○ - - - ○	90/2.20/3.5	○ ····· ○	98/2.25/3.5
△ — △	86/2.18/5.0	△ - - - △	87/2.20/5.0	△ ····· △	103/2.25/5.0
+ — +	13/2.18/5.8	+ - - - +	29/2.20/5.0	+ ····· +	60/2.25/7.2
x — x	6/2.18/7.2	x - - - x	26/2.20/7.2	x ····· x	44/2.25/10.0
◇ — ◇	20/2.18/7.2	◇ - - - ◇	40/2.20/7.2	◇ ····· ◇	57/2.25/10.0
▽ — ▽	17/2.18/10.0	▽ - - - ▽	24/2.20/10.0		
		⊕ - - - ⊕	37/2.20/10.0		
		● - - - ●	102/2.20/10.0		

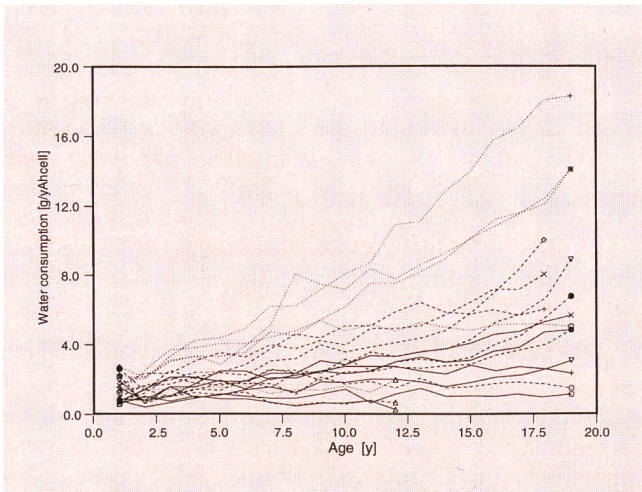


Fig. 2 Comportement de la consommation d'eau en fonction de l'âge de l'accumulateur, pour des tensions de maintien de la charge comprises entre 2,18 et 2,25 V par élément et une température d'environnement égale à 20°C. La teneur en antimoine de l'électrode positive des accumulateurs conventionnels considérés dans ce graphique est comprise entre 3,5 et 10 %. La désignation des courbes est indiquée dans la légende de la figure 1

accumulateurs à haute teneur d'antimoine (plus de 3 %), construits selon la technologie des années 1970, présentent une espérance de vie en service supérieure à 19 ans, pour des tensions de maintien de la charge comprises entre 2,18 et 2,25 V. Leur capacité est en effet supérieure à 50 % de la valeur initiale après 19 ans d'exploitation. Il est difficile d'établir sur la base de ces résultats l'influence de la tension de maintien de la charge et de la teneur d'antimoine sur le comportement à long terme de la capacité. Bien que T. Gerber [2] ne se soit pas basé uniquement sur le comportement de la capacité mais également sur des critères d'appréciation propres aux applications Télécom, pour déterminer la tension de maintien de la charge qui conduit à une espérance de vie en service élevée des accumulateurs conventionnels, i.e. 2,23 V par élément, on constate sur la figure 3 que le choix de cette valeur est en accord avec nos résultats. Pour les accumulateurs, dont la teneur en antimoine est égale à 10 %, on observe une augmentation de plus de 20 % de leur capacité après

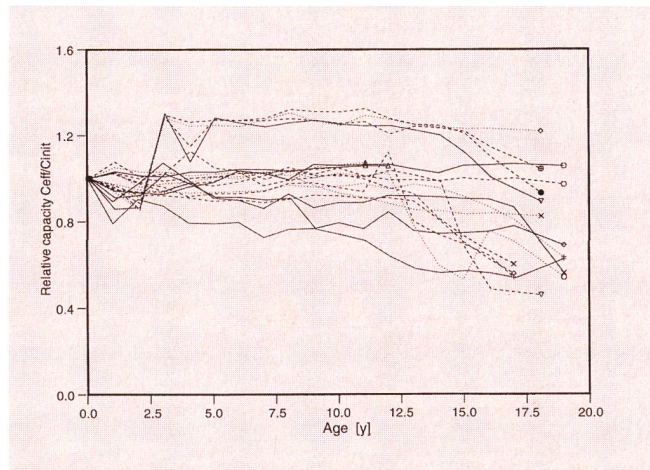


Fig. 3 Comportement de la capacité relative C_{eff}/C_{init} en fonction de l'âge de l'accumulateur, pour des tensions de maintien de la charge comprises entre 2,18 et 2,25 V par élément et une température d'environnement égale à 20°C. La teneur en antimoine de l'électrode positive des accumulateurs conventionnels considérés dans ce graphique est comprise entre 3,5 et 10 %. La désignation des courbes est indiquée dans la légende de la figure 1

deux ans d'exploitation indiquant l'achèvement des transformations chimiques à l'intérieur de ceux-ci [3]. Pour une tension de maintien de la charge de 2.18 V, on constate en général un lent recul de la capacité de l'ordre de 10 % après dix années d'exploitation.

Accumulateurs conventionnels à faible teneur d'antimoine

En ce qui concerne les accumulateurs à faible teneur ou exempts d'antimoine, les résultats des mesures (fig. 4) montrent que le courant de charge est en moyenne nettement inférieur à celui que l'on observe pour les accumulateurs à forte teneur d'antimoine

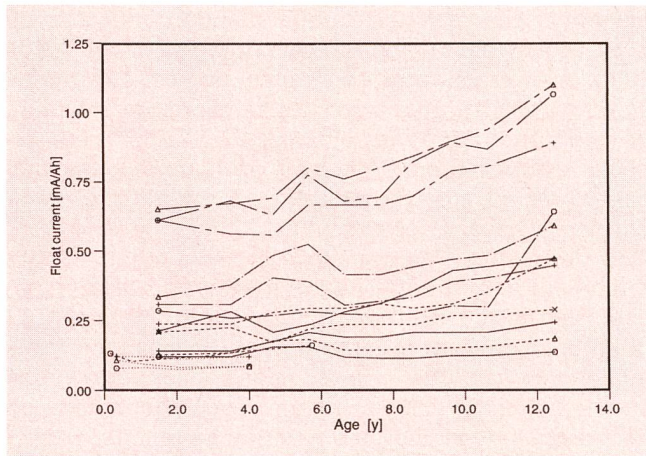


Fig. 4 Comportement du courant de charge flottante en fonction de l'âge de l'accumulateur, pour des tensions de maintien de la charge comprises entre 2,18 et 2,30 V par élément et une température d'environnement égale à 20°C. La teneur en antimoine de l'électrode positive des accumulateurs conventionnels considérés dans ce graphique est comprise entre 0,0 et 2,7 %. Désignation des courbes (numéro de l'accumulateur/tension [V]/teneur en antimoine [Sb] [%]):

o — o	14/2.18/1.8	o - - - o	99/2.20/1.7	o ····· o	19/2.23/0.0
Δ — Δ	84/2.18/2.3	Δ - - - Δ	34/2.20/1.8	Δ ····· Δ	47/2.23/0.0
+ — +	2/2.18/2.7	+ - - - +	92/2.20/2.3	+ ····· +	118/2.23/0.0
		x - - - x	22/2.20/2.7		
o — o	54/2.25/1.8	o — o	74/2.30/1.8		
Δ — Δ	100/2.25/2.3	Δ — Δ	108/2.30/2.3		
+ — +	42/2.25/2.7	+ — +	62/2.30/2.7		

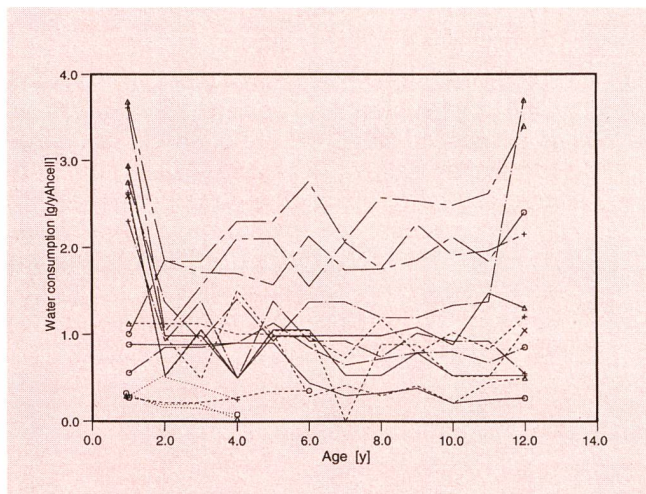


Fig. 5 Comportement de la consommation d'eau en fonction de l'âge de l'accumulateur, pour des tensions de maintien de la charge comprises entre 2,18 et 2,30 V par élément et une température d'environnement égale à 20°C. La teneur en antimoine de l'électrode positive des accumulateurs conventionnels considérés dans ce graphique est comprise entre 0,0 et 2,7 %. La désignation des courbes est indiquée dans la légende de la figure 4

(fig. 1). De plus, ce courant ne varie quasiment pas en fonction de l'âge de l'accumulateur (fig. 4). La figure 5 indique que, à l'exception de l'accumulateur n° 100, la consommation d'eau de ces accumulateurs se stabilise après environ deux ans de mise en service. On observe en outre sur cette figure que la consommation d'eau des accumulateurs exempts d'antimoine (0 % de Sb; accumulateurs n° 19, 47 et 118; courbes pointillées) est inférieure à 0,4 g/y Ah cell. La consommation d'eau annuelle de l'accumulateur n° 47, dont la capacité effective est voisine de 580 Ah, est égale à 0,12 l par élément. Etant donné que la réserve d'eau de cette accumulateur est de 0,5 l par élément, on obtient un intervalle d'environ quatre ans entre deux remplissages consécutifs et nécessaires de celui-ci.

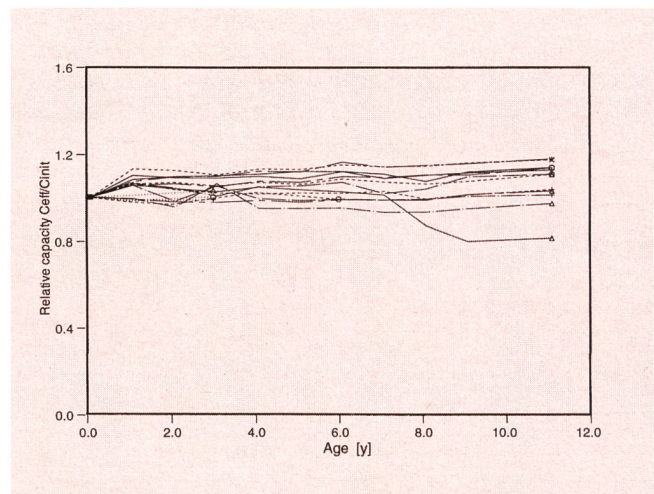


Fig. 6 Comportement de la capacité relative C_{eff}/C_{init} en fonction de l'âge de l'accumulateur, pour des tensions de maintien de la charge comprises entre 2,18 et 2,30 V par élément et une température d'environnement égale à 20°C. La teneur en antimoine de l'électrode positive des accumulateurs conventionnels considérés dans ce graphique est comprise entre 0,0 et 2,7 %. La désignation des courbes est indiquée dans la légende de la figure 4

En dernier lieu, la figure 6 présente l'allure de la capacité des accumulateurs considérés dans les figures 4 et 5, en fonction de leur âge, pour différentes tensions de maintien de la charge (2,18 à 2,30 V). On observe sur cette figure un comportement quasi similaire de la capacité de tous les accumulateurs durant les douze premières années d'exploitation, indépendamment de la tension. Il ressort en outre de cette figure, qu'une tension élevée de 2,30 V ne semble pas être préjudiciable à l'espérance de vie de l'accumulateur, du moins durant cette période de douze ans. Le choix d'une telle tension est pourtant à éviter, étant donné qu'elle occasionne une plus grande consommation d'eau de l'accumulateur, comme l'indique la figure 5 et, par conséquent, un entretien plus fréquent de celui-ci.

Accumulateurs étanches à soupapes

Etant donné le cycle de recombinaison interne de l'oxygène et vu que seuls des alliages exempts d'antimoine sont utilisés dans leur fabrication, on peut s'attendre à une faible consommation d'eau des accumulateurs étanches à soupapes. Une déperdition d'eau trop élevée a pour résultat un assèchement interne de l'accumulateur, qui peut conduire à une défaillance prématurée de celui-ci. Les figures 7 et 8 illustrent les comportements respectifs du courant de charge et de la déperdition d'eau en fonction de l'âge de l'accumulateur, pour des tensions de maintien de la charge de 2,23 et 2,27 V. Comme c'est le cas pour les accumulateurs conventionnels, le courant de charge croît sensiblement en fonction de la tension. On observe sur la figure 8 que la déperdition d'eau se stabilise après environ deux années d'exploitation et se situe, par la suite, en dessous de 0,1 g/y Ah cell. Le fait que la déperdition d'eau ne varie pas en fonction de la tension, alors que le courant de charge présente une sensible augmentation à des tensions élevées, indique que celle-ci est principalement causée par la diffusion d'eau à travers le boîtier de l'accumulateur.

Vu la nécessité urgente de qualifier de nouveaux accumulateurs pour les besoins de Télécom PTT, nous effectuons actuellement des essais de longue durée sur des accumulateurs étanches à soupapes de la nouvelle génération, à une température d'environnement de 40°C. Les premiers résultats des mesures du

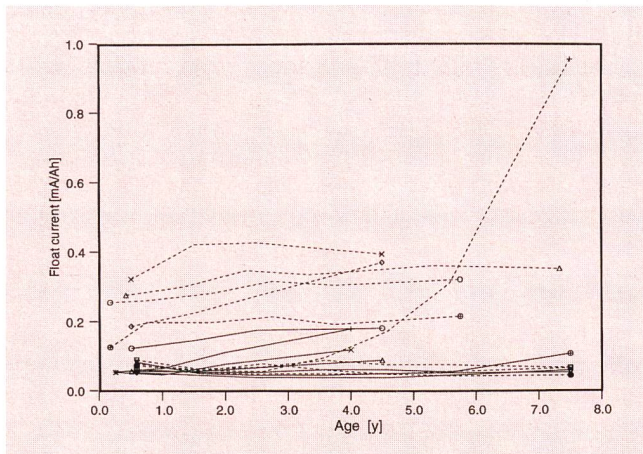


Fig. 7 Comportement du courant de charge flottante des accumulateurs étanches à soupapes, testés dans notre laboratoire, en fonction de l'âge de l'accumulateur, pour des tensions de maintien de la charge de 2,23 et 2,27 V par élément et une température d'environnement égale à 20°C. Désignation des courbes (numéro de l'accumulateur/tension [V]):

o — o	65/2.23	o - - - o	1/2.27
Δ — Δ	67/2.23	Δ - - - Δ	15/2.27
+ — +	69/2.23	+ - - - +	32/2.27
x — x	70/2.23	x - - - x	66/2.27
◇ — ◇	75/2.23	◇ - - - ◇	68/2.27
▽ — ▽	88/2.23	▽ - - - ▽	76/2.27
⊕ — ⊕	107/2.23	⊕ - - - ⊕	85/2.27
		● - - - ●	94/2.27
		□ - - - □	96/2.27

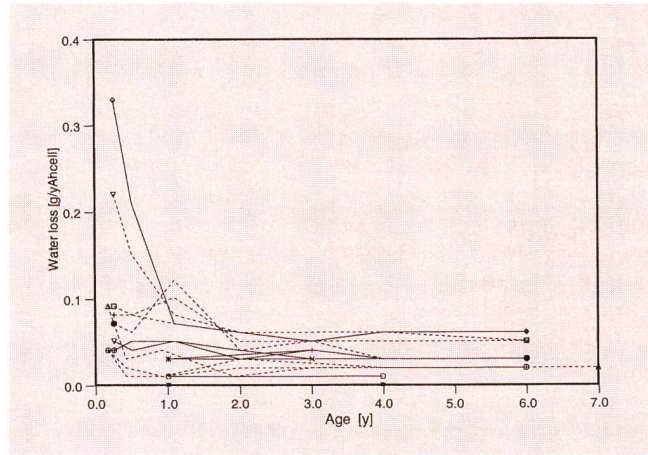


Fig. 8 Comportement de la déperdition d'eau des accumulateurs étanches à soupapes, testés dans notre laboratoire, en fonction de l'âge de l'accumulateur, pour des tensions de maintien de la charge de 2,23 et 2,27 V par élément et une température d'environnement égale à 20°C. La désignation des courbes est indiquée dans la légende de la figure 7

comportement de la capacité en fonction de l'âge de l'accumulateur apparaissent sur la figure 9. On constate que la capacité de cinq des dix accumulateurs considérés dans ce graphique présente une forte diminution après seulement une année de mise en service. Des accumulateurs testés dans notre laboratoire à une température d'environnement de 40°C, seuls les accumulateurs n° 9 et 16 présentent, à ce jour, une espérance de vie qui correspond à celle spécifiée par le fabricant. Ce bilan négatif a également été observé dans la pratique au sein de notre propre entreprise. Nos essais à 40°C sont poursuivis sur de nouveaux accumulateurs.

Interprétation des résultats

La diminution, voire même l'élimination de l'antimoine (Sb) au sein de l'électrode positive a occasionné une forte baisse de la consommation d'eau des accumulateurs conventionnels durant les trois dernières décennies. Il n'est pas rare de trouver actuellement sur le marché des accumulateurs stationnaires dits à faible entretien, nécessitant une addition d'eau une fois tous les quatre ans dans des conditions normales d'exploitation. Les résultats relatifs aux accumulateurs étanches à soupapes sont par contre moins réjouissants. Les espérances de vie spécifiées par les fabricants ne correspondent de loin pas à celles observées en laboratoire ou dans la pratique par notre entreprise. Le même genre d'observations a également été fait par bon nombre d'utilisateurs et pas uniquement dans le secteur des télécommunications. O. Feder [8] a constaté, lors d'essais de capacité effectués sur environ 1200 éléments d'accumulateurs étanches à soupapes en service sur le réseau téléphonique aux USA, que le 76 % de ceux-ci présentait une capacité inférieure à 80 % de leur capacité nominale (critère habituelle de défaillance adopté dans la

pratique) après seulement quatre à six années d'exploitation (tabl. 1). On note également sur le tableau 1 que les taux de défaillance varient d'un fabricant à l'autre, ce qui tend à montrer que certains fabricants semblent mieux maîtriser la technologie de ce nouveau type d'accumulateur. Si l'on compare l'autonomie fonctionnelle des accumulateurs conventionnels à faible teneur ou exempts d'antimoine à l'espérance de vie effective des accumulateurs étanches à soupapes, on serait tenté de dire que les accumulateurs conventionnels nécessitent moins d'entretien, en tous les cas moins de surveillance, que leurs concurrents, désignés pourtant familièrement par accumulateurs sans entretien. Afin de corriger cette tendance, des efforts importants doivent être entrepris par les fabricants dans le but de mieux répondre aux espérances fondées dans ce nouveau produit.

Un problème supplémentaire spécifique aux accumulateurs étanches à soupapes concerne le risque d'emballage thermique («thermal runaway») qui a été observé à plusieurs reprises dans la pratique. Cette condition critique se produit lors d'une charge à tension constante au cours de laquelle la température de l'accumulateur et le courant de maintien de la charge augmentent de façon cumulative par renforcement réciproque. Ce phénomène peut être catastrophique en cas de non-intervention rapide, vu qu'il peut conduire à une explosion de l'accumulateur. Les causes de l'emballage thermique n'ont pas encore été éta-

blies de façon certaine. Lors de la dernière conférence Intelec 94 [9], les causes probables suivantes ont été avancées: l'assèchement interne prématuré des éléments de l'accumulateur, des températures extrêmes, un effet compétitif entre les éléments dû à une modification de la distribution de leurs impédances [10] ou, dans le cas d'un accumulateur 48 V, au moins deux de ses 24 éléments qui font simultanément un court-circuit. L'utilisation des accumulateurs étanches à soupapes nécessite un refroidissement adéquat de ceux-ci, un contrôle du renouvellement d'air de l'espace environnant et de la température, ainsi qu'une correction de la tension de maintien de la charge en fonction de la température, afin de réduire les effets thermiques dus au cycle de recombinaison interne de l'oxygène et pour prévenir l'effet catastrophique que peut causer l'emballage thermique. Ces exigences occasionnent inéluctablement des frais d'exploitation supplémentaires, dont il est nécessaire de tenir compte dans le choix de nouveaux accumulateurs.

Au vu de nos résultats et à moins d'une amélioration importante de la situation actuelle, nous recommandons en règle générale à nos services spécialisés (N 24 et GK 51) de mettre en service des accumulateurs conventionnels, de préférence à faible teneur ou exempts d'antimoine. Seulement en cas de nécessité majeure (accès difficile, place disponible restreinte, etc.), on peut avoir recours à des accumulateurs étanches à soupapes. Sur la base des résultats de nos essais et des observations faites in situ, nous avons dressé une liste des accumulateurs qui entrent en ligne de compte dans de tels cas. Cette liste peut être en tout temps remaniée et élargie à d'autres produits. Etant donné que les fabricants n'arrivent pas à s'accorder pour l'élaboration d'une norme internationale relative aux tests sur les accumulateurs étanches à soupapes, nous avons établi un cahier des charges pour les essais sur ce type d'accumulateur et, en accord avec nos services spécialisés, fixé un profil d'exigences pour la qualification de nouveaux produits.

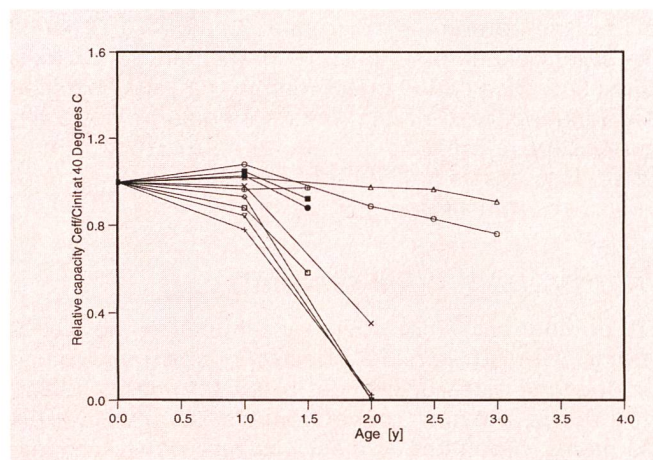


Fig. 9 Comportement de la capacité relative C_{eff}/C_{init} des accumulateurs étanches à soupapes, testés dans notre laboratoire, en fonction de l'âge de l'accumulateur, pour des tensions de maintien de la charge comprises entre 2,15 et 2,21 V par élément et une température d'environnement égale à 40°C. Désignation des courbes (numéro de l'accumulateur/tension [V]):

- — ○ 9/2.17
- △ — △ 16/2.21
- + — + 33/2.21
- × — × 28/2.21
- ◇ — ◇ 53/2.21
- ▽ — ▽ 56/2.21
- ⊕ — ⊕ 36/2.21
- — ● 27/2.21
- — □ 72/2.19
- — ■ 73/2.15

Conclusions

Les résultats des essais effectués dans notre laboratoire durant ces 20 dernières années sur les accumulateurs au plomb montrent que l'espérance de vie des accumulateurs conventionnels, construits selon la technologie des années 1970, est supérieure à 19 ans, dans des conditions d'exploitation normales. La diminution, voire l'élimination de l'antimoine au sein de l'électrode positive a eu pour résultat une forte diminution de la consommation d'eau de ce type d'accumulateur. On trouve actuellement sur le marché des accumulateurs conventionnels qui nécessitent un faible entretien, à savoir une addition d'eau tous les quatre ans ou plus. Les résultats obtenus aussi bien en laboratoire que dans la pratique pour les accumulateurs étanches à soupapes sont, par contre, moins réjouissants. Les performances de ces accumulateurs ne correspondent de loin pas aux spécifications des fabricants. De plus, leur utilisation nécessite une surveillance et une maintenance accrues, non seulement pour améliorer leur longévité, mais aussi pour des

raisons de sécurité. A moins d'un effort important de la part des fabricants, en vue d'une amélioration des performances des accumulateurs étanches à soupapes et d'une meilleure assurance de la qualité, il sera nécessaire pour les utilisateurs de reconsidérer leur politique dans le choix d'accumulateurs appropriés pour les nouvelles applications Télécom, à savoir, en particulier, l'alimentation en énergie des installations décentralisées du réseau à fibres optiques.

Remerciements

Les auteurs remercient M. U. Herrmann pour ses nombreux travaux qui ont permis la réalisation et la poursuite des investigations menées à Télécom PTT sur les accumulateurs au plomb, ainsi que pour les fructueuses discussions qui ont contribué à la rédaction du présent article.

Bibliographie

- [1] Gerber T. Ermittlung der optimalen Ladungserhaltungsspannung von Röhrenbatterien. Bern, Techn. Mitt. PTT, 45 (1967) 5, S. 276.
- [2] Gerber T. Lebensdaueruntersuchungen an Röhrenplatten-Akkumulatoren für stationären Betrieb. Bern, Techn. Mitt. PTT, 54, (1976), 11, S. 275.
- [3] Gerber T. Dauerverhalten von stationären Bleiakumulatoren unter Konstanzspannung. Bern, Techn. Mitt. PTT, 62, (1984) 11, S. 398.
- [4] Herrmann U. Rapport interne de Télécom PTT, n° VM1.006U (1991).
- [5] Graf H. Erfordernisse und technische Lösungen im Bereich der PTT-Betriebe (Zürich), Bull. SEV 63 (1972) 21, p. 1225.

Tableau 1. Résultats de récentes mesures de la capacité d'éléments d'accumulateurs étanches à soupapes, âgés de 4 à 6 ans, en service sur le réseau téléphonique aux USA (8)

fabricant	nombre d'accumulateurs testés	nombre d'accumulateurs défectueux	pourcentage de défaillance (%)
A	702	587	84
B	216	129	60
C	189	162	86
E	66	18	27
total	1173	896	76

- [6] Herrmann U. et Heiniger W. Beschreibung der Akkumulatorprüfanlage der Gruppe Physik. Rapport interne de Télécom PTT, n° VM11.407U (1987).
- [7] Baumgartner H. Die Antimonvergiftung von Bleiakumulatoren. Mitt. der Accumulatorenfabrik Oerlikon, n° 4.
- [8] Feder O. VRLA cell failures — the 60's revisited, Batteries International. Issue 20 (July 1994).
- [9] Conference Intelec 94 (Vancouver, 1994), Session 14 — Workshop II — Life and Reliability of VRLA accumulators.
- [10] Rutledge W. T. Electrical energy distributions in VR battery applications that can trigger thermal runaway. Proceedings of the Intelec 94 conference, p. 168.



Dominique Singy, Dr ès sciences naturelles, a obtenu son diplôme de physique à l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich (EPFZ) en 1982. De 1982 à 1986, il travaille en tant que collaborateur scientifique à l'Institut de physique des moyennes énergies de l'EPFZ, au développement d'une source d'ions polarisés pour l'injection sur l'accélérateur de particules à basse énergie de l'Institut Paul Scherrer (PSI) à Villigen (AG). Sa thèse de doctorat terminée, il entre à la Direction générale des PTT au sein de la Direction de la Recherche et du Développement en 1987. Il est actuellement responsable du groupe de la technique de l'énergie et de la gestion thermique des installations. Entre autres activités, il a collaboré à divers travaux de recherche dans le domaine de la rationalisation de la consommation d'énergie, en particulier dans le cadre des projets EVENT et REEL/ENERGIE 2000 — PTT. Il participe également, en tant qu'expert pour Télécom PTT, aux travaux de normalisation dans différents comités européens (ETSI, CENELEC).



Willi Heiniger, fonctionnaire technique, a suivi, après un apprentissage de mécanicien sur machines, une formation d'agent d'exploitation (avec diplôme). A la suite d'une formation complémentaire en électrotechnique — électronique industrielle (ABW), il a passé de la production à la Division du développement dans une entreprise privée. Depuis 1984, il travaille à la Direction de la Recherche et du Développement de Télécom PTT, où il a complété sa formation en suivant le cours de collaborateur technique interne à Télécom PTT. Il est actuellement chargé, au sein du groupe de la technique de l'énergie et de la gestion thermique des installations, non seulement de la réalisation de nouvelles infrastructures d'essais et du développement de nouvelles méthodes de tests, mais également de l'exécution des essais et des expertises dans le domaine du matériel de protection antistatique et de l'énergie.