

# Wie können elektronische Geräte störsicher gebaut werden? [Fortsetzung]

Autor(en): **Ruppert, Paul**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Pionier : Zeitschrift für die Übermittlungstruppen**

Band (Jahr): **59 (1986)**

Heft 3

PDF erstellt am: **09.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-561241>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

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

Elektromagnetische Verträglichkeit (Fortsetzung)

# Wie können elektronische Geräte störsicher gebaut werden? II

Von Paul Ruppert

## Das störsichere elektronische Gerät

### Mechanischer Aufbau

Mit der richtigen Auslegung des mechanischen Aufbaues kann eine Reihe von Störvorgängen beträchtlich reduziert werden. Als Grundsatz soll gelten, dass die störemfindliche Elektronik in einem Metallgehäuse untergebracht ist, dessen ganze Oberfläche gut leitend verbunden ist. Damit erreicht man einen Schutz gegen den Einfluss von elektrischen und auch magnetischen Feldern, der im allgemeinen für digitale Elektronik genügt. Bei zusammengeschraubten und zusammengesteckten Gehäuseteilen muss daran gedacht werden, dass aufeinanderliegende lackierte oder anodisch oxidierte Oberflächen elektrisch isolieren.

Baugruppen, die selbst Störungen erzeugen, wie zum Beispiel Netzschalter oder Starkstromrelais, sollten wenn möglich ausserhalb des geschützten Raumes aufgebaut sein. Die Konstruktion muss Platz für die notwendigen Bauteile, wie Filter usw., sowie für eine getrennte Verlegung der störungsgefährdeten und der übrigen Verdrahtung vorsehen.

Lässt sich diese Trennung von Elektronik und anderen Apparateteilen nicht so konsequent einhalten oder wird eine weniger störemfindliche Logik eingesetzt, so sollte wenigstens mit einer günstigen Anordnung die Einkopplung von Störungen in die Elektronik verringert werden (Bilder 5 und 6).

### Kabeleinführung der Netzspeisung

Weil der grösste Anteil von Störungen über Zuführungsdrähte in die elektronische Schaltung hineingelangt, müssen Kabeleinführungen sorgfältig entstört werden. Die Einführung der Netzspannung in das Gerät ist besonders kritisch, weil auf den Netzleitungen immer mit Störungen gerechnet werden muss. Die vom Schalten von Verbrauchern erzeugten Störsignale entstehen immer zwischen dem Phasen- und dem Nulleiter oder zwischen den Phasenleitern als Gegentaktspannungen. In der Hausinstallation sind alle Drähte und Kabel wegen der parallelen Leiterführung stark verkoppelt. Im Dreiphasennetz sind deshalb Störspannungsquellen zwischen allen Leitern sowie gegenüber der als leitend angenommenen Erdoberfläche, Gebäudearmierung usw. vorhanden (Bild 7). Dieses etwas unübersichtliche Schema kann für unsere Überlegungen auf drei Ersatzquellen reduziert werden. Die unerwünschten Signale lassen sich durch Serieschaltung von hohen und Parallelschalten von kleinen Impedanzen dämpfen. Der einfachste Weg ist wohl das Parallelschalten einer kleinen Impedanz, eines Kondensators. Die erreichte Dämpfung ergibt sich aus dem Spannungstei-

lverhältnis der Störspannungsquellen-Innenimpedanz und der Impedanz des Kondensators. Die besten Resultate werden mit der Verwendung von LC-Filtern erreicht. Wie wir bereits früher festgestellt haben, lässt sich über das Frequenzspektrum der Netzstö-

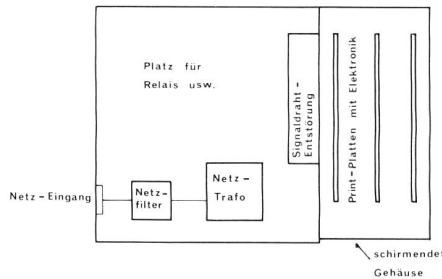


Bild 5 Aufbau eines Gerätes mit geschirmtem Abteil für den Einbau der empfindlichen Elektronik.

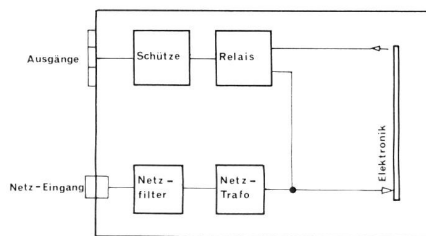


Bild 6 Gerätekonstruktion, bei der mit der räumlichen Trennung und der separaten Kabeleinführung eine genügend hohe Störsicherheit erreicht worden ist.

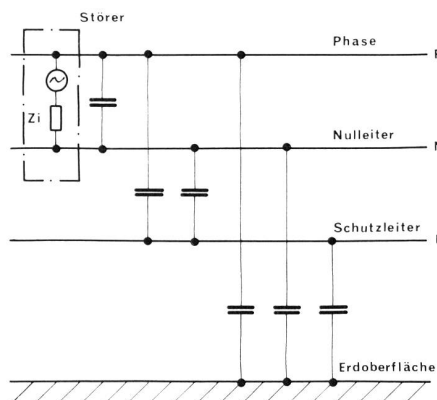


Bild 7 Die zwischen Phase und Nulleiter entstandene Störung wird auf den parallel verlegten Schutzleiterdraht eingekoppelt. Es entsteht auch ein Bezug zur Erdoberfläche oder anderen grossflächigen Leitern.

rungen nur so viel sagen, dass eigentlich die ganze Breite von niederfrequenten Oberwellen der Netzfrequenz bis ins Dezimeterwellengebiet vorhanden sein kann. Ein Schwergewicht liegt im Bereich von etwa 100 Kilohertz bis zu einigen Megahertz, weil sich solche Signale in einer Netzinstallation noch gut ausbreiten können. Die beschränkte Sperrbandbreite des Netzfilters darf aber toleriert werden, weil die verwendete Elektronik für Frequenzen oberhalb ihrer Schaltgeschwindigkeit weniger störungsempfindlich reagiert und sich niederfrequente Störungen auch noch in der Stromversorgung dämpfen lassen. Ausserdem können verschiedene zusätzliche und zum Teil einfache Massnahmen die Störung abschwächen.

Wenn wir die drei in Bild 8 skizzierten Störspannungsquellen auf ihre Wirkung untersuchen, dürfen wir in den meisten Fällen die unter c gezeichnete Anordnung ausser Betracht lassen. Diese Störungen können sich nur dann auswirken, wenn die Elektronik nicht in einem schirmenden Gehäuse eingebaut ist oder durch Signaldrähte eine Rückführimpedanz gegen die Erdoberfläche gebildet wird.

Von ihrer Entstehung her gesehen sind die stärksten Störsignale als Gegentaktspannungen zu erwarten. Diese Störungen werden im Netzfilter auf zwei Arten reduziert. In einfachen Netzfiltern wird ein Kondensator zwischen Phase und Nulleiter geschaltet. Zusammen mit der Quellenimpedanz der Störspannungsquelle zwischen Phasen- und Nulleiter ergibt sich ein Spannungsteiler. Die Quellenimpedanz dürfte im interessierenden Frequenzbereich etwas

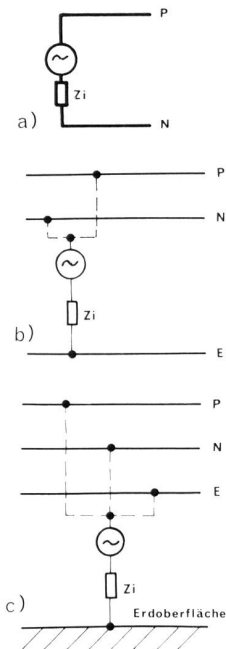


Bild 8 Die drei Ersatzschaltungen für die auf Netzleitungen auftretenden Störspannungen  
a) Gegentakt- oder symmetrische Störspannung  
b) Gleichtakt- oder asymmetrische Störspannung  
c) Gleichtakt- oder asymmetrische Störspannung aller Netzleitungen gegenüber der Erdoberfläche.

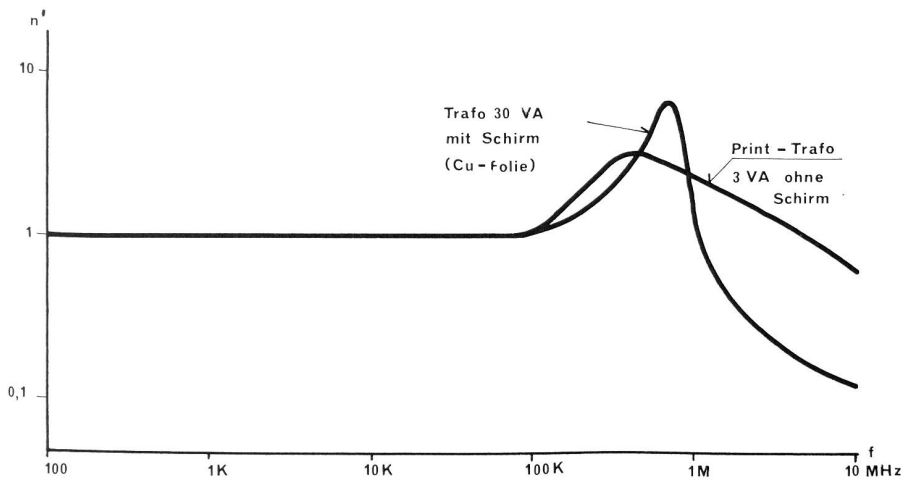


Bild 9 Frequenzgang des Übersetzungsverhältnisses  $n'$  kleiner Netztransformatoren, bezogen auf jenes bei 50 Hertz Netzfrequenz. Spannungen 220 Volt: 15 Volt. Die Belastung weiterer vorhandener Sekundärwicklungen oder ein anderer Transformatoraufbau, wie beispielsweise Zweikammerwicklung, haben keinen wesentlichen Einfluss auf die Übertragungskurve.

kleiner als der Wellenwiderstand der Verkabelung sein und beträgt etwa 100 Ohm. Bei hohem Störgrad oder grosser Störempfindlichkeit kann es notwendig sein, anstelle des Kondensators eine LC-Tiefpassschaltung vorzusehen. Die Schutzwirkung wird dann weniger von der Art der Störquelle und den Netzleitungsverhältnissen abhängig. Der Glaube, ein nachgeschalteter Netztransformator übertrage die Hochfrequenzsignale wegen der Eisenverluste nicht, ist weit verbreitet, aber falsch. Bild 9 zeigt den Frequenzgang des Übersetzungsverhältnisses eines üblichen Netztransformators mit geschirmter Wicklung. An leerlaufenden Wicklungen können sogar hinauftransformierte Störspannungen entstehen. Leerlaufend heisst in unserem Fall, dass die Wicklung hochfrequenzmässig nicht belastet ist, wie zum Beispiel eine Kleinspannungswicklung, die Relais, Magnetventile und ähnliches speist.

Gleichtaktstörspannungen gelangen über die meistens kapazitive Kopplung von der Primärseite der Stromversorgung auf die Versorgungsspannungen der Elektronik und auch auf die interne Verdrahtung des Gerätes. Die Reduktion dieser Störungen erfordert im allgemeinen immer eine LC-Tiefpassschaltung im Netzfilter, und zwar deshalb, weil die zulässige Kapazität zwischen den Spannung führenden Leitungen des Netzes und der Schutzerdung durch Vorschriften begrenzt ist. Dies gilt nur für Geräte, die mit Netzsteckern ausgerüstet sind. In Apparaten mit fest am Netz angeschlossenen Netzkabeln (z.B. Schraubklemmen) ist der Ableitstrom, der durch diese Kondensatoren entsteht, nicht begrenzt. Er sollte trotzdem nicht grösser als etwa 5 Milliampere sein, weil sonst allfällig vorhandene Fehlerstromschalter an-

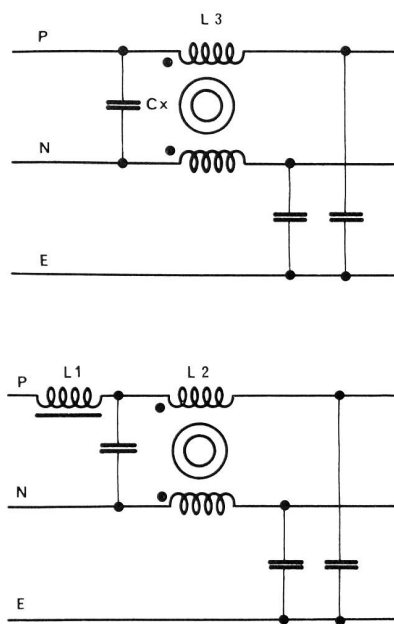


Bild 10 Schemata und Dämpfungsverlauf von Netzfiltern.

a) LC-Tiefpassfilter für die Gleichtaktdämpfung und Shuntkondensator  $C_x$  für die Gegentaktdämpfung.

b) LC-Tiefpassfilter für Gegentakt- und Gleichtaktdämpfung

Die Schaltung b wird für grosse Ströme aufwendiger, da die Spule  $L_1$  vom Netzstrom magnetisiert ist. Die Gleichtaktspulen  $L_2$  und  $L_3$  sind stromkompensiert, d.h. die 50-Hertz-Magnetfelder der beiden Wicklungen kompensieren sich. Daher können diese Spulen mit Ferritringkernen relativ klein und billig hergestellt werden. Gleichtaktdämpfungskurven: Ausgezogene Kurven entsprechen den wirklichen Verhältnissen, d.h. der Abschlusswiderstand des Filters ist hochohmig (z.B. 100 Kiloohm). Demgegenüber sind die gestrichelten Kurven Messresultate der sogenannten Einfügungsdämpfung, d.h. der Abschlusswiderstand beträgt 50 Ohm.

sprechen. (Der Kapazitätswert gegen Schutzerdung darf somit maximal 50 Nanofarad sein.)

Die Spule der LC-Tiefpassschaltung für die Gleichtaktdämpfung kann als stromkompensierte Spule mit zwei genau gleichen Wicklungen gebaut werden.

Ausser dem Netzfilter gibt es noch eine Reihe von Massnahmen gegen das Eindringen von Gleichtaktstörungen, zum Beispiel sollen die Kapazitäten zwischen gestörter und entstörter Netzverdrahtung sowie zwischen Primär- und Sekundärseite des Netztransformators klein gehalten sein. Günstig ist der Einbau von Netzfiltern als Durchführungen, weil dann keine ungefilterten Netzkabel im Gerät verlegt sind. Andere Möglichkeiten sind geschirmte Netzkabel, Schirmbleche über dem ungefilterten Netzteil und ganz allgemein eine kurze Netzkabelführung. Beträchtliche Dämpfungen lassen sich auch mit dem Einfügen eines statischen Schirmes zwischen Primär- und Sekundärwicklung des Netztransformators erreichen (Bild 13). Die Dämpfungen der Netzfilter werden in den

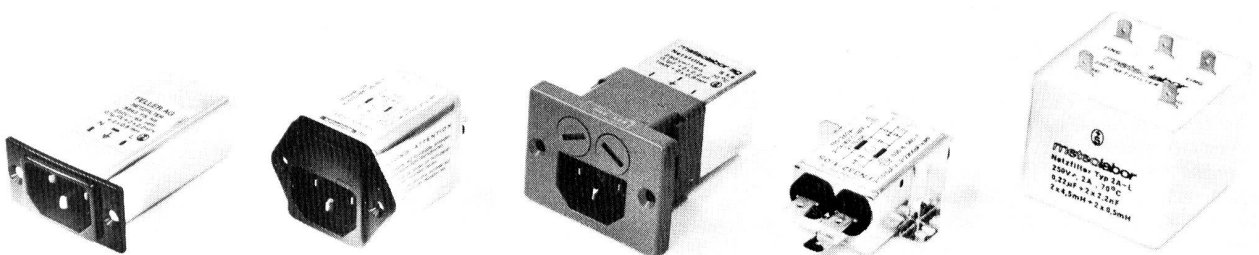
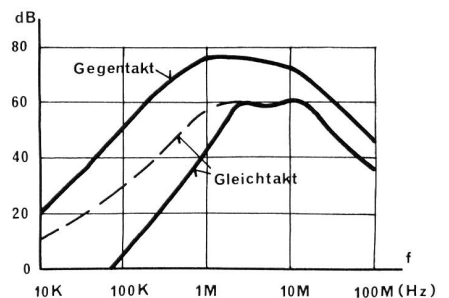
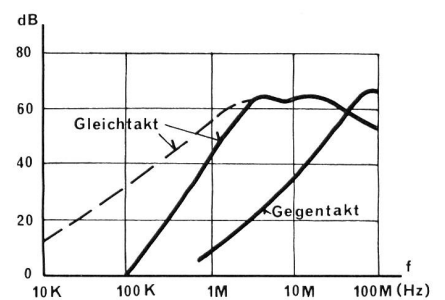


Bild 11 Im Handel erhältliche Netzfilter von drei massgebenden schweizerischen Herstellern.

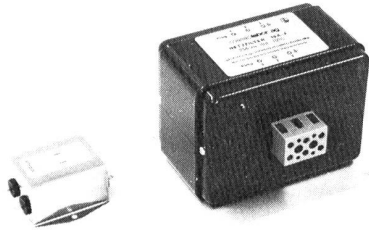


Bild 12 Grössenvergleich von zwei Netzfiltern 220 Volt/10 Ampere. Das Filter links enthält eine Schaltung nach Bild 10a, das Filter rechts eine Schaltung nach Bild 10b.

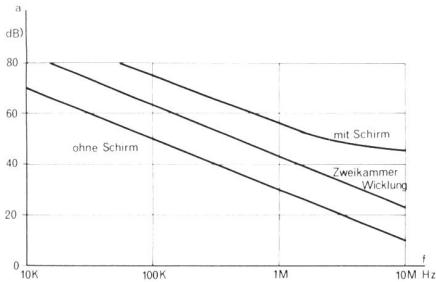


Bild 13 Einfluss des Wicklungsaufbaues eines 30-Voltampere-Netztransformators auf die Gleichtakteinfügungsdämpfung. Die Darstellung zeigt, dass die relativ einfache Massnahme eines elektrischen Schirmes zwischen Primär- und Sekundärseite etwa 20 Dezibel Abstand gegenüber einem gewöhnlichen Wicklungsaufbau ergibt.

meisten Datenblättern als sogenannte Einfügdämpfungen angegeben. Die Messung erfolgt also mit einem Generator mit 50 Ohm Innenwiderstand und einem Abschlusswiderstand von ebenfalls 50 Ohm. Während der Generatorwiderstand etwa in der gleichen Grössenordnung wie der Quellenwiderstand des störenden Netzes sein dürfte, ist der Abschlusswiderstand für das Gleichtaktsignal in jedem Fall weit von der Wirklichkeit des praktischen Einsatzes entfernt, denn die Impedanz (Isolationswiderstand) zwischen Phase und Schutzterdung muss wesentlich grösser als 50 Ohm sein. Die Gleichtaktdämpfungskurven der Datenblätter von Netzfiltern dürfen deshalb nur zum Vergleich mit anderen unter denselben Bedingungen gemessenen Anordnungen dienen, aber nicht zur Berechnung der tatsächlichen Abschwächung von Störspannungen. Besonders für tiefe Frequenzen ist die Einfügdämpfung gegenüber den wirklichen Verhältnissen zu hoch (Bild 10).

Gelegentlich können elektronische Geräte auch von Netzkommandosignalen gestört werden. Diese Steuersignale werden von den Elektrizitätswerken als niederfrequente Steuerimpulse zu gewissen Zeiten dem Verteilnetz aufgebracht. Diese Technik ist besonders in der Schweiz verbreitet. Geräte ausländischer Herkunft können deshalb in unserem Land gestört werden, weil der Gerätekonstrukteur in seinem Land ohne Netzkommandosteuerungen gar nicht auf dieses Problem gestossen ist. Die Netzkommandosignale auf dem 220-Volt-Netz haben eine Spannung von etwa 6 Volt und Frequenzen von einigen 100 bis 2000 Hertz. Auch hier treten wegen der Verkopplung der Netzleiter Gegentakt- und Gleichtaktkomponenten auf. Die Gegentaktkomponente kann mit speziellen Netzkommandosperrfiltern abgeschwächt werden, während sich die Gleichtaktsignale nur mit einem sauberen Aufbau des Netzteiltes oder mit einem Trenntransformator reduzieren lassen.

(Fortsetzung folgt)

**Billet de Romandie**

**Nouvelle Convention entre la Confédération et le Canton de Genève**

Dans un communiqué le DMF nous informe que le Conseil Fédéral a autorisé le DMF à renouveler la convention d'utilisation de la place d'armes de Genève avec le Canton.

A l'origine de cette nouvelle convention il y a le souhait des deux parties d'intégrer les avenants conclus depuis la signature, en 1964, de l'accord précédent. Cette nouvelle convention dont la validité s'étendra jusqu'en 2025 porte comme la précédente sur une indemnité annuelle minimum de fr. 160 000.-.

Renseignements pris, il s'agit d'inclure 9 avenants. La Caserne des Vernets est propriété du Canton et non de la Confédération. Cette indemnité sert à couvrir les frais d'intérêts, d'entretien et d'amortissement en fonction de l'utilisation par la troupe.

Rappelons que Genève a toujours été liée à la protection aérienne. Mentionnons que c'est dans cette ville que les cours sur le «droit des gens» et «les droits de la guerre» sont donnés aux cdt de régiments, aux adjudants, aux aumôniers, aux personnes rattachées à la justice militaire, nous rappelait Monsieur Briod, à Berne, qui a aimablement accepté de nous documenter sur les annexes du communiqué.

Rédaction romande (Ph. V)

Pour les sociétés centralisées, tout changement est agression.  
Alain Peyrefitte

**Actualités des sections**

**Section Genève**

Ouf! Je l'ai échappé belle: contrairement à la mésaventure de mon collègue de La Chaux-de-Fonds, mon article de janvier n'a pas été égaré par la rédaction lausannoise, puisque je n'ai pas eu le temps de l'envoyer...

Mais j'ai tout de même pris bonne note des résolutions de ladite rédaction. Il faut bien le dire: depuis que je collabore au «PIONIER», il me semble que les mois ont rétréci, que les délais de rédaction semblent toujours plus courts. Qu'en définitive il faut vraiment s'accrocher pour envoyer à temps son «papier».

Mais, au seuil d'une nouvelle année, on est toujours plein de bonne volonté. Alors promis, pour 1986 je vais faire de mon mieux pour suivre les activités – oh combien attrayantes – de notre estimée section. Mais aussi, pensez à fournir des «scoop» sensationnels à votre chroniqueur régional. Informez-le. Sans matière, sans sujet, sans histoire, alors pas d'article.

Tout d'abord, votre comité remercie tous les membres présents à notre assemblée générale du 13 décembre 1985 au local, ainsi que les deux représentants de la section de La Chaux-de-Fonds MM. Fontanat et Wildi. Ils en ont été

quittes pour nous prodiguer des conseils de déneigement à Genève, mais cela peut encore venir!

Notre Président JR a brossé un tableau optimiste et heureux (deux nouveaux membres: un membre junior et une Rose active) pour les activités de la saison 1985. Il a été (bien sûr) reconduit dans sa fonction ainsi que tout le comité (ce qui était moins sûr). Puis, nous avons entendu tous les rapports qui se suivent année après année. Le secrétaire Reymond était content: personne n'a demandé la lecture du PV de la précédente assemblée...

Un rapport sortait de l'ordinaire. Pas par son contenu, mais par sa forme. En effet, notre ami Tournier, responsable des marcheurs, a présenté son rapport d'une manière résolument moderne: sur cassette. Ses explications étaient dites sur fond musical (marche militaire oblige). Chaque paragraphe était ponctué par de la musique, cela donnait le temps au secrétaire de prendre des notes, merci pour lui. Son activité de marcheur a été débordante pour 1985, jugez plutôt: 400 km en 12 jours (Marche Europa); 100 km en 3 jours (Stein, Argovie); 220 km en 4 jours (Nij, Hollande); 100 km en 3 jours (Bodan) et quelques autres «petites» marches plus l'entraînement pour arriver à un total de 1357 km! Chapeau. Et cette année, il se prépare pour faire Morges-Birmingham... bien le bonjour à Mme Thatcher. Notre ami Tournier, qui n'a peur de rien, pourrait s'inscrire au Paris-Dakar, à pied, sponsorisé par l'AFFT et la Galerie Vallo-ton, équipé par le DMF, c'est sûrement possible. Et on se réjouit déjà... car si il présente son rapport en cassette-vidéo, on fera sûrement une séance supplémentaire pour le bonheur de notre cher trésorier.

Puis, après clôture de cette assemblée, nous avons cassé la «marmite» et terminé dans une ambiance chaleureuse. Et cette année notre organisateur-maison Jost a «osé» amener une marmite en chocolat au lait au lieu du traditionnel chocolat noir. Elle fut excellente et pour ne pas décevoir notre brave «Zim» nous lui en avons apporté une petite sur mesure, mais en chocolat noir. Bon sang, quand on vient de passer le cap de la cinquantaine, on se ménage, on a son fan-Club mais, oh tristesse, on «doit» aussi rendre ses affaires militaires. C'est la vie, Bob, c'est dur!

Mais revenons aux choses sérieuses. En ce qui concerne nos traditionnelles activités, nous pouvons déjà vous annoncer que notre section participera à une manifestation unique, qui se déroulera à Genève les 21 et 22 juin 1986. Ce sera la Fête fédérale des costumes suisses. Elle se tiendra dans toute la ville ainsi qu'au Parc de la Grange.

Il y aura un énorme cortège avec tous les participants. Les organisateurs attendent pas moins de 100 000 visiteurs!

Notre section aura besoin de beaucoup de monde pour assurer le bon déroulement de cette grandiose fête. Réservez d'ores et déjà ces dates et tâchez de répondre «présent». Les formulaires d'inscription vous parviendront en temps utile.

Mais plus près de nous, au mois de mai, nous avons le Marathon. Là aussi nous aurons besoin de monde.

Un dernier mot pour la section: cotisation. N'oubliez pas de régler votre cotisation 1986 qui permet le bon fonctionnement de l'AFFT.

Au nom du comité, merci. ERA