Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 79 (1988)

Heft: 7

Artikel: Montre sobre

Autor: Dellea, M. / Langenegger, J. / Béguin, A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-904019

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: 09.12.2025

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

Montre sobre

M. Dellea, J. Langenegger, A. Béguin, Ch. Cattin, Ph. Châtelain

L'autonomie d'une montre électronique à affichage analogique peut être augmentée en exploitant l'énergie lumineuse ambiante et en interrompant la marche de l'aiguille affichant les secondes lorsque l'éclairement est insuffisant. Ces moyens permettent de réduire de moitié l'énergie habituellement fournie par la pile. Les cellules photovoltaïques suggèrent de surcroît la réalisation d'un luxmètre, intégré à la montre.

Durch Nutzung der einfallenden Lichtenergie sowie durch Unterbrechen der Sekundenanzeige bei ungenügender Beleuchtung kann die Betriebsdauer einer elektronischen Uhr mit analoger Anzeige um etwa einen Faktor 2 verlängert werden. Die photovoltaischen Zellen, die zur Stromerzeugung benötigt werden, ermöglichen die gleichzeitige Integration eines Luxmeters in die Uhr.

Cet article est une version remaniée d'un travail primé dans le cadre du Prix Denzler 1987.

Adresse des auteurs

Prof. *Mario Dellea, Jeanine Langenegger, Alexandre Béguin, Christian Cattin, Philippe Châtelain,*
Ecole d'ingénieurs du canton de Neuchâtel (ETS), 2400 Le Locle.

La consommation énergétique d'une montre-bracelet est un paramètre important déterminant son autonomie. La tendance des consommateurs pour l'indication horométrique analogique pénalise la durée de vie des piles, l'énergie nécessaire à l'entraînement de l'aiguille affichant les secondes étant relativement importante.

Pour remédier à cet inconvénient, divers dispositifs ont été étudiés, voire réalisés, exploitant l'énergie environnante principalement solaire et thermique. Ces solutions ont été abandonnées, la marche d'une montre nécessitant un stockage de cette énergie dans des accumulateurs de dimensions horlogères, dont les caractéristiques se dégradent en quelques années. Le système projeté permet de prolonger la durée de vie de la pile en accumulant l'énergie fournie par des cellules solaires dans un condensateur et en l'utilisant, lorsqu'elle est suffisante, pour assurer le mouvement de l'aiguille des secondes. D'autre part, lorsque l'éclairement ambiant ne permet plus la lecture de l'heure, il est loisible d'imaginer l'arrêt de ce mouvement. Finalement, l'emploi de cellules photovoltaïques a suggéré d'incorporer à cette montre un dispositif de mesure de l'éclairement ambiant [1].

Montre à aiguilles

La montre à aiguilles indiquant heures, minutes et secondes est un modèle répandu. Elle se compose généralement d'un circuit intégré (IC) piloté par un quartz à 32 kHz, dont la fonction principale est d'actionner un moteur entraînant les aiguilles (fig. 1). Le circuit intégré comporte un oscillateur qui interagit avec le quartz, permettant ainsi d'obtenir un signal stable en fréquence, qui est la référence temporelle. D'autre part, il contient un système logique qui génère chaque seconde une impulsion de quelques millisecondes, suffisante pour activer le moteur entraînant la trotteuse (aiguille indiquant les secondes, encadré 1). La puissance nécessaire, fournie par une pile de 1,5 V, est de quelques microwatts; elle se répartit ainsi:

- 80% pour actionner la trotteuse,
- 20% pour activer le quartz, produire des impulsions de commande, indiquer la date et actionner les aiguilles affichant heures et minutes.

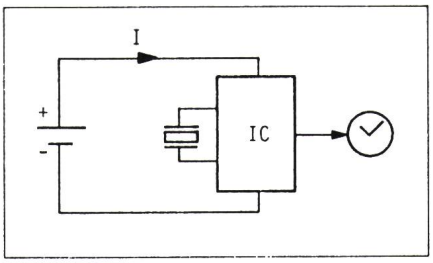


Figure 1 Eléments d'une montre

Cette consommation détermine la durée de vie de la pile, donc l'autonomie de la montre qui est limitée à 3, voire 4 ans, dans ce cas. Pour prolonger cette indépendance, il faut agir sur trois fronts:

- diminuer la consommation des divers organes de la montre,
- augmenter la capacité des piles en respectant leur faible taille,
- récupérer l'énergie environnant la montre.

Dans le cadre de l'électronique, un accroissement d'autonomie de la montre est effectuée de deux façons: récupération d'énergie et économie d'énergie.

Récupération d'énergie

La mesure du temps exige le fonctionnement continu de la montre, or il n'est pas possible, dans son milieu, de disposer constamment d'énergie récupérable, qu'elle soit lumineuse, thermique ou mécanique; donc, a priori, il

faut la stocker dans un accumulateur de faible taille. Malheureusement, cette solution est actuellement inutilisable en raison de sa durée de vie limitée à quelques années. Une autre démarche consiste à réduire la sollicitation à la pile en s'approvisionnant à un condensateur, dans lequel est stockée l'énergie récupérée. Il est prévu de ne l'utiliser que pour activer la trotteuse, pour les raisons suivantes:

- 80% de l'énergie globale est absorbée pour l'entraînement de cette aiguille,
- le dispositif est simple et il n'est pas évident qu'un système plus complexe permette un supplément sensible d'autonomie.

La figure 2 montre le dispositif de récupération. La séquence de commutation est constituée de deux phases.

1. Charge éventuelle du condensateur C: durant la seconde qui sépare chaque pas du moteur, le condensateur C se charge, pour autant que l'éclairement le permette.

2. Sélection de la source d'alimentation du moteur: avant d'actionner le moteur, deux cas peuvent se présenter:

- le potentiel V_{so} du condensateur C est supérieur au potentiel V_{batt} de la pile; le commutateur est placé en position I. Le condensateur peut alors alimenter le moteur seconde durant 4 à 8 millisecondes, nécessaires pour un pas, encadré 1),
- le potentiel V_{so} est inférieur au potentiel V_{batt}; le commutateur est placé en position II et c'est la pile qui effectuera le travail.

Dimensionnement

Condensateur C: La tension nominale de commande du moteur (fig. 2) est de 1,5 V et la chute de tension ΔU qu'il peut admettre durant l'impulsion est de 0,5 V. En admettant des impulsions de Δt = 7 ms et un courant moyen de 0,7 mA (encadré 1), ce qui représente un cas plutôt défavorable, on détermine

$$C = I \frac{\Delta t}{\Delta U} \simeq 10\,\mu F \qquad (1)$$

Un tel condensateur, au tantal, ayant une tension de service de 2 V, peut facilement être incorporé à une montre. Son courant de fuite ne dépasse pas 0,2 µA.

Photopiles: après une impulsion moteur, le condensateur doit être rechargé de 1 V à 1,5 V en moins de 1 seconde. Les photopiles (encadré 2) se comportent comme des sources de courant; ainsi le courant récupéré minimum $I_{so\,min}$, permettant d'alimenter continuellement le moteur seconde vaut:

$$I_{so\,min} = C \frac{\Delta U}{\Delta T} \simeq 5\,\mu A \qquad (2)$$

Il est, par ailleurs, prévu d'interrompre la marche de la trotteuse en cas d'éclairement insuffisant. Cette limite est d'environ 100 lux. A cette valeur, une photopile de 1 mm² fournit environ 0,12 µA pour une tension de 0,25 V (encadré 2). Il faut donc une cellule de 40 mm² pour fournir le courant $I_{so\,min}$. Et pour le générer sous une tension de 1,5 V, il faut assembler 7 à 8 cellules en série, compte tenu de la diode Schott-

Le moteur pas-à-pas

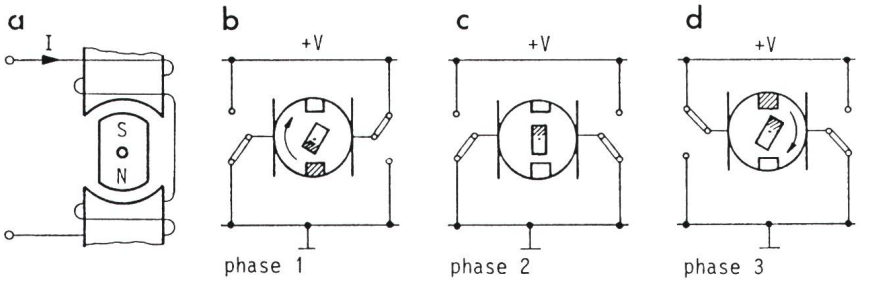


Figure E1 Moteur pas à pas bipolaire
a schéma de principe
b, c, d commande du moteur

L'entraînement des aiguilles d'une montre est assuré par un moteur pas-à-pas (fig. E 1). Une impulsion de courant, ayant le sens indiqué sur le dessin, engendre une force de répulsion qui imprime à l'aimant une rotation de 180°; (phase 1) sa position est à nouveau stable (phase 2). Une impulsion de sens contraire lui permet ensuite d'effectuer le pas suivant (phase 3). Les impulsions nécessaires pour effectuer un pas ont une durée de 4 à 8 ms; le courant moyen ainsi consommé vaut 0,5 à 1 mA. A raison d'une impulsion par seconde, l'alimentation d'une montre doit fournir un courant d'au moins 2 µA pour actionner le moteur.

L'alternance de sens du courant lors de chaque impulsion est assurée par quatre commutateurs électroniques au transistors MOS (fig. E 1b à E 1d).

Encadré 1

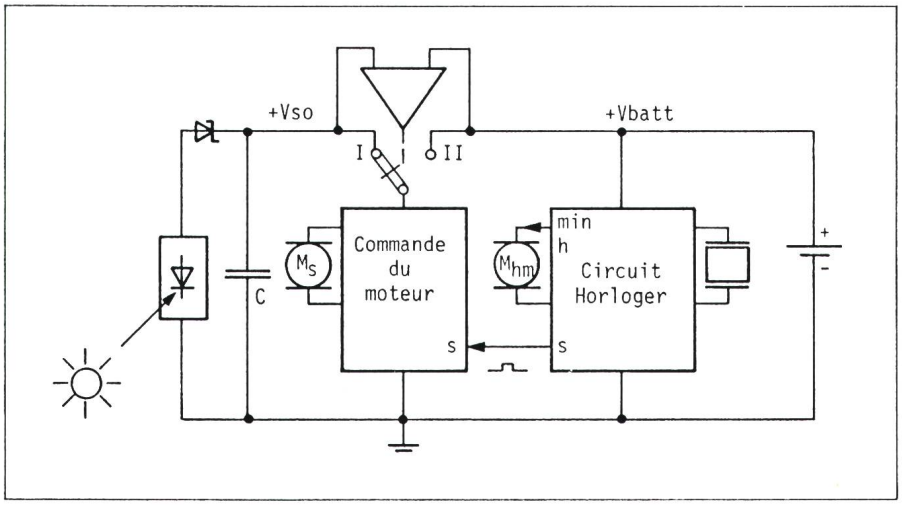


Figure 2 Dispositif de récupération d'énergie

s seconde
min minute
h heure
M_s moteur des secondes
M_{hm} moteur des heures et minutes

Les photodiodes

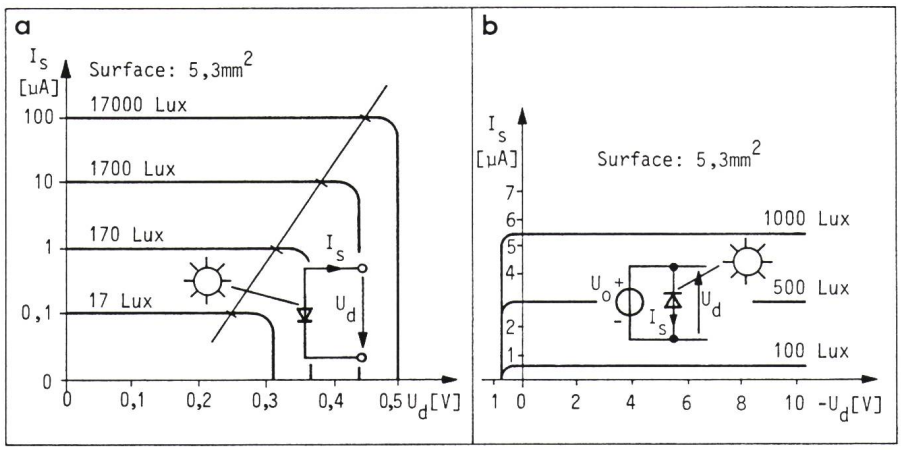


Figure E2 Photodiode

a	en mode photovoltaïque
b	en mode photoconducteur
U_d	tension de diode
I_s	courant inverse

La lumière est une onde électromagnétique dont l'énergie est partiellement récupérable au moyen de cellules photovoltaïques (photodiodes). Les photodiodes sensibles dans le domaine visible sont généralement constituées d'une jonction PN sur du silicium. Le rayonnement y produit des paires électrons-trous contribuant à augmenter le courant de conduction inverse. On distingue deux modes d'utilisation des photodiodes (fig. E 2).

Le mode photovoltaïque

La diode est équivalente à un générateur électrique (fig. E 2a) dont la puissance dépend de l'éclairement. On spécifie sa tension utile qui correspond au maximum d'énergie fournie. Les photopiles sont réalisées par assemblage de cellules en série (afin d'atteindre la tension nécessaire) et en parallèle (afin d'atteindre le courant désiré).

Les rendements de conversion sont actuellement de l'ordre de 10 à 20%.

Une cellule de 1 mm² génère approximativement un courant de 0,12 µA à une tension de 0,25 V lorsqu'elle est exposée à un éclairement de 100 lux, juste suffisant pour lire ce texte (encadré 3).

Une étude statistique [2] effectuée dans le canton de Neuchâtel durant l'année 1977 a permis de vérifier qu'une surface de 120 mm² de photopiles peut fournir l'énergie nécessaire à une montre consommant 3 µW, pour 80% des porteurs. Une telle surface permet précisément de récupérer la puissance nécessaire à la montre envisagée, lorsque l'éclairement est de 100 lux.

Le mode photoconducteur

La diode est polarisée en sens bloquant (fig. E 2b); le courant inverse croît linéairement avec l'éclairement et est presque indépendant de la tension aux bornes de la diode.

Encadré 2

ky empêchant la décharge du condensateur (fig. 2). Donc, moyennant une surface de photopile de 300 mm², chaque pas de la trotteuse peut être effectué en utilisant l'énergie lumineuse récupérée. Il est aussi possible de réduire cette surface de moitié en acceptant qu'un pas sur deux soit pris en charge par la pile lorsque l'éclairement se situe entre 100 et 200 lux.

Economie d'énergie

Si l'éclairement ambiant est insuffisant, la lecture de l'affichage est difficile, voire impossible; donc, plutôt que de recourir à la pile pour actionner la trotteuse, il est préférable d'interrompre sa marche. Elle la reprend, après repositionnement, lorsque l'éclairement dépasse le seuil prescrit. Un deuxième moteur est ainsi nécessaire pour assurer l'entraînement des aiguilles affichant minutes et heures. L'arrêt du moteur n'a lieu que si l'éclairement insuffisant a été mesuré continuellement durant quelques minutes.

Un *premier compteur* (fig. 3) est incrémenté chaque seconde, il mémorise ainsi le temps écoulé. Un *second compteur* est incrémenté à chaque pas du moteur, il mémorise la position relative de l'aiguille. Un *comparateur* confronte en permanence leur contenu; il permet la production d'impulsions moteur tant qu'il constate une différence, pour autant que l'éclairement soit suffisant.

En cas d'utilisation d'un moteur réversible (marche avant ou arrière), le repositionnement nécessite au plus 29 pas; actuellement, les moteurs pas à pas utilisés en horlogerie sont capables d'avancer à plus de 60 pas par seconde. Le repositionnement ne nécessite donc qu'une demi-seconde.

Mesure de l'éclairement

La mesure de l'éclairement assure les deux fonctions:

- détection du seuil d'éclairement décrétant la progression ou l'immobilisation de la trotteuse, et
- affichage de l'éclairement ambiant en lieu et place de la date lorsque l'utilisateur le désire (luxmètre).

La mesure de l'éclairement nécessite d'utiliser une photodiode en mode *photoconducteur* (encadré 2, fig. 4). Pour cela, un dispositif de commutation permet de polariser en sens bloquant une cellule de l'ensemble des photopiles. Le courant inverse est ainsi proportionnel à l'éclairement.

Un *comparateur* confronte ce courant à une référence, procédant ainsi à la détection du seuil de 100 lux. Cette opération dure une milliseconde et est répétée chaque seconde.

Par ailleur, un circuit (luxmètre) convertit le courant de la photodiode en information numérique permettant l'affichage de l'éclairement ambiant à la place de la date. Cette fonction est ordonnée par l'utilisateur, elle accroît la consommation de 0,15 µA.

Bilan énergétique

Le dispositif tente d'économiser l'énergie emmagasinée dans la pile en

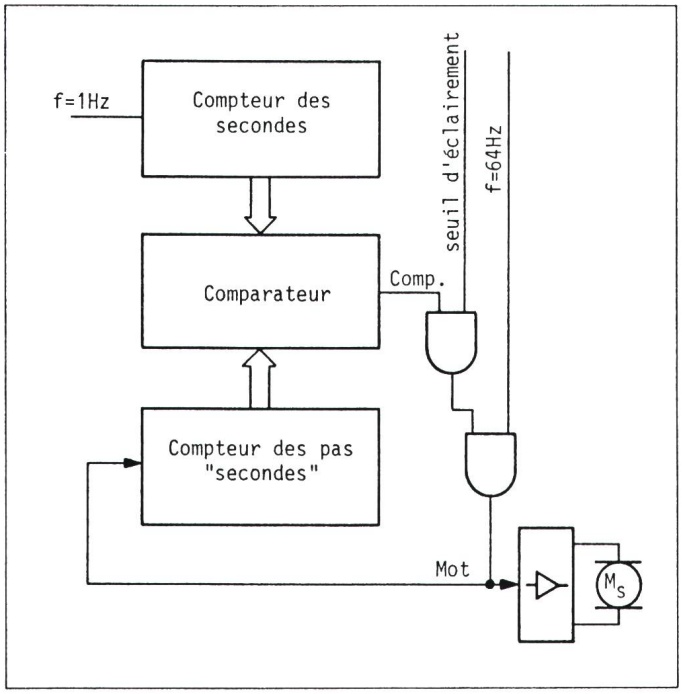


Figure 3
Commande du moteur des secondes

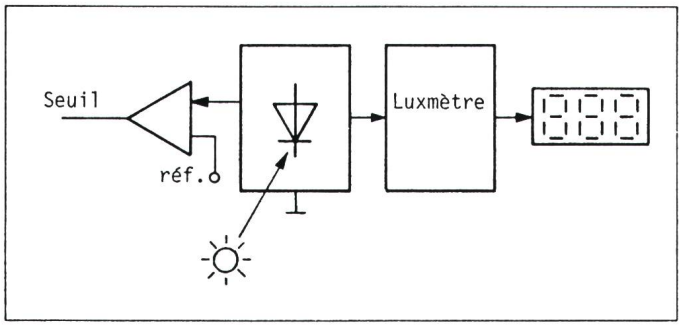


Figure 4
Mesure de l'éclairement

L'éclairement

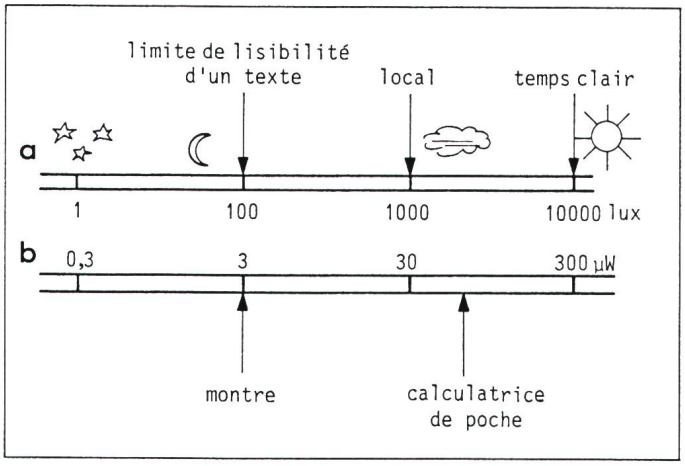


Figure E3
Eclairement (a) et puissance correspondante fournie par une photopile de 120 mm² (b)

L'éclairement (fig. E 3) exprime la puissance de la lumière ambiante par unité de surface (1 lux = 1 lm/m²). Dans le cas d'un luxmètre, sa mesure nécessite une photodiode dont le spectre de sensibilité est proche du spectre de l'œil (lumière visible). La grandeur de l'éclairement peut être exprimée ainsi:

- 50 à 100 lux: faible éclairement, limite de la lisibilité d'un texte,
- 500 à 1000 lux: éclairement artificiel d'une salle,
- 10 000 lux: éclairement moyen par temps clair.

Encadré 3

exploitant la lumière ambiante ou en profitant de l'obscurité. Considérons une montre conventionnelle à aiguilles indiquant heures, minutes et secondes. Sa consommation est d'environ 2,5 µA, dont 2 µA pour actionner la trotteuse. Les éléments nécessaires à la mesure de l'éclairement et à la commutation des sources d'énergie consomment environ 0,3 µA. Donc, sans économie possible, la consommation de la montre proposée serait de 2,8 µA.

Selon l'éclairement ambiant et en supposant que la surface des photopiles est de 150 mm², on distingue quatre situations:

1. *Eclairement dépassant 200 lux:* l'énergie nécessaire pour chaque pas du moteur «secondes» est fournie par les cellules solaires. La consommation moyenne demandée à la pile est de 0,8 µA.

2. *Eclairement compris entre 100 et 200 lux:* un pas sur deux est pris en charge par les cellules solaires. La consommation moyenne demandée à la pile est de 1,8 µA.

3. *Eclairement inférieur à 100 lux (seuil ajustable):* la trotteuse est immobile. La consommation moyenne demandée à la pile est de 0,8 µA.

Repositionnement: la consommation moyenne peut atteindre 0,5 mA; toutefois, cette situation est rare et n'excède pas 0,5 seconde.

Il est raisonnable de supposer que pour le 80% du temps, le dispositif se trouve dans les situations 1 et 3. La consommation moyenne se situe ainsi vers 1 µA, soit moins de la moitié de la consommation habituelle d'une montre à aiguilles.

Conclusion

Les moyens présentés dans cet article pour augmenter l'autonomie d'une montre-bracelet se révèlent efficaces puisqu'ils permettent de diminuer de moitié l'énergie soutirée habituellement à la pile. Les inconvénients du produit proposé affectent son prix de fabrication, car ils requièrent un second moteur pour indiquer les minutes et heures, des cellules photovoltaïques disposées sur le cadran et un condensateur de 10 microfarad.

Indication des sources

[1] *MM. Mai Van Ly* et *Robert Delaroche:* Luxmètre digital - travail de diplôme 1986 EICN-ETS.

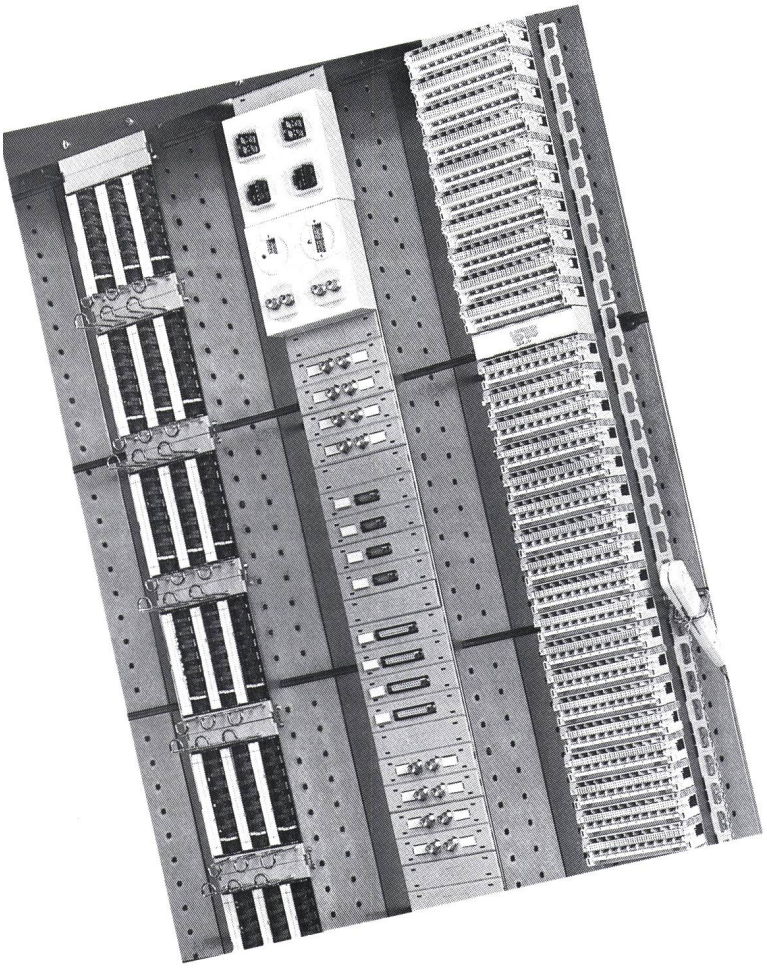
[2] *F. Callias:* Energie solaire récupérée au poignet CEH (CSEM) 1977.

Mit Installationstechnik sind wir bekannt geworden.

Mit Elektronik sind wir weiter gewachsen.

Mit technischem Fernsehen sind wir gross im Kommen.

Gemischte Verteiler von R+M: Damit Sie alles, was bis jetzt getrennt lief, problemlos auf das gleiche Gestell bringen. Inklusive Koax.



Auf die kürzeste Formel gebracht: Sie hätten keine Rangierverteiler-Probleme mehr, wenn Sie sie mit unseren Mitteln lösten. Unsere Mittel, das sind zuerst einmal die Kanalgrundelemente, dann das lötfreie Verteilersystem VS 83, die 2-, 4- und 6poligen SRV-Steckrangier-Verteiler, die V24-Schnittstellen- und schliesslich die Koaxialkabelverteiler, die somit unter den gleichen Hut gebracht werden können wie alles andere. Daraus ergibt sich höchste Flexibilität.

Erstens für Sie bei der Montage. Denn Sie müssen erst dann zur Bestückung schreiten, wenn ganz klar ist, was wo gebraucht wird. Und zweitens für Ihren Kunden. Nämlich dann, wenn er etwas ändern will. Zum Beispiel beim Computer. Aber warum die vielen Worte? Rufen Sie uns doch einfach einmal an:

01/931 81 11

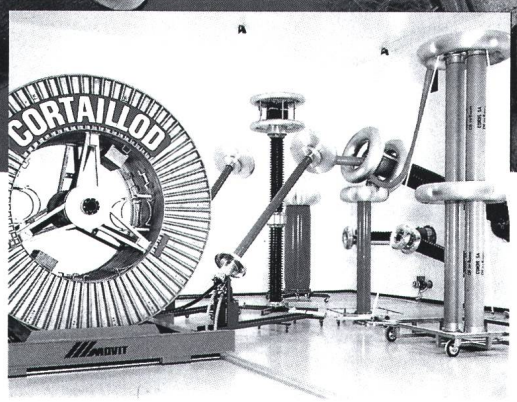
Es wird bestimmt ein interessantes Gespräch. Und ein lohnendes dazu.

Reichle+De-Massari AG
Binzstrasse 31
CH-8622 Wetzikon
Telefon 01/931 81 11

Reichle De-Massari
Elektro- und Kommunikationstechnik

WYSS+PARTNER

Das Innere dieses Kabels birgt das Geheimnis seiner Langlebigkeit



Exklusiv bei Câbles Cortaillod: Prüflabor für die Teilentladungsmessung an Kabeln bis 480 kV

Der Unterschied zwischen zwei HS-Kabeln lässt sich weder an ihrem Äusseren noch in einem Schnitt erkennen. Dazu muss man schon das Kabelinnere ins kleinste Detail und vor allem auf seiner ganzen Länge untersuchen. Câbles Cortaillod verlässt sich nicht allein auf äussere Schutzmassnahmen bei der Konzeption und Fabrikation seiner Kabel. Sie investieren verstärkt in Messungen, Versuche und Kontrollen. Mit leistungsstarken Ausrüstungen dotierte Labors und Prüffelder bestimmen die Eigenschaften und Qualität, die für das Betriebsverhalten und die Lebensdauer der Kabel ausschlaggebend sind.

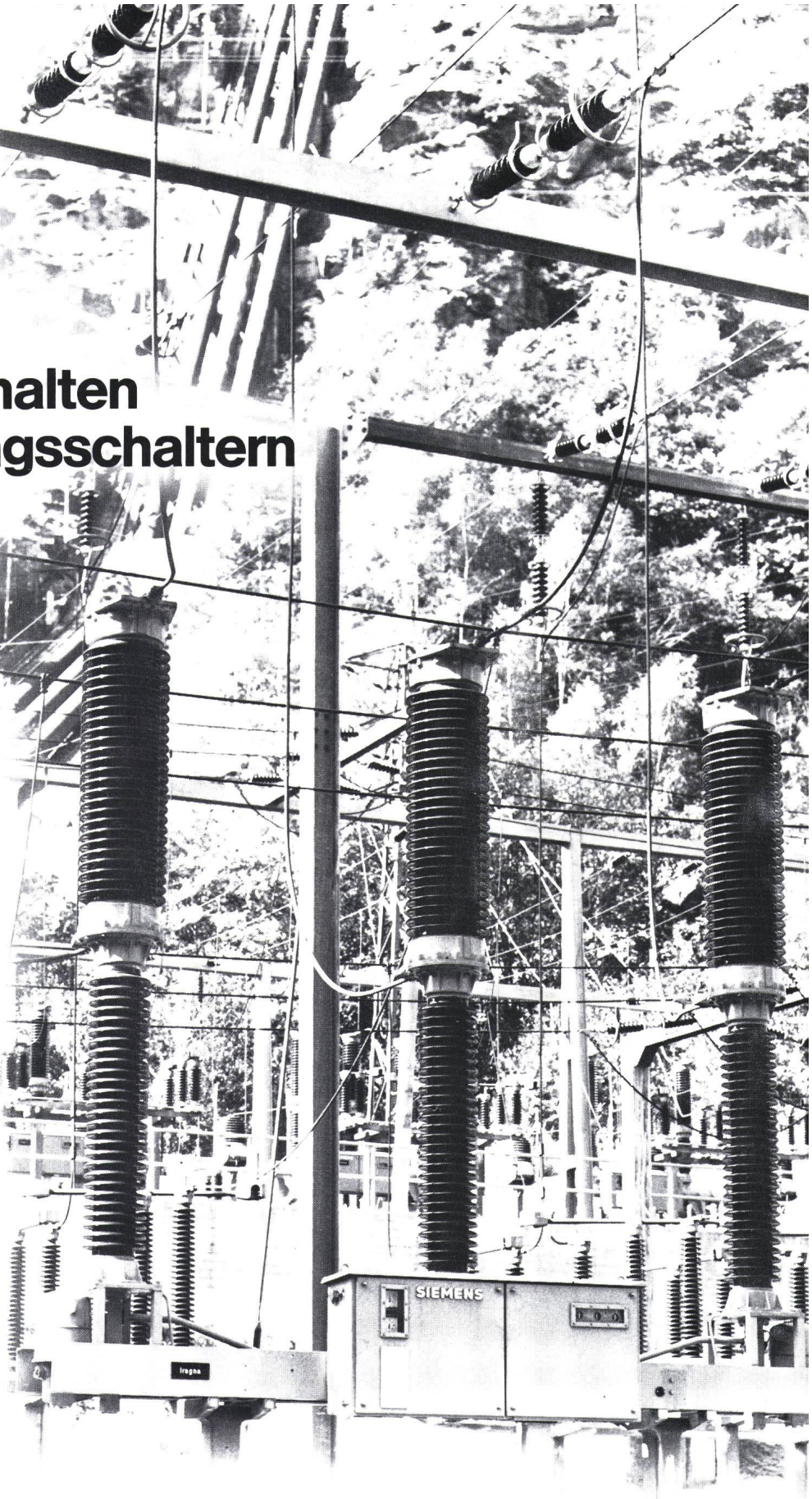
Câbles Cortaillod steht für fortschrittliche Technologie, Dienstleistungen und Sicherheit.

CH-2016 CORTAILLOD/SUISSE
TÉLÉPHONE 038/44 11 22
TÉLÉFAX 038/42 54 43
TÉLEX 952 899 CABC CH

CABLES CORTAILLOD
ÉNERGIE ET TÉLÉCOMMUNICATIONS

SIEMENS

Auf Zukunft schalten mit SF_6-Leistungsschaltern von Siemens



Tausende von Siemens-Hochspannungsschaltern stehen weltweit unter den verschiedensten Klimabedingungen im Einsatz.
Auch bei uns in der Schweiz sprechen sehr gute Referenzen für deren sicheren und problemlosen Einsatz.

mit Sicherheit
Im SF_6-Leistungsschalter von Siemens wird der Lichtbogen durch Blaskolbenprinzip und Doppeldüsen-Löschsystem innerhalb weniger Millisekunden gelöscht. Sichere Abschaltung mit hoher Leistung, lange Lebensdauer und konstante Kontaktwerte sind dadurch gewährleistet.

mit Leistung
Der elektrohydraulische Antrieb wird bei immer mehr Herstellern eingesetzt und erfüllt die hohen Ansprüche der heutigen Leistungsschalter.
Die Siemens-Hydraulik bietet jedoch zusätzlich einige Betriebsvorteile bezüglich Dämpfung, Mechanik und Druckkontrolle.
Siemens setzt diesen Antrieb einheitlich für alle Blaskolben-Schalter ein – auch für gekapselte Schaltanlagen.

mit langer Lebensdauer
Die erste Revision wird erst nach 20 Jahren oder nach 3000 Schaltspielen fällig. Ein Vorteil, mit dem Sie eine hohe Verfügbarkeit Ihrer Anlage erzielen.

mit dem richtigen Partner
Wir bieten umfassende Beratung – von der Projektierung bis zur Inbetriebsetzung der Schaltanlagen.
Auch bei unvorhersehbaren Ereignissen während des Betriebs genügt Ihr Anruf nach Zürich, Renens oder Lugano.
Wir sind für Sie da.

Siemens-Albis AG
Energieversorgung
Freilagerstrasse 28
8047 Zürich
Tel. 01/495 44 51

1020 Renens
Tél. 021/34 96 31

6904 Lugano
Tel. 091/51 92 71

Asea Brown Boveri bringt Sicherheit in die Stromversorgung.

Fussball weltweit via Satellit. Globale Gesprächsverbindungen – störungsfrei. Auch bei donnergrollenden Gewittern zur Selbstverständlichkeit geworden. Die Börsenkurse aus Tokio, die Wetterdaten bilderbuchbunt ab Meteosat: ein intaktes Kommunikationsnetz rund um die Uhr. Und die Tageszeitung pünktlich zum Morgenkaffee...

Ob beim Buchungscomputer auf dem Flughafen, bei der korrekten Verwaltung Ihres Bankkontos, bei der speditiven Abwicklung eines Versicherungsfalles oder bei der Fernsehübertragung über Satellit: überall müssen Netzstörungen und Stromunterbrüche zuverlässig verhindert werden.

Die unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) von Brown Boveri sichert eine absolut kontinuierliche Energielieferung bei Überwachungs- und Leitsystemen im Flugwesen und im Strassenverkehr, in Spitälern, bei EDV-Anlagen, in Fernmeldezentren und anderen Kommunikationssystemen. Sie garantiert bei Störungen einen autonomen Betrieb.

Eine vom Netz aufgeladene Batterie dient als Energiespeicher und versorgt über einen Wechselrichter die kritischen Verbraucher auch bei Netzausfall einwandfrei. USV-Anlagen von Brown Boveri sind kompakt gebaut und haben einen hohen Wirkungsgrad. Das Leistungsspektrum von 3 bis 2000 kVA reicht von der Büroautomatisierung bis zur Grossrechenanlage. Unser Service ist so zuverlässig wie die Geräte.

Auskunft und Unterlagen erhalten Sie über Telefon 056/29 98 73.

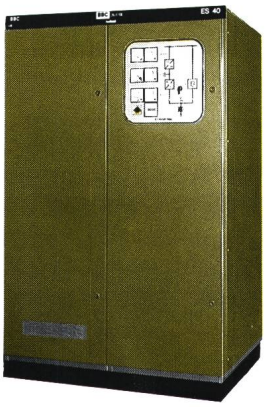


ABB
Asea Brown Boveri AG
Verkauf USV-Anlagen
CH-5401 Baden/Schweiz

ABB
ASEA BROWN BOVERI

CH-VE 5010 87 D