

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 61 (1970)  
**Heft:** 8

**Artikel:** Circuits analogiques et digitaux  
**Autor:** Dessoulavy, R.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-915936>

### **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:** 03.04.2026

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

# Circuits analogiques et digitaux <sup>1)</sup>

Par R. Dessoulavy, Lausanne

854 - 880

Dans le cadre d'un cycle de conférences sur l'état actuel des principales disciplines de l'électronique, l'auteur présente une introduction aux circuits analogiques et digitaux. Il situe tout d'abord son exposé dans l'ensemble des sujets traités et souligne la distinction entre l'information sous forme analogique et digitale. Les fonctions réalisées au moyen de circuits électroniques sont illustrées par quelques exemples simples d'amplificateurs et de circuits logiques élémentaires.

Im Rahmen eines Vortragszyklus über den heutigen Stand in wichtigen Bereichen der Elektronik werden die Grundlagen der analogen und digitalen Schaltungen beschrieben. Nach einer Einleitung über die behandelten Themen unterscheidet der Verfasser die Konzepte von analoger und digitaler Information. Die mit elektronischen Mitteln ausgeführten Funktionen sind an Hand von einfachen Schaltungen dargestellt.

## 1. Introduction

L'exposé qui suit a pour but d'apporter quelques notions très générales sur les circuits électroniques à des personnes n'ayant pratiquement aucune connaissance en la matière. Il s'inscrit dans un cycle de conférences dont les thèmes sont décrits au tableau I.

La première partie concerne principalement l'étude des éléments et des sous-ensembles électroniques. Elle répond aux questions suivantes:

- a) quels sont les éléments à semi-conducteurs utilisés en électronique et quel est leur principe de fonctionnement?
- b) quelles fonctions de base peut-on obtenir et comment les réaliser?
- c) quelles sont les méthodes de calcul particulières, notamment celles propres aux systèmes logiques?

La deuxième partie aborde quelques applications spécifiques et répond à la question générale:

- d) que peut-on faire avec l'électronique?

Notre exposé répond partiellement à la question lit. b. On part de l'idée que les éléments à semi-conducteurs sont connus. Leur utilisation dans des circuits électroniques élémentaires permet de réaliser certaines fonctions élémentaires. La description de ces fonctions et de ces circuits élémentaires permettra de comprendre le fonctionnement des circuits intégrés; ces derniers concrétisent la forme moderne de réalisation de circuits électroniques.

L'électronique est actuellement pour sa plus grande part un «outil» au service du traitement de l'information (exception faite de l'électronique de puissance). C'est pourquoi nous aborderons ce sujet et préciserons les concepts d'information analogique et digitale. Ces notions sont essentielles à la compréhension des rôles respectifs des circuits analogiques et des circuits digitaux.

L'exposé sur les systèmes logiques décrira les méthodes permettant d'analyser ou d'opérer la synthèse de circuits digitaux.

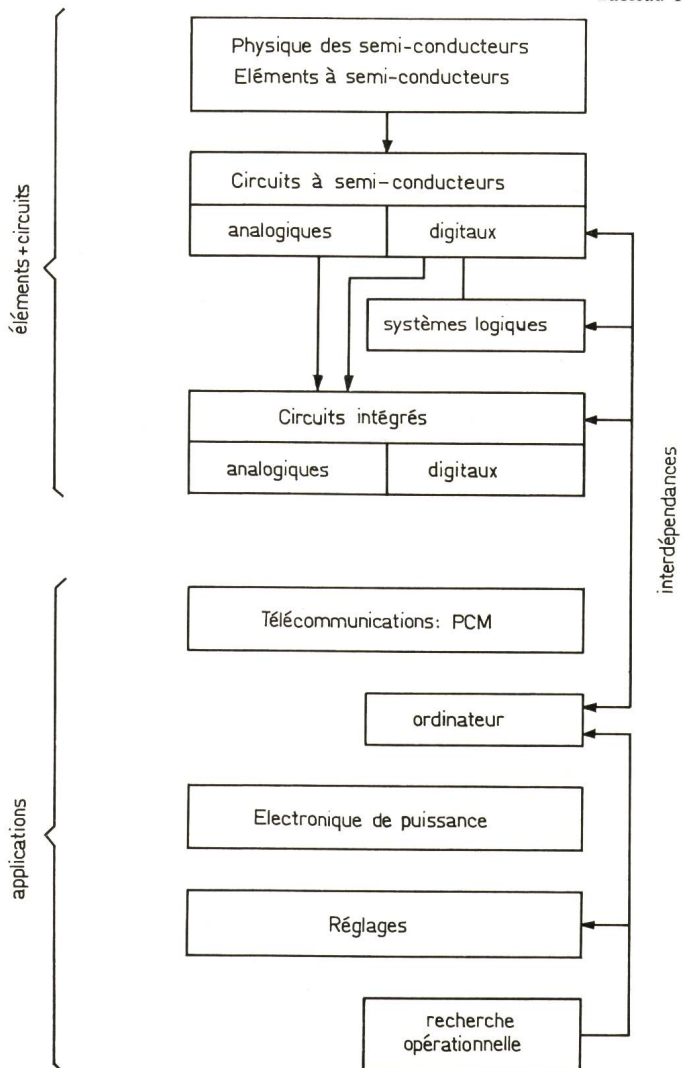
Parmi les exposés d'applications, celui sur la PCM illustrera de manière intéressante le passage de l'information d'une forme analogique à une forme digitale.

L'importance de l'ordinateur n'a pas été négligée dans ce cycle de conférences. Son fonctionnement de détail est du ressort des circuits et systèmes logiques. Toutefois, son fon-

ctionnement global est placé sur un autre plan, celui du «software».

Les interdépendances entre les sujets traités sont nombreuses. Ainsi, par exemple, les circuits digitaux sous forme intégrée sont des éléments de l'ordinateur. Par ailleurs, l'ordinateur est un auxiliaire précieux pour le calcul des circuits intégrés ou pour la résolution de problèmes logiques rencontrés lors du projet de parties de l'ordinateur, par exemple de son

Tableau I



<sup>1)</sup> Conférence, prononcée dans le cadre du cycle organisé par le Bureau fédéral du personnel de Berne sur l'état actuel dans les domaines importants de l'électronique.

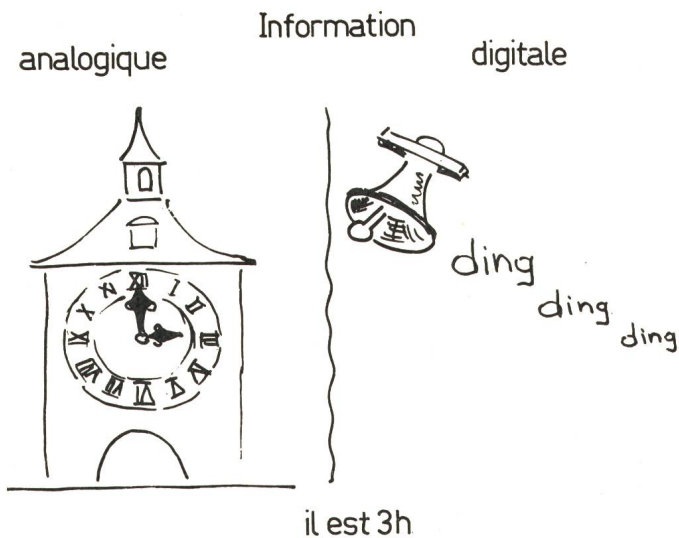
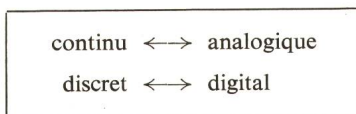


Fig. 1  
Information analogique et digitale

unité arithmétique. On y recourt largement dans les études de recherche opérationnelle ainsi que pour la résolution de nombreux problèmes de réglage.

## 2. L'information sous forme analogique et digitale

Ces deux formes sont l'application à l'information des concepts plus généraux définis par les notions du continu et du discret. La correspondance est la suivante:



Alors que le terme «digital», c'est-à-dire formé de «digits» ou chiffres, caractérise sans ambiguïté la forme numérique (digit vient de doigt; on compte sur ses doigts!), le terme «analogique» est moins approprié. Ce terme dérive de l'emploi des calculatrices analogiques, lesquelles travaillent avec des signaux à variation continue, par opposition aux calculateurs digitaux qui effectuent des opérations numériques. Les calculateurs analogiques simulent le comportement d'un système physique, d'où leur nom.

Les figures 1 à 4 illustrent par quelques exemples ces deux formes d'information:

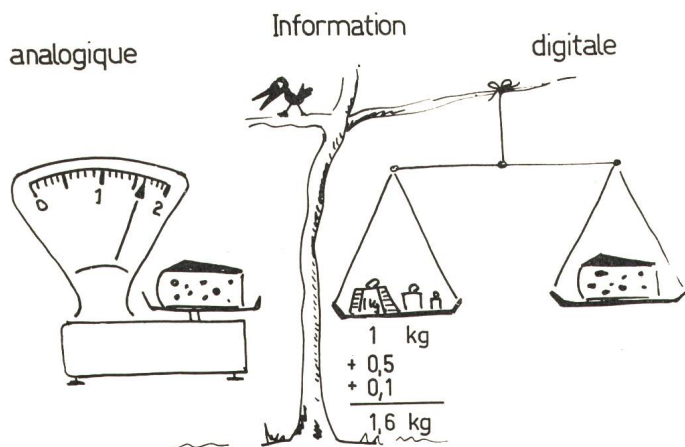


Fig. 2  
Information analogique et digitale

a) Les aiguilles d'une horloge indiquent qu'il est 3 h (fig. 1). Etant donné que les aiguilles se déplacent de manière continue, elles expriment l'écoulement du temps sous forme «analogique».

En entendant sonner 3 coups, je sais qu'il est 3 h. C'est la forme digitale du même message.

b) Le poids d'un objet apparaîtra selon le type de balance utilisée sous la forme «analogique» (aiguille) ou sous la forme «digitale» (chiffre exprimant la somme des poids faisant l'équilibre) (fig. 2).

c) Depuis quelques années on trouve sur le marché des voltmètres digitaux indiquant la tension sous forme numérique (fig. 3). Ce nouveau type d'instrument est beaucoup plus précis et plus commode que son prédécesseur à cadre mobile (toutefois ces avantages se payent!).

d) Même dans la vie courante on utilise couramment des grandeurs «analogiques» et «digitales» (fig. 4). Les exemples peuvent être multipliés.

Une grandeur à «variation» continue (donc analogique) peut prendre une infinité de valeurs différentes les unes des autres.

Une grandeur discrète (digitale) est caractérisée par un nombre; elle ne pourra prendre que les valeurs correspondant aux différents nombres envisagés (nombre fini de valeurs différentes).

## 3. L'information digitale sous forme binaire

Le numéro gagnant du gros lot d'une loterie est un exemple typique d'information digitale. Le nom et l'adresse de l'heureux

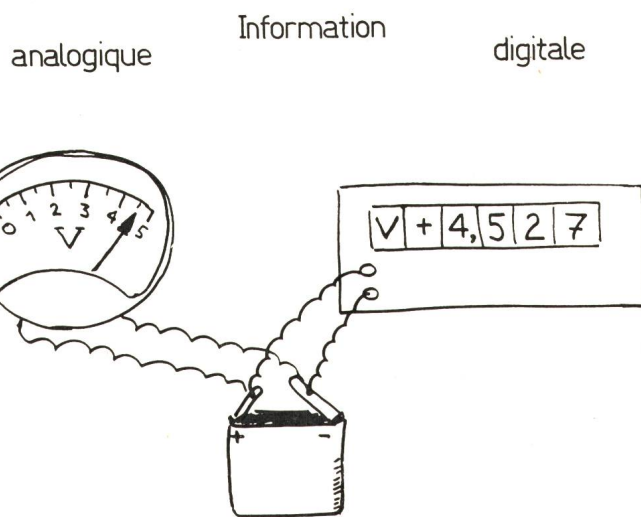


Fig. 3  
Information analogique et digitale

gagnant en est un autre. Ces informations comportent soit uniquement des chiffres, soit des chiffres et des lettres. Si l'homme a la faculté de reconnaître globalement un chiffre ou une lettre, ce n'est généralement pas le cas de l'ordinateur ou de tout autre système électronique digital. En effet, ces derniers n'acceptent que des messages constitués de signaux élémentaires. Ces signaux sont au nombre de deux: le signal «0» et le signal «1». Cette pauvreté de l'«alphabet» des machines électroniques est liée à la caractéristique des circuits digitaux actuels dont les signaux ne peuvent prendre chacun que 2 valeurs distinctes symbolisées soit par un «0», soit par un «1». Ceci correspond aux deux valeurs d'une variable binaire dont il sera question dans l'étude des systèmes logiques.

Donc tout message parvenant à une machine électronique doit auparavant subir une «traduction» adéquate le transformant en une suite (ou en un ensemble) de 0 et 1. C'est ce qu'on appelle le codage.

Le code binaire pur découle directement du procédé de compter avec seulement deux chiffres. On obtient la correspondance du tableau II.

Le code BCD (abréviation de «binary coded decimal») applique le code binaire pur à chacun des chiffres formant le nombre décimal (4 «bit» par chiffre). Ainsi on a :

binaire pur: 14  $\leftrightarrow$  1110  
 code BCD: 14  $\leftrightarrow$   $\underbrace{0001}_1$   $\underbrace{0100}_4$   
 1969  $\leftrightarrow$   $\underbrace{0001}_1$   $\underbrace{1001}_9$   $\underbrace{0110}_6$   $\underbrace{1001}_9$

Donc, grâce à un codage approprié (il existe d'autres codes!) les nombres sont accessibles aux machines électroniques. Un code comprenant également les lettres de l'alphabet et certains signes permet le «dialogue» avec l'ordinateur.

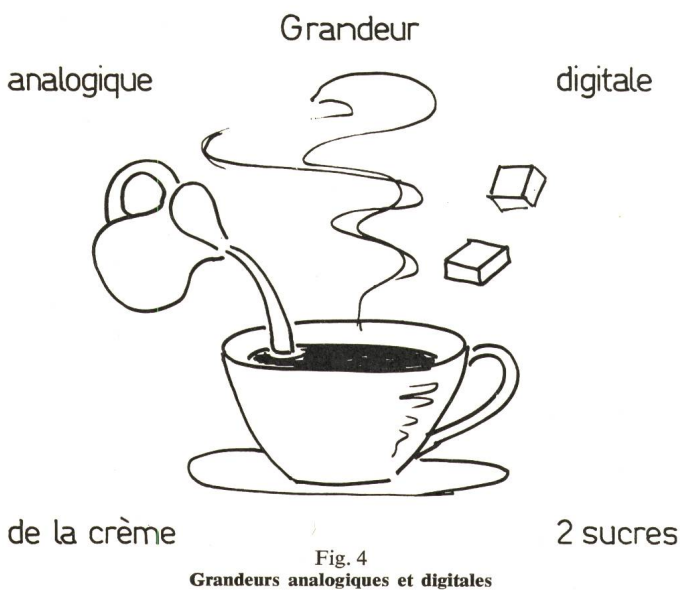


Fig. 4  
Grandeurs analogiques et digitales

#### 4. L'information sous forme analogique et sa conversion sous forme digitale

Une grandeur présente sous forme analogique (par exemple la tension en provenance du thermocouple de la fig. 5) peut

Code binaire pur et code BCD

Tableau II

Nombre décimal $n$	Nombre binaire pur
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001
10	1010
11	1011
12	1100
13	1101
14	1110
15	1111
16	10000
17	10001

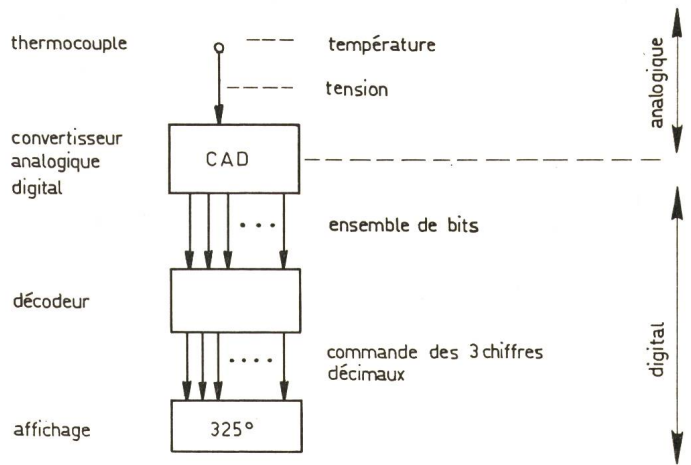


Fig. 5  
Exemple de thermomètre digital

être convertie en signal digital (un ensemble de 0 et de 1) à la sortie d'un convertisseur approprié. Un décodage subséquent permet d'afficher le nombre sous la forme digitale qui nous est familière. C'est le principe des appareils de mesure digitaux.

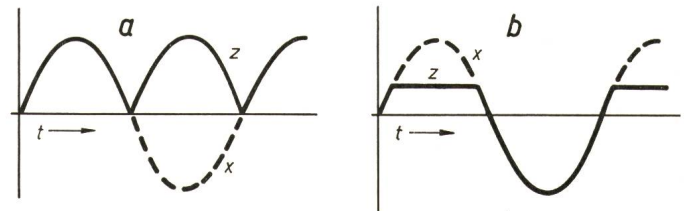


Fig. 6  
Opérations non linéaires

a redressement d'un signal alternatif; b écrêtage d'un signal alternatif; x entrée; z sortie; t temps

Lorsque la grandeur analogique varie au cours du temps, il s'agit d'un signal au sens des télécommunications. Échantillonner ce signal consiste à prélever à des intervalles de temps réguliers la valeur de ce signal. On obtient ainsi la suite discrète des valeurs échantillonnées de ce signal. Au cours de la conférence sur la P.C.M. il sera précisé les conditions nécessaires pour que l'information du signal continu soit entièrement transmise par la suite des échantillons. Il sera également montré qu'on peut remplacer chaque échantillon par un nombre codé sous forme binaire. Le signal analogique variant de manière continue au cours du temps est donc remplacé par une suite de 0 et de 1, c'est-à-dire par un signal digital binaire.

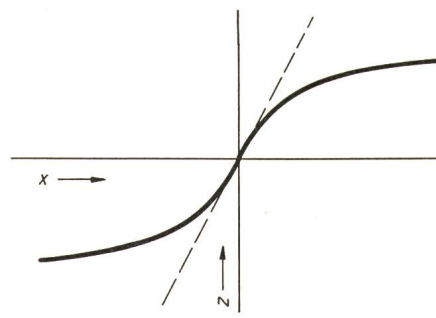


Fig. 7  
Caractéristique non linéaire effectuant la compression d'un signal  
Désignations voir fig. 6

<b>Opérations sur 1 signal</b>	
entrée = $x$	→ [ ] → $z$ = sortie
<i>Opérations linéaires</i>	
Multiplication par un facteur fixe $c$ :	
$z = c x$	$ c  > 1$ amplification
	$ c  < 1$ affaiblissement
Intégration: $z = c \int x dt$	
Dérivation: $z = c \frac{dx}{dt}$	
Amplification sélective en fréquence = filtrage	
<i>Opérations non linéaires</i>	
Redressement (fig. 6a)	
Ecrêtage (fig. 6b)	
Compression (fig. 7)	
<b>Opérations sur 2 signaux (ou plus)</b>	
entrées $x$ $y$	→ [ ] → $z$ = sortie
Addition pondérée: $z = a x + b y$	
Amplification différentielle: $z = c(x - y)$	
Multiplication: $z = a x y$	
Changement de fréquence:	
	$f_z = \begin{cases} f_x + f_y \\ f_x - f_y \end{cases}$
Modulation AM, FM, ...	

L'information sous forme analogique peut donc être transformée sous forme digitale et inversement.

L'électronique est susceptible de traiter les signaux sous ces deux formes, ce qui correspond à des circuits distincts: les circuits analogiques et les circuits digitaux. La possibilité de conversion d'une forme à l'autre confère à l'électronique une grande souplesse d'utilisation. Certains appareils, équipements et systèmes utilisent les deux formes selon les conditions particulières du traitement de l'information.

### 5. Principes généraux des circuits analogiques

Les opérations que l'on peut faire subir aux signaux analogiques sont nombreuses, ainsi qu'il ressort du tableau III.

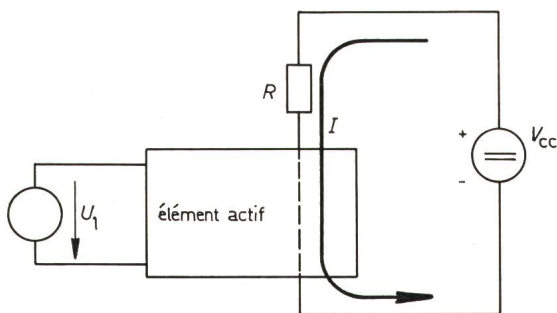


Fig. 8

Principe d'un amplificateur

$U_1$  tension de commande;  $R$  résistance de charge;  $I$  courant commandé;  $V_{cc}$  tension d'alimentation continue

Des circuits analogiques très divers selon les applications réalisent les opérations décrites. On se bornera à exposer les principes généraux de quelques-uns d'entre eux.

#### 5.1 Principe de l'amplificateur

Tout élément actif (transistor bipolaire, FET, MOST, tube, etc.) a la propriété de laisser passer plus ou moins de courant (courant  $I$ ) selon la tension de commande  $U_1$  qui lui est appliquée (fig. 8). Il y a amplification si les variations du courant  $I$  à travers la résistance de charge  $R$  engendrent des variations de tension plus grandes que celles du signal de commande, soit:

$$\frac{R \Delta I}{\text{sortie}} > \frac{\Delta U_1}{\text{entrée}}$$

#### 5.2 Etage amplificateur à transistor

Divers montages sont possibles; on examinera celui de la fig. 9.

- a) Le courant  $I$  est celui du collecteur.
- b) La tension de commande  $U_1$  est appliquée entre base et émetteur.
- c) Le montage est dit émetteur commun car cette électrode est commune aux circuits d'entrée et de sortie; ici elle est mise à la terre.

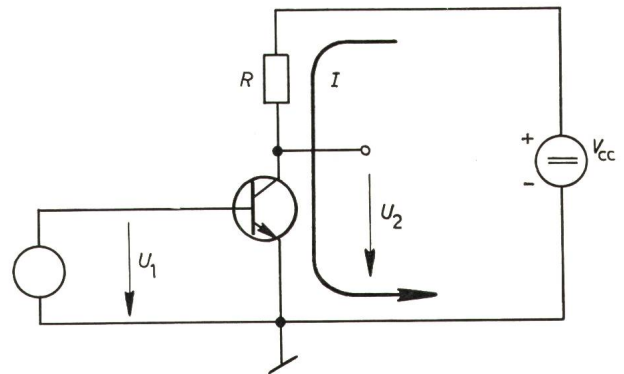


Fig. 9

Amplificateur à transistor «émetteur commun»

$U_1$  tension de commande;  $U_2$  tension de sortie;  $I$  courant;  $V_{cc}$  tension d'alimentation;  $R$  résistance de charge

La fig. 10 illustre le fonctionnement. On connaît les caractéristiques du transistor:

$$I = f(U_2)$$

avec  $U_1$  comme paramètre. Sur ce même diagramme on reporte la droite de charge dont l'équation est:

$$U_2 = V_{cc} - R I \quad (1)$$

Les points d'intersection (1, 2, 3, 4, 5) permettent de construire la caractéristique de transfert

$$I = f(U_1)$$

On remarque les zones de blocage et de saturation.

A l'aide de l'équation (1) on obtient finalement la caractéristique d'amplification

$$U_2 = f(U_1)$$

La zone utile d'amplification est celle de forte pente pour laquelle:

$$A = \frac{\Delta U_2}{\Delta U_1} \gg 1$$

Ainsi, un faible signal alternatif appliqué en  $U_1$  engendrera un signal alternatif fortement amplifié en  $U_2$  (fig. 11).

### 5.3 Amplificateurs à plusieurs étages

Une valeur typique de l'amplification pour un étage est de 100 fois. Il va de soi que pour obtenir un gain plus élevé on peut mettre en cascade plusieurs étages amplificateurs moyennant des organes de couplage adéquats. Ceci est nécessaire pour amplifier les très faibles signaux à l'entrée d'un poste de radio ou de TV ou celui donné par le pick-up d'un tourne-disque. L'amplification résultante  $A$  est le produit des amplifications de chaque étage (fig. 12). Il existe de nombreuses manières de réaliser des amplificateurs selon le but recherché. On décrira succinctement une de ces solutions: l'amplificateur opérationnel.

#### 5.3.1 L'amplificateur opérationnel

Il s'agit d'un amplificateur à plusieurs étages concentrés dans un bloc fonctionnel, voire même sur une minuscule plaquette de silicium, formant un circuit intégré.

Il réalise la fonction d'un amplificateur différentiel, soit:

$$U_s = A(U_a - U_b)$$

avec  $A \gg 1$  (valeur typique:  $A = 10^5$ )

En omettant de représenter la connexion de terre de la fig. 13 on obtient le schéma simplifié de la fig. 14.

De nombreuses fonctions linéaires et non linéaires peuvent être réalisées à l'aide de ce bloc fonctionnel, selon les éléments passifs extérieurs qui lui sont ajoutés. Des exemples en sont donnés à la fig. 15.

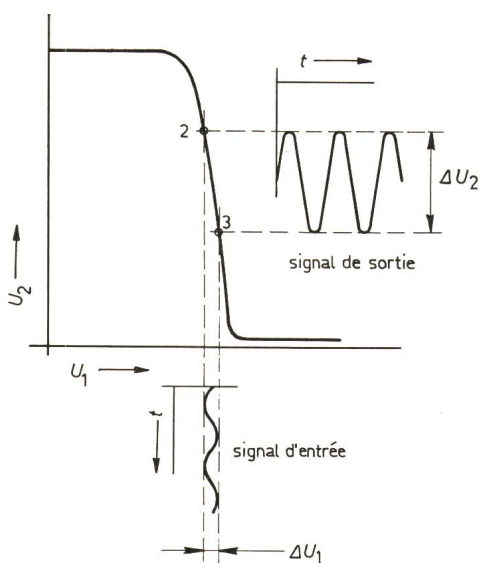


Fig. 11  
Amplification d'un faible signal alternatif  
 $t$  temps

Désignations voir fig. 9 et 10

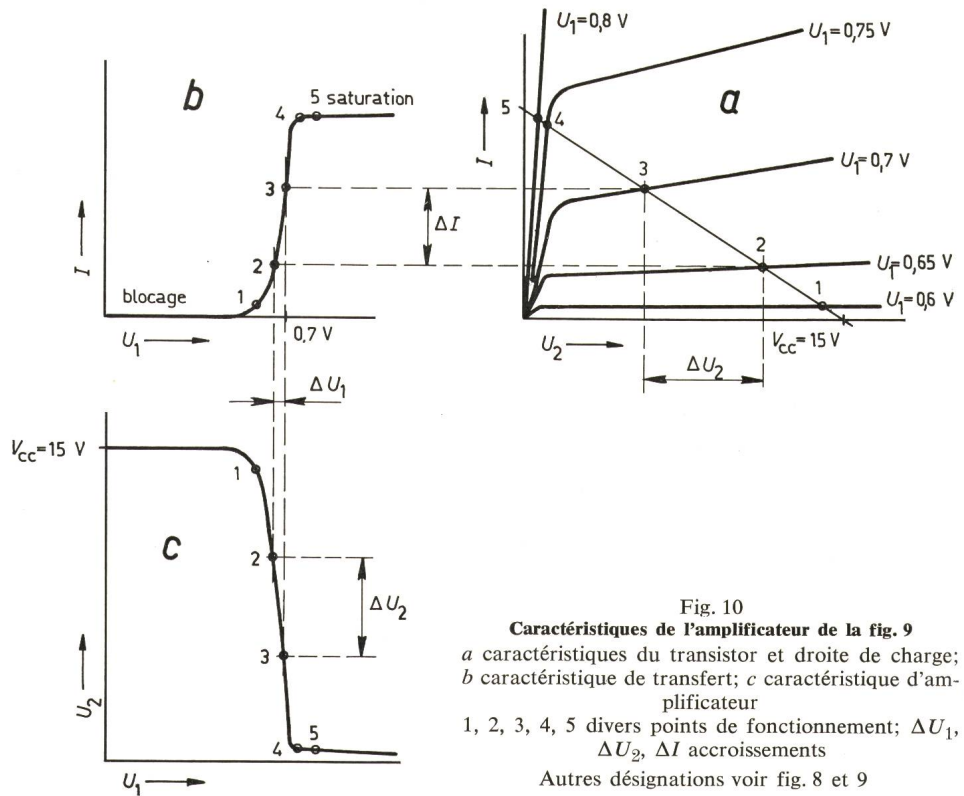


Fig. 10  
Caractéristiques de l'amplificateur de la fig. 9  
a caractéristiques du transistor et droite de charge;  
b caractéristique de transfert; c caractéristique d'amplificateur  
1, 2, 3, 4, 5 divers points de fonctionnement;  $\Delta U_1$ ,  $\Delta U_2$ ,  $\Delta I$  accroissements  
Autres désignations voir fig. 8 et 9

### 6. Principes généraux des circuits digitaux

Les signaux utilisés avec les circuits digitaux matérialisent des variables binaires dont les valeurs sont «1» ou «0».

Que faire avec des «1» et des «0»?

On a vu qu'on pouvait compter. Toutefois il existe des fonctions beaucoup plus élémentaires, les fonctions logiques qui

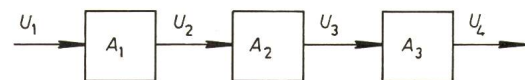


Fig. 12  
Mise en cascade d'étages amplificateurs

$U_1, U_2, U_3, U_4$  tension du signal à amplifier en divers points de la chaîne d'amplification;

$$A_1 = \frac{U_2}{U_1}; A_2 = \frac{U_3}{U_2}; A_3 = \frac{U_4}{U_3}$$

rapport d'amplification de chacun des étages

seront décrites en détail dans le cours de systèmes logiques. On se bornera ici à décrire quelques circuits logiques élémentaires.

#### 6.1 Le transistor utilisé dans les circuits logiques

Considérons à nouveau le circuit de la fig. 9 et les caractéristiques de la fig. 10. On constate tout d'abord que lorsque la

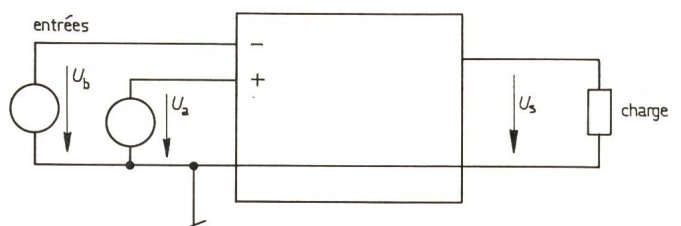


Fig. 13  
Amplificateur opérationnel  
Schéma bloc complet  
 $U_a, U_b$  tension d'entrée;  $U_s$  tension de sortie

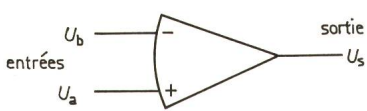


Fig. 14  
**Amplificateur opérationnel**  
 Schéma bloc simplifié  
 Désignations voir fig. 13

tension d'entrée  $U_1$  est faible ( $U_1 < 0,5 \text{ V}$ ) le transistor reste bloqué, c'est-à-dire que le courant  $I$  est nul. Le transistor se comporte comme un interrupteur ouvert (fig. 16).

Au contraire, lorsque la tension  $U_1$  est suffisamment élevée ( $U_1 > 0,8 \text{ V}$ ) on entre dans la zone dite de saturation. La tension  $U_2$  est alors voisine de 0 V (0,1 à 0,3 V). En augmentant  $U_1$  le courant  $I$  n'augmente pratiquement plus. Il est

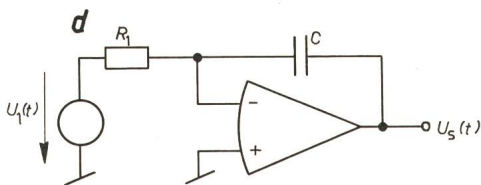
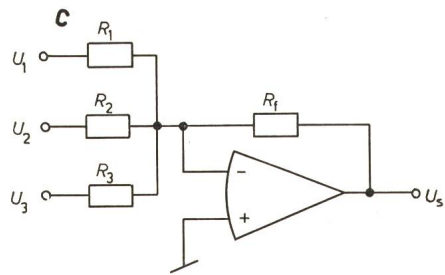
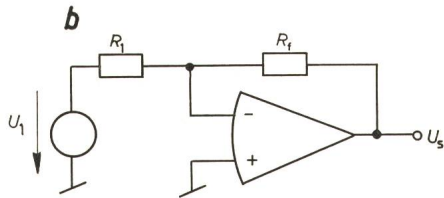
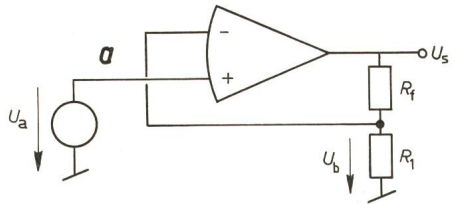


Fig. 15

**Exemples d'applications de l'amplificateur opérationnel**

a multiplication par un facteur constant positif:

$$U_s = \frac{R_1 + R_f}{R_1} U_a ;$$

b multiplication par un facteur constant négatif:

$$U_s = - \frac{R_f}{R_1} U_1 ;$$

c somme pondérée avec inversion du signe:

$$U_s = - \left[ \frac{R_f}{R_1} U_1 + \frac{R_f}{R_2} U_2 + \frac{R_f}{R_3} U_3 \right] ;$$

d intégration avec inversion du signe:

$$u_s(t) = - \frac{1}{R_1 C} \int u_1(t) dt$$

$U_a, U_b, U_s$  voir fig. 13;  $U_1, U_2, U_3$  tensions d'entrée;  $U_1(t), U_s(t)$  fonctions du temps  $t$ ;  $R_f$  résistance de contre-réaction;  $R_1, R_2, R_3$  résistances;  $C$  capacité d'intégration

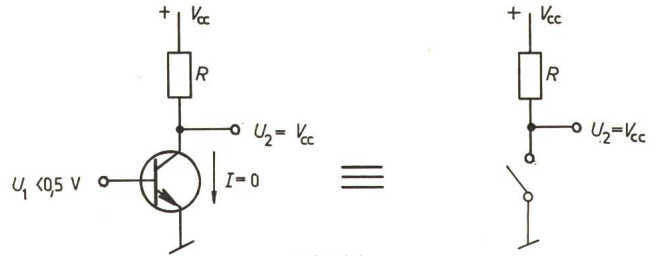


Fig. 16  
**Le transistor bloqué**  
 Identité avec un interrupteur ouvert  
 Désignations voir fig. 9

limité par la résistance de charge  $R$ . Le transistor se comporte alors comme un interrupteur fermé (fig. 17).

A l'opposé du circuit amplificateur pour lequel on s'efforce de rester dans la partie raide de la caractéristique d'amplification, un circuit logique utilise le transistor uniquement dans les deux zones extrêmes de blocage et de saturation (fig. 18).

6.2 La fonction de négation

Posons la convention suivante:

état 0: tension  $U \leq 0,5 \text{ V}$   
 état 1: tension  $U \geq 0,8 \text{ V}$

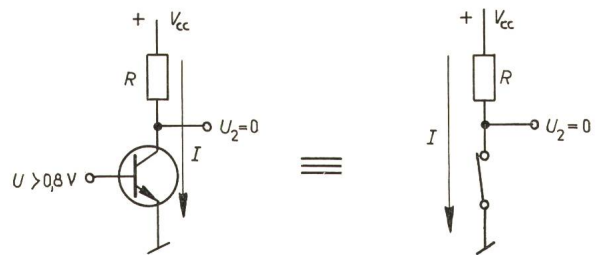


Fig. 17  
**Le transistor saturé**  
 Identité avec un interrupteur fermé  
 Désignations voir fig. 9

et les correspondances entre tensions et variables binaires:

tension  $U_1 \leftrightarrow$  variable binaire  $X_1$   
 tension  $U_2 \leftrightarrow$  variable binaire  $X_2$

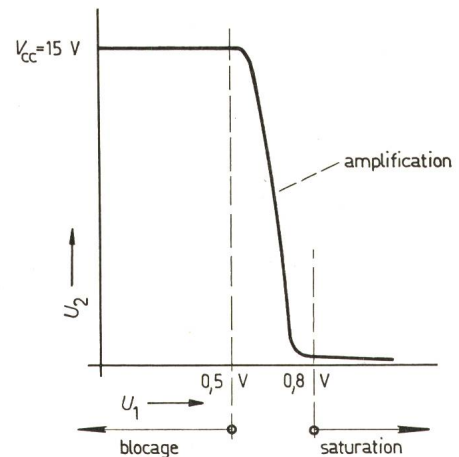


Fig. 18  
**Les zones de fonctionnement du transistor**  
 Désignations voir fig. 9

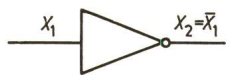


Fig. 19  
Symbole d'un inverseur logique

$X_1$  variable logique d'entrée;  $\bar{X}_1$  négation de  $X_1$  (se prononce « $X_1$  barre»);  $X_2$  variable logique de sortie

On constate alors que:

- a) Si  $U_1 < 0,5 \text{ V} \iff X_1 = 0$   
on a:  $U_2 > 0,8 \text{ V} \iff X_2 = 1$
- b) Si  $U_1 > 0,8 \text{ V} \iff X_1 = 1$   
on a:  $U_2 < 0,5 \text{ V} \iff X_2 = 0$

ce qui se résume dans la table suivante:

$X_1$	$X_2 = \bar{X}_1$
0	1
1	0

c'est la fonction de négation réalisée par le circuit décrit plus haut et symbolisé par la fig. 19.

### 6.3 La fonction Ni (NOR)

Supposons que nous ayons deux transistors en parallèle sur la même résistance de charge (fig. 20).

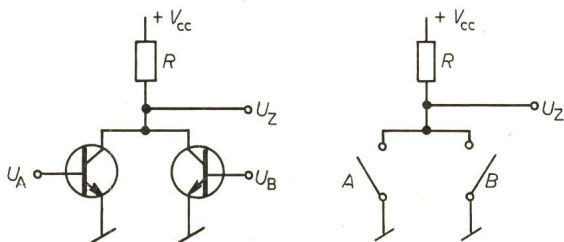


Fig. 20  
Circuit NOR

Schéma et circuit identique avec interrupteurs  
 $R$  résistance de charge;  $U_A, U_B$  tension d'entrée;  $U_Z$  tension de sortie;  
 $V_{cc}$  tension d'alimentation continue  
 $A, B$  variables logiques correspondant aux tensions  $U_A$  et  $U_B$

Il suffit que l'un ou l'autre des interrupteurs soit fermé pour que la tension  $U_Z$  soit nulle; elle est positive ( $U_Z = V_{cc}$ ) si «ni l'un, ni l'autre» des interrupteurs n'est fermé.

Ceci correspond à la table de vérité et au symbole de la fig. 21.

### 6.4 La mise en cascade d'inverseurs (fig. 22)

Ce circuit a deux états selon la table:

$X_1$	$X_2$	$X_3$
0	1	0
1	0	1

$A$	$B$	$Z$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0



Fig. 21  
Circuit NOR

Table de vérité de la fonction NOR et symbole du circuit  
 $A, B$  variable logique d'entrée;  $Z$  variable logique de sortie

On constate que  $X_3 = X_1$ , c'est-à-dire que:

- a) Si  $U_1 < 0,5 \text{ V}$   $T_1$  bloqué ( $X_1 = 0$ )  
on a:  $U_2 > 0,8 \text{ V}$   $T_2$  conduit ( $X_2 = 1$ )  
et  $U_3 < 0,5 \text{ V}$  ( $X_3 = 0$ )
- b) Si  $U_1 > 0,8 \text{ V}$   $T_1$  conduit ( $X_1 = 1$ )  
on a:  $U_2 < 0,5 \text{ V}$   $T_2$  bloqué ( $X_2 = 0$ )  
et  $U_3 > 0,8 \text{ V}$  ( $X_3 = 1$ )

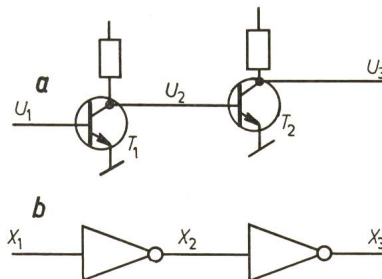


Fig. 22

Mise en cascade d'inverseurs

a circuit avec transistors; b logigramme  
 $T_1, T_2$  transistor;  $U_1, U_2, U_3$  tension;  $X_1, X_2, X_3$  variable logique correspondante

### 6.5 L'élément de mémoire

En fermant le circuit sur lui-même il se maintient dans l'un de ces deux états (fig. 23). Ici  $T_1$  est bloqué et  $T_2$  conduit. Comment changer d'état?

Il suffit de fermer temporairement l'interrupteur  $S_1$ , ce qui bloquera  $T_2$  et aura pour effet de faire conduire  $T_1$ . On peut alors ouvrir à nouveau  $S_1$  sans provoquer de changement. Le circuit est alors dans l'état de la fig. 24. Le retour à l'état initial s'effectuera en fermant temporairement l'interrupteur  $S_2$ .

Ce circuit «mémorise» lequel des deux interrupteurs  $S_1$  ou  $S_2$  a été fermé pour la dernière fois. Pratiquement on remplace les interrupteurs  $S_1$  et  $S_2$  par des transistors en parallèle avec  $T_1$  et  $T_2$ , ce qui donne la bascule  $S - R$  (fig. 25).

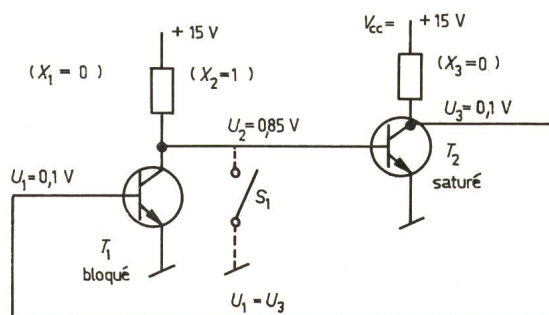


Fig. 23

Circuit élémentaire de mémoire

Etat initial

$S_1$  interrupteur;  $V_{cc}$  tension d'alimentation continue

Autres désignations voir fig. 22

On reconnaît la structure de 2 portes NOR décrites plus haut. Etant donné que  $X_2$  est l'inverse de  $X_1$  (abstraction faite de la brève phase de transition d'un état à l'autre) on convient d'appeler  $X_1 = Q$  et  $X_2 = \bar{Q}$ . Au repos  $S = R = 0$ ; les transistors  $S_1$  et  $S_2$  sont bloqués (interrupteurs ouverts). En principe on ne fermera qu'un seul interrupteur à la fois pour commander la bascule. Ceci revient à interdire d'avoir simultanément  $S = R = 1$ . Les actions de commande de la bascule sont alors les suivantes:

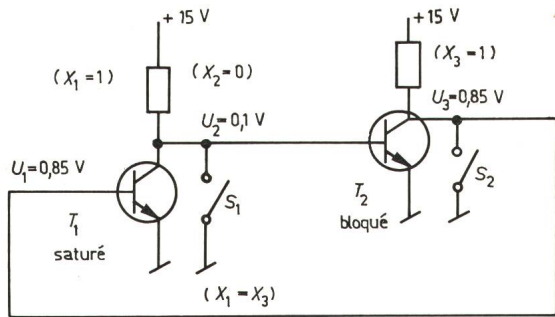


Fig. 24  
Circuit élémentaire de mémoire  
Etat obtenu après fermeture de  $S_1$ ,  $S_2$  interrupteur  
Autres désignations voir fig. 22

- a) Mise à 1 ou «SET»:  $S = 1$  provoque  $Q = 1$
- b) Remise à 0 ou «RESET»:  $R = 1$  provoque  $Q = 0$

En utilisant le symbole logique de la porte NOR on peut représenter cette bascule par la fig. 26.

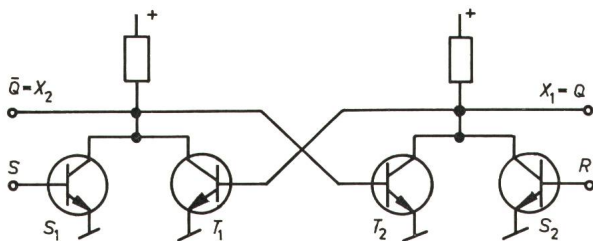


Fig. 25  
Bascule SR avec 2 portes NOR  
Schéma

$T_1, T_2$  transistor de la bascule;  $S_1, S_2$  transistor de commande;  $S, R$  variable logique de commande;  $X_1, X_2$  variable logique de sortie;  $Q$  état de la bascule

## 7. Autres circuits logiques

Il n'est pas possible de passer en revue tous les types de circuits logiques utilisés actuellement. La conférence sur les circuits intégrés en donnera des exemples.

L'essentiel est de savoir que dans la plupart de ces circuits les transistors se comportent comme des interrupteurs ouverts ou fermés. On a vu l'exemple de transistors mis en parallèle pour réaliser la fonction NOR. On peut aussi les mettre en série (cas typique des MOST) pour réaliser la fonction NAND.

D'autres techniques plus anciennes utilisent des diodes

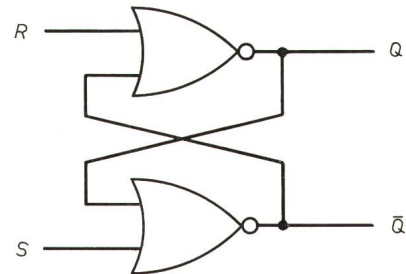


Fig. 26  
Bascule SR avec 2 portes NOR  
Logigramme  
Désignations voir fig. 25

suivies d'inverseurs. L'évolution de cette méthode a conduit entre autres aux circuits TTL très utilisés actuellement et basés sur la fonction NAND. Les fonctions logiques sont actuellement réalisées d'une manière générale sous la forme modulaire de circuits intégrés.

### Adresse de l'auteur:

R. Dessoulavy, Professeur à l'EPF de Lausanne, 16, ch. de Bellerive, 1007 Lausanne.

D'autres conférences faisant partie de ce cycle suivront.

## Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

### Energie-Umformung Transformation de l'énergie

#### Arbeiten an unter Spannung stehenden Hochspannungsleitungen

614.825:621.315.027.3

[Nach: Bare-hand Live-line working demonstrated by CEGB. Electronics & Power 15(1969)11, S. 407]

Kürzlich hat die Leitung der Südwestregion des CEGB in England beim vertrauten feuchtnassen Wetter eine dramatische Vorführung einer neuen Technik von Arbeiten an einer unter Spannung stehenden 400-kV-Leitung gegeben. Diese Technik, welche die Bloss-Hand-Methode genannt wird, beruht auf einem speziellen Anzug mit einem in die Baumwolle verwobenen feinmaschigen Drahtnetz von 6,5 mm Maschenweite aus 0,5 mm rostfreiem Stahldraht, welcher einen vollständigen Faradaykäfig bildet. Der einteilige Anzug ist mit Reißverschlüssen und Druckknöpfen verschliessbar, ebenso gehören spezielle Handschuhe und Halbstiefel dazu. Striktes Befolgen der aufgestellten Regeln ist absolute Voraussetzung für ein unfallfreies Arbeiten.

Die Arbeit geht folgendermassen vor sich:

Eine Arbeitsgruppe von 8 Mann errichtet am Mast einen Isolierbalken an einem geeigneten Auslegearm, wozu sie eine Winde und Polypropylenseile verwendet. Am Isolierbalken wird mittels Isolierketten aus Polypropylen ein metallener Sitz über dem defekten Leiter aufgehängt. Der Leitungsmonteur in seinem Spezialanzug erklettert mit zusätzlichen Schutzhandschuhen und

Schuhen von hohem Leitungswiderstand (wegen der induzierten Spannungen) den Mast. Vom Mast wird er im Metallsitz an der Isolierkette zum Leiter hinübergeschwungen, wo er seinen Anzug galvanisch mit dem Leiter verbindet. Um kleinere Elektroschocks von den 4 Bündelleitern zu vermeiden, verbindet er diese mit 4 Klemmen. Dann steigt er aus dem Sitz und kauert auf die Leiter. Ein Wägelchen wird ihm zugeschwungen, mit welchem er bis zur Schadenstelle fahren kann. Ersatzmaterial wird ihm vom Boden mit einer Polypropylenkette zugeführt. Sobald die Reparatur ausgeführt ist, folgt genau die umgekehrte Prozedur, um den Monteur wieder zum Mast zurückzubringen. Während der ganzen Arbeit wird immer eine Mindestschlagweite von 3200 mm eingehalten.

Feuchtigkeit beeinträchtigt die Arbeiten kaum; der Isolierbalken und die Ketten werden möglichst trocken gehalten, so dass auch bei einem Regenschauer die Arbeiten weitergehen können. Einzig das Zurückholen des Mannes vom Leiter zum Mast erfolgt nie unter Regen. Dauert dies zu lang, so kann immer noch die Leitung abgeschaltet werden.

Eine ähnliche Methode des Arbeitens an unter Spannung stehenden Höchstspannungsleitungen ist in Nordamerika bekannt. Der dort verwendete zweiteilige Anzug aus einem Kohlenstoffgewebe erlaubt aber ein Arbeiten nur bei sehr trockenem Wetter.

Eine andere Methode benützt lange Isolierstangen, Isolierseile, Zangen und andere Spezialwerkzeuge, um vom Erdpotential aus Arbeiten an unter Spannung stehenden Leitungen auszuführen; dies ist aber viel schwerfälliger als die Methode der blossen