

LES RÈGLES DE L' ÉLECTRICITÉ et de l'ÉLECTRONIQUE

Daniel TOUSSAINT

Février 2019

Partie 1

Le transfert, la reproduction et l'impression sont autorisés pour un usage strictement personnel et privé.

Pour toute autre utilisation, une autorisation préalable doit être demandée à: postmaster@linealis.org

Les photographies sont propriété de l'auteur .

Les règles et cercles à calcul utilisés par les électriciens et les électroniciens sont nombreux, depuis les règles classiques jusqu'aux calculateurs spécialisés spécifiques à une activité déterminée. Les instruments utilisés par les premiers informaticiens (calculateurs en base 8 par exemple) en sont exclus.

Les instruments décrits utilisent des normes anciennes qui étaient valides lors de leur mise en service, ils ne doivent pas être utilisés pour des calculs portant sur des installations contemporaines sans vérifier si les normes sur lesquelles ils sont basés sont toujours en vigueur.

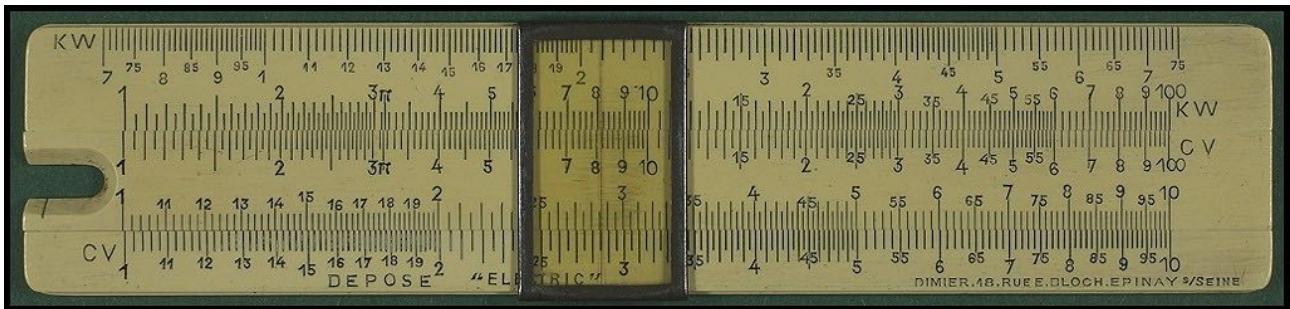
Les règles classiques perfectionnées, notamment celles comportant des échelles hyperboliques sont souvent utilisées, règles généralistes, elles ne seront pas citées.

Ce chapitre sera articulé en deux parties, l'électricité et l'électronique, les règles ne seront citées que lors de leur utilisation principale.

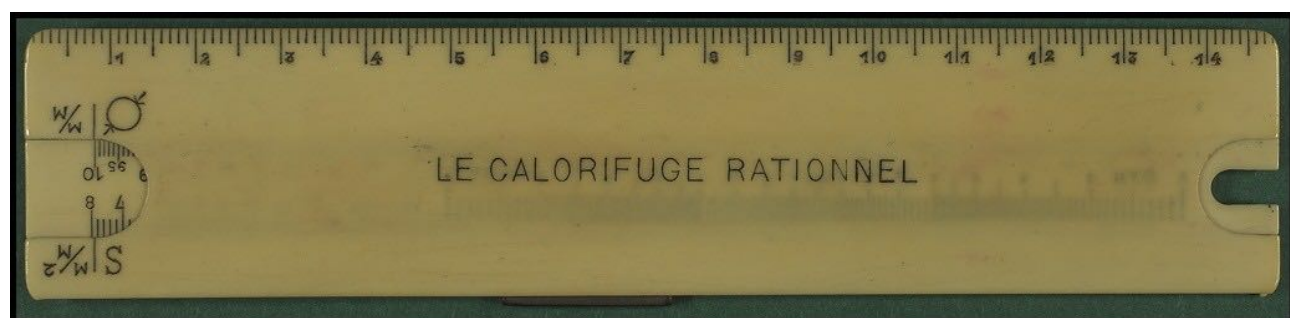
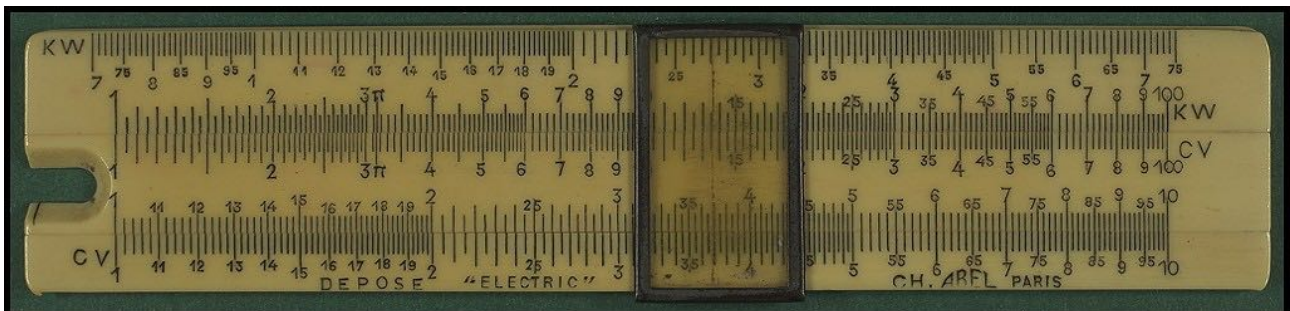
Comme pour tous les parties de ce site, seules les règles de ma collection seront citées.

Règles électro classiques

DIMIER

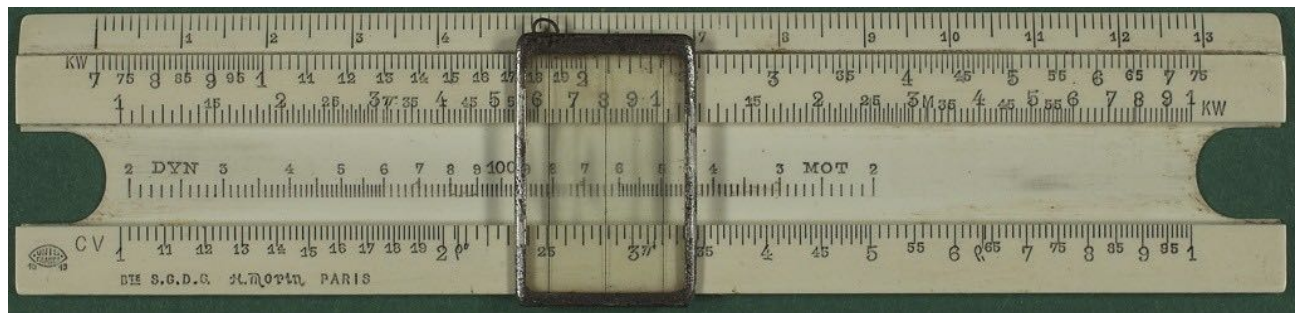
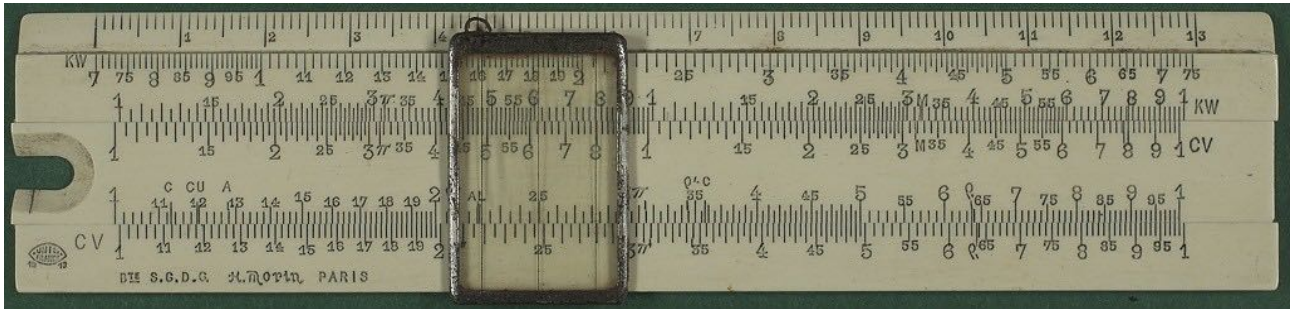


ABEL

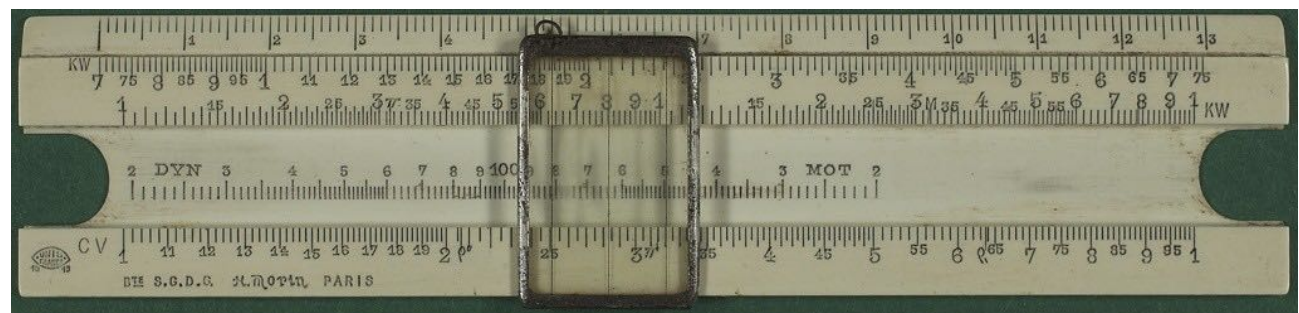
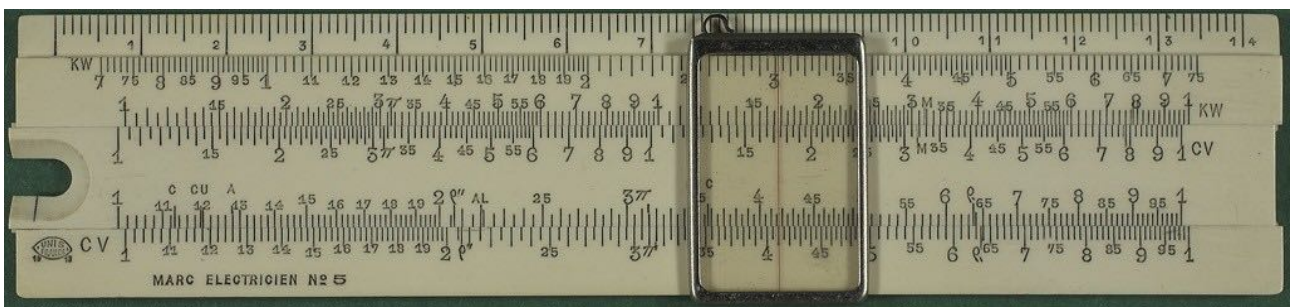


Les règles Dimier et Abel permettaient de déterminer le diamètre et la section des conducteurs.

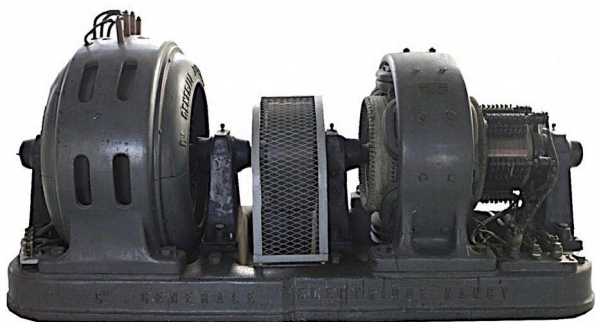
MORIN



MARC

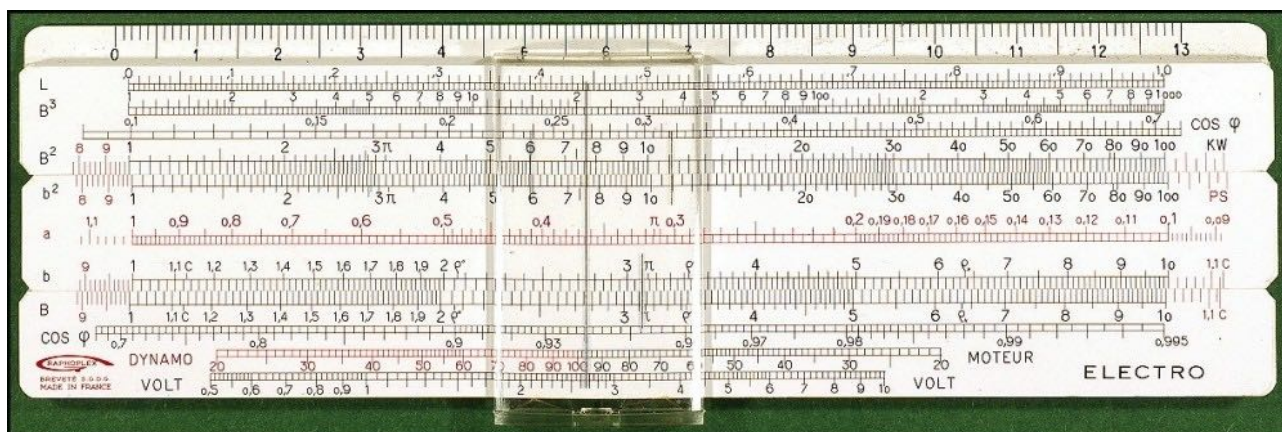
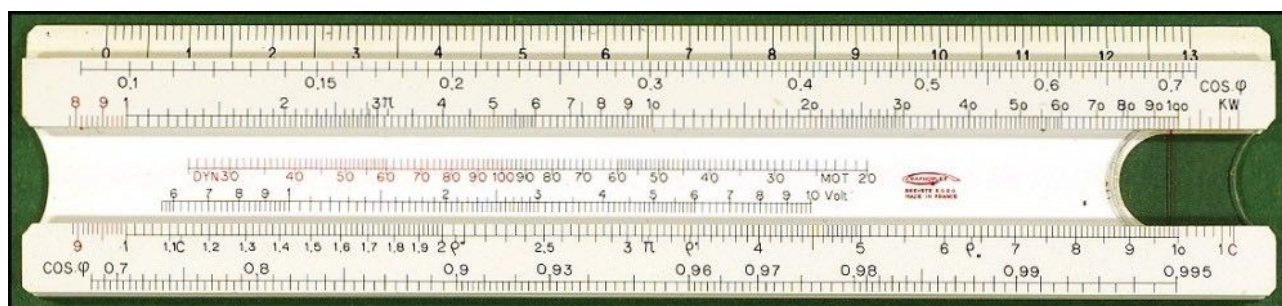
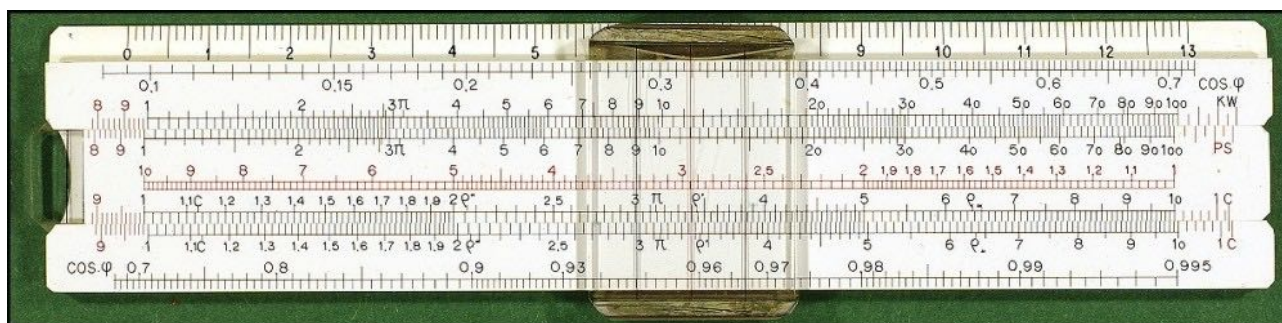


Dans de nombreuses applications, des convertisseurs rotatifs, constitués d'un moteur et d'une dynamo étaient utilisés pour convertir le courant alternatif en courant continu ou encore pour abaisser ou relever le voltage en courant continu. Quasiment tous les théâtres cinématographiques utilisaient ces appareils pour alimenter en courant continu les lampes à arc équipant les projecteurs. Ces appareils équipaient aussi les postes de soudures électriques. Ils sont obsolètes, remplacés par des redresseurs et convertisseurs électroniques statiques.



Un convertisseur rotatif qui ne fait pas partie de ma collection !

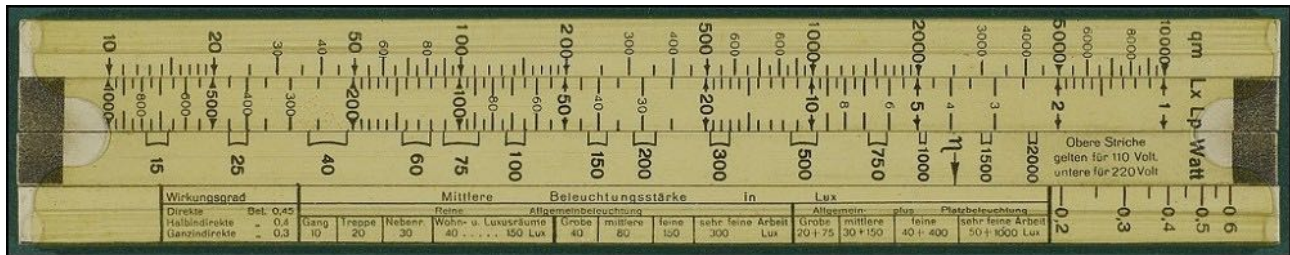
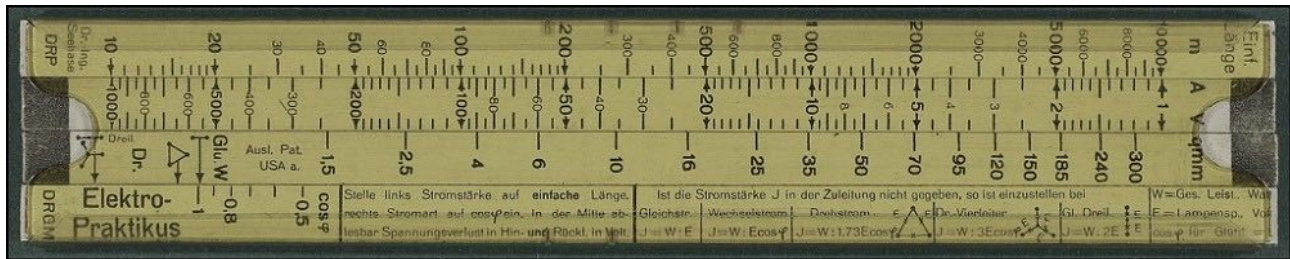
GRAPHOPLEX 650



La règle Graphoplex 650, dans ses deux versions, comportait ces échelles, elle permettait d'effectuer des calculs de déphasage en courant alternatif (cosinus phi)

La notice de la Graphoplex 650 ainsi qu'un extrait d'un manuel Faber Castell (échelles spéciales électro) sont jointes en annexe.

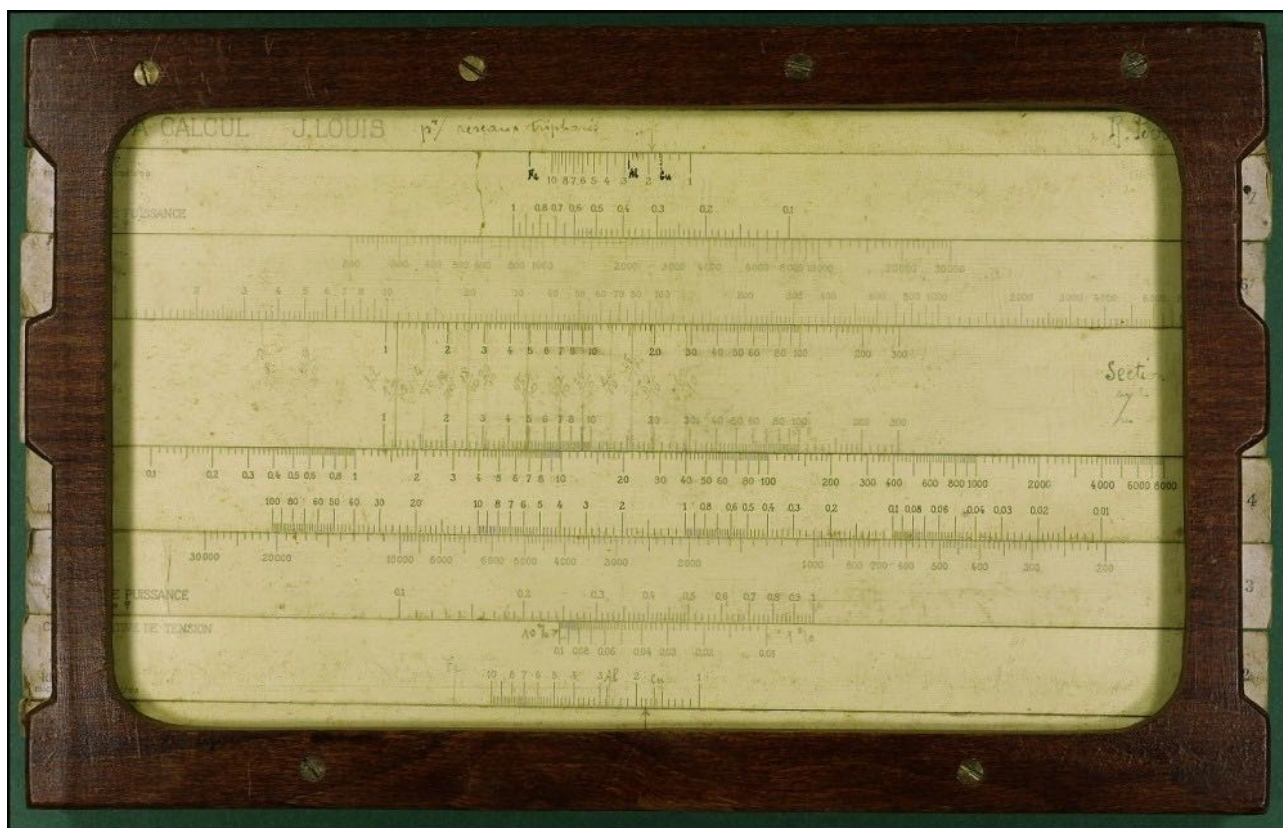
ELEKTRO-PRATIKUS



Règle de poche allemande en carton, avec deux réglattes et une enveloppe en celluloïd, elle permettait divers calculs, notamment en courant alternatif mono et triphasé.

La notice originale ainsi qu'un brevet français sont joint en annexe.

LOUIS (premier modèle)



La notice, de cette règle en bois, carton et celluloïd est jointe en annexe.

RÈGLE A CROCHET J. LOUIS

RÉSISTIVITÉ
microhm-centimètres

AL Cu

10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

7

FACTEUR DE PUISSANCE
cos φ

1 0.9 0.8 0.6 0.5 0.4 0.3 0.2 0.1

6

TENSION
Volts

100 200 300 400 500 600 800 1000 2000 3000 4000 6000 8000 10000 20000 30000 40000 60000

PUISANCE
kilowatts

2 3 4 5 6 7 8 10 20 30 40 50 60 70 80 100 200 300 400 600 800 1000 2000 3000 4000 6000 8000

5

SECTION
millimètres carrés

DIAMÈTRE
mm

1 2 3 4 5 6 7 8 10 20 30 40 50 60 70 80 100 200 300

4

5 6 7 8

1 2 3 4 5 6 7 8 10 20 30 40 50 60 80 100 200 300

6

PUISANCE
kilowatts

0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.8 1 2 3 4 5 6 7 8 10 20 30 40 50 60 80 100 200 300 400 600 800 1000 2000 3000 4000 6000 8000 10000 20000 30000 40000 60000 80000 100000

4

DISTANCE
kilomètres

100 80 60 50 40 30 20 10 5 4 3 2 1 0.8 0.6 0.5 0.4 0.3 0.2 0.1 0.08 0.06 0.04 0.03 0.02 0.01

3

TENSION
Volts

10000 20000 30000 40000 50000 60000 80000 100000 200000 300000 400000 500000 600000 800000 1000000 2000000 3000000 4000000 5000000 6000000 8000000 10000000 20000000 30000000 40000000 50000000 60000000 80000000 100000000

FACTEUR DE PUISSANCE
cos φ

0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1 B2 B1

2

CHUTE RELATIVE DE TENSION
%

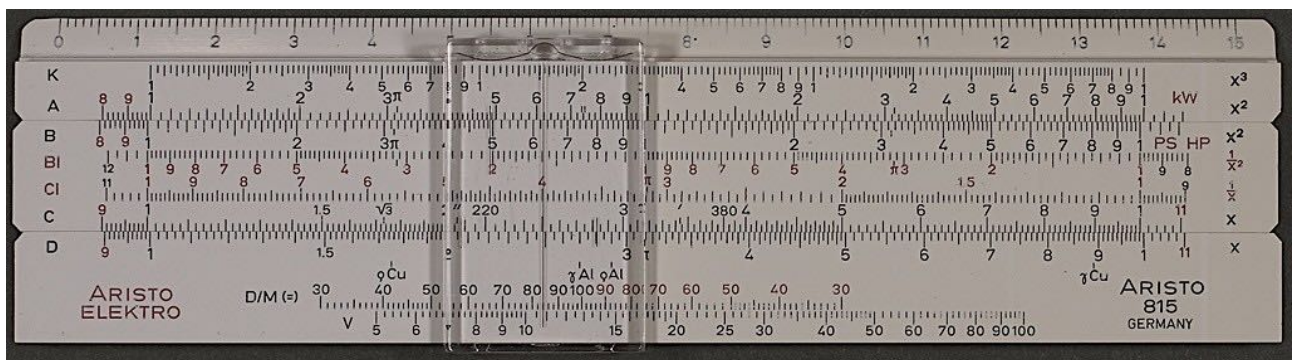
20 10 8 7 6 5 4 3 2 1 0.5 0.2 0.1

1

RÉSISTIVITÉ
microhm-centimètres

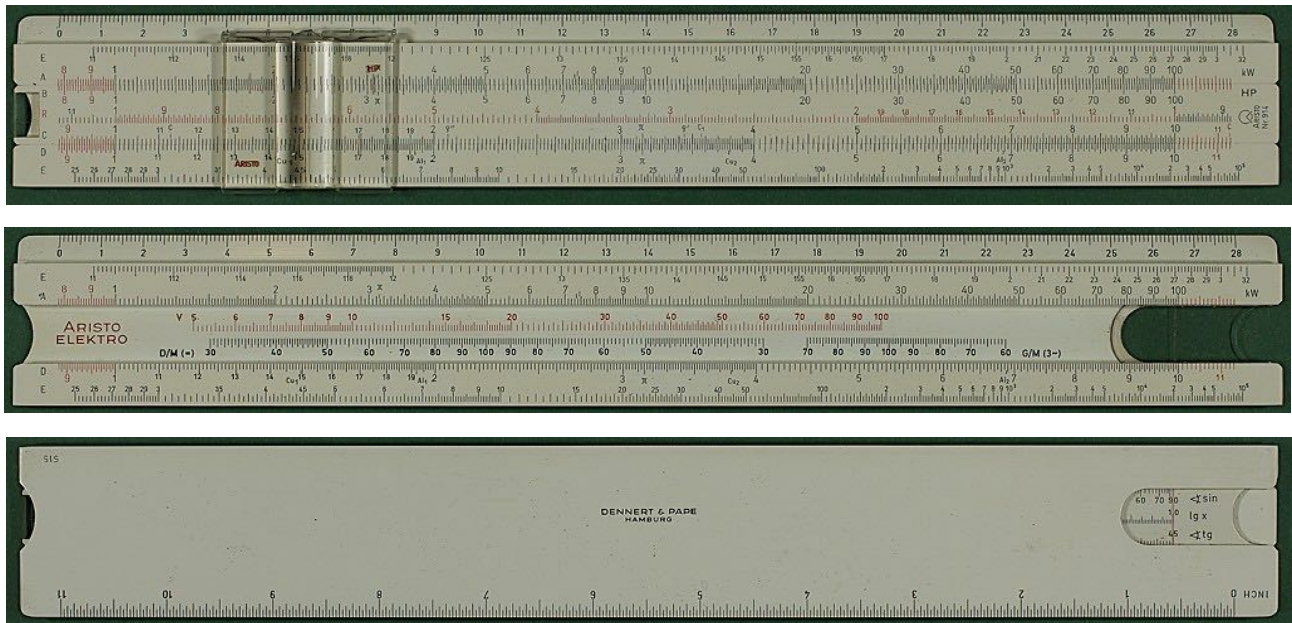
10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 AL Cu

ARISTO 815



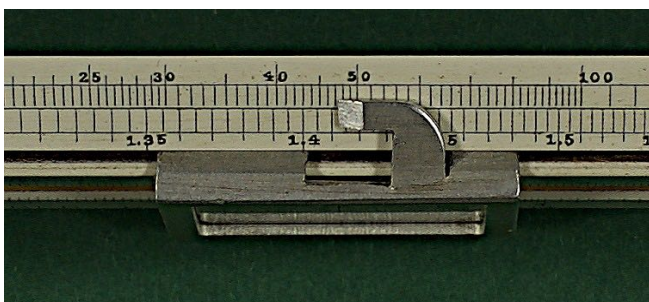
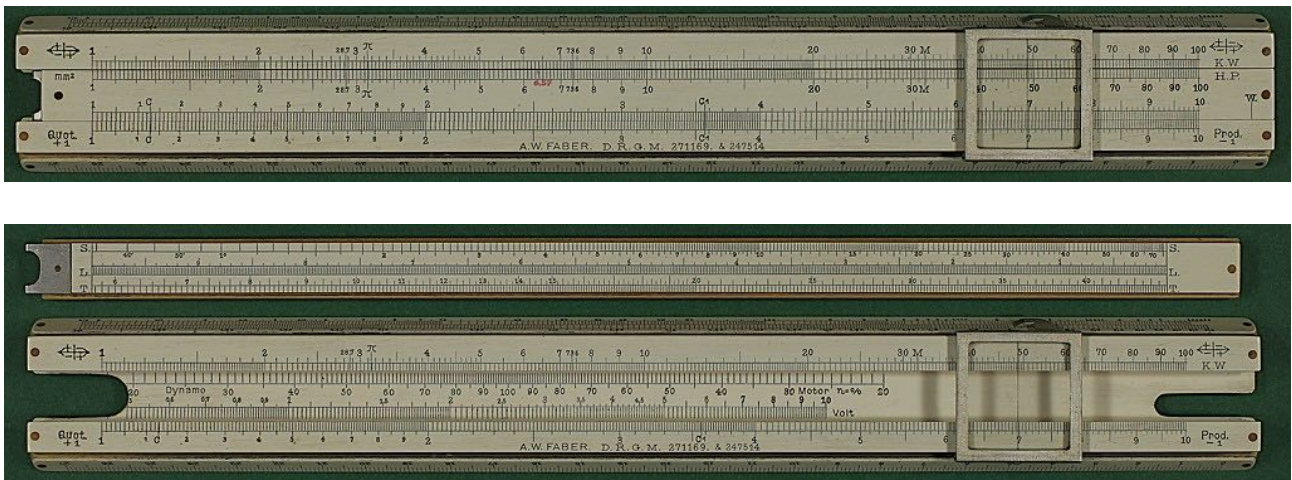
02/2019

ARISTO 914



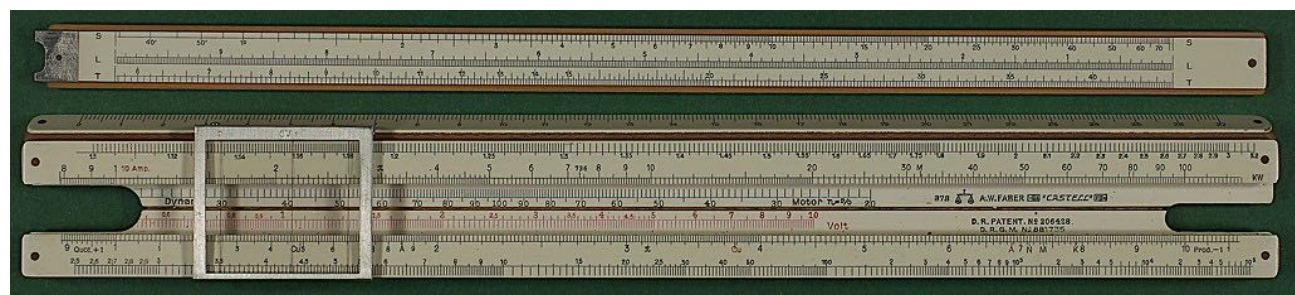
Un pad transparent à un trait, disposé en début de la règle, permet l'utilisation facile des échelles disposées en fond de règle. Cette disposition se retrouve souvent dans les règles électro.

FABER CASTELL 368

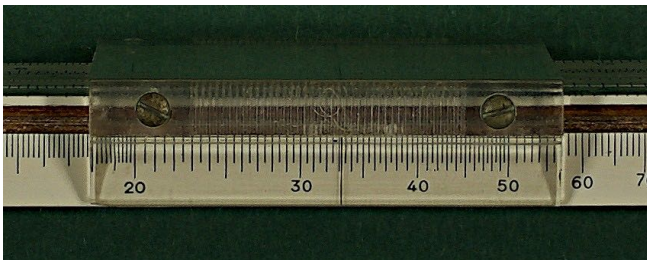
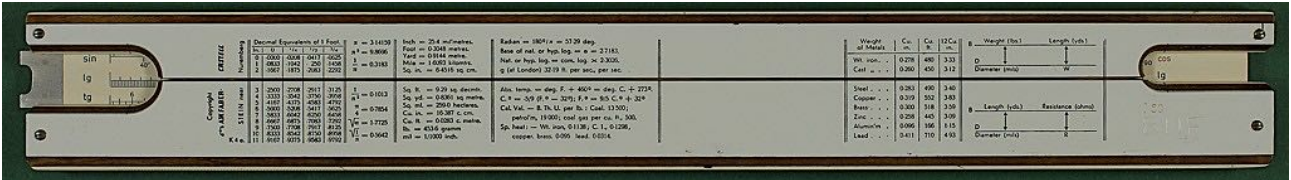
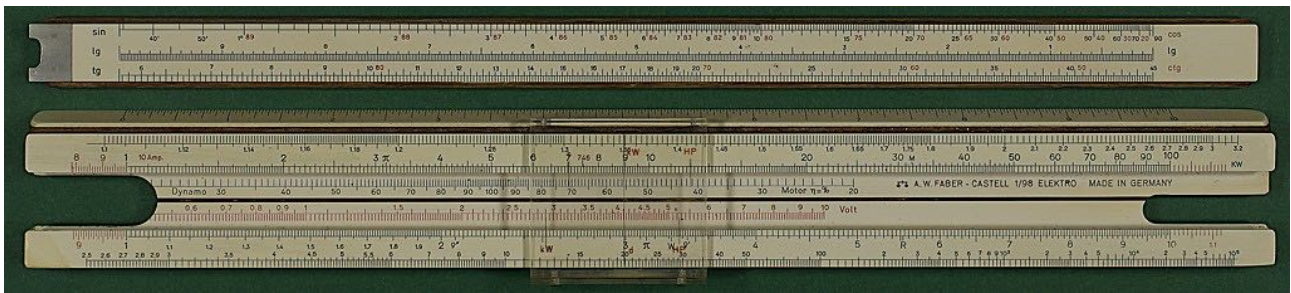


détail du curseur.

Cette règle comporte deux flancs en biseau, l'un gradué classiquement en mm, l'autre présentant les échelles LL et spéciales (Railway track scales)

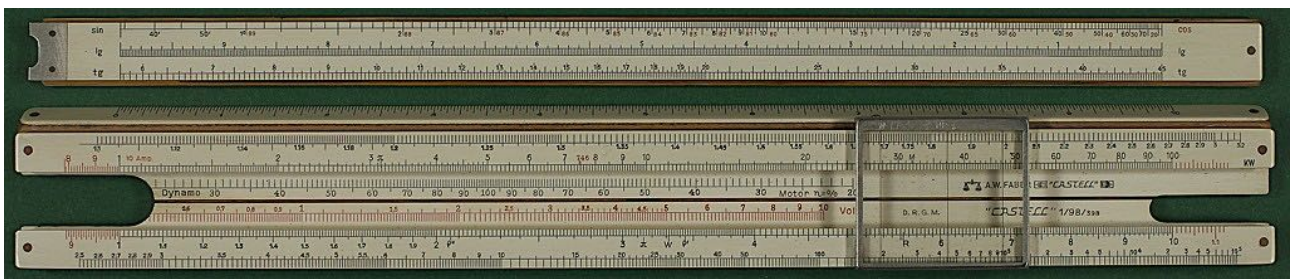
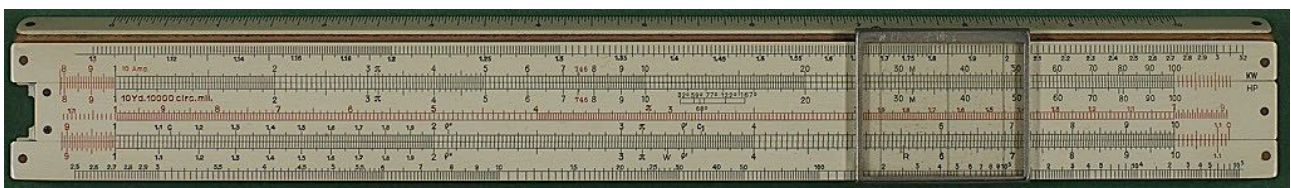
[illegible][illegible]

02/2019



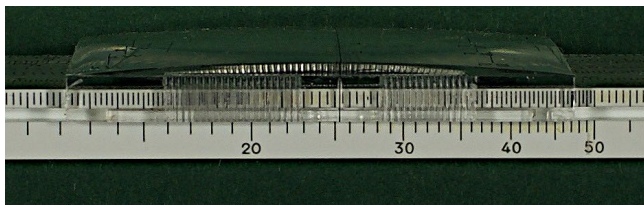
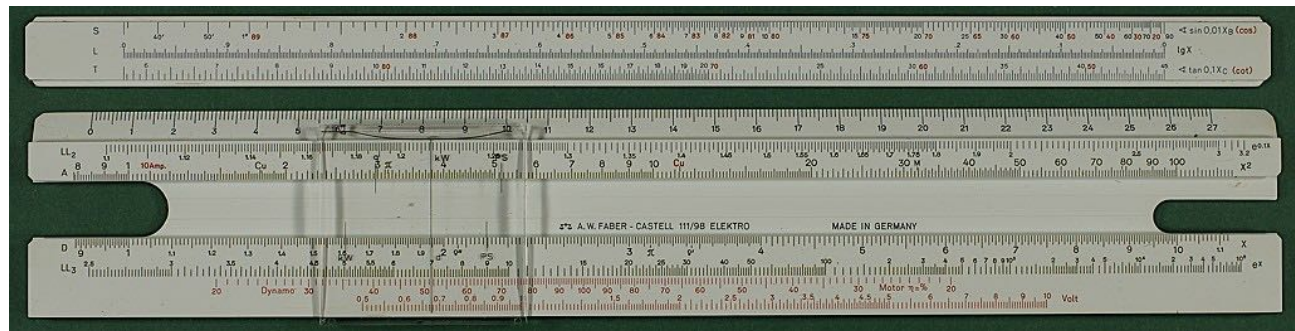
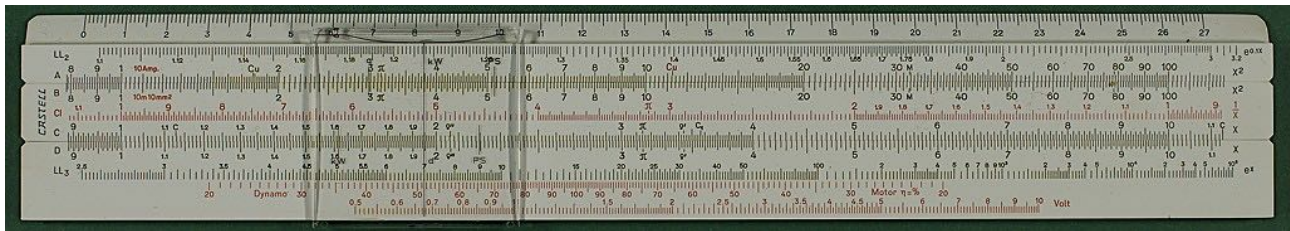
Détail du curseur.

FABER CASTELL 1/98/398



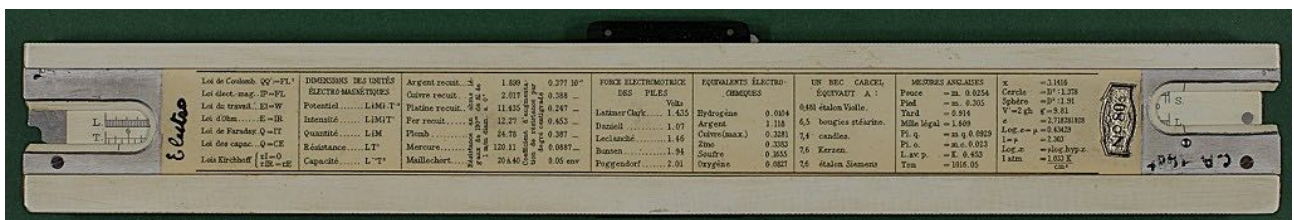
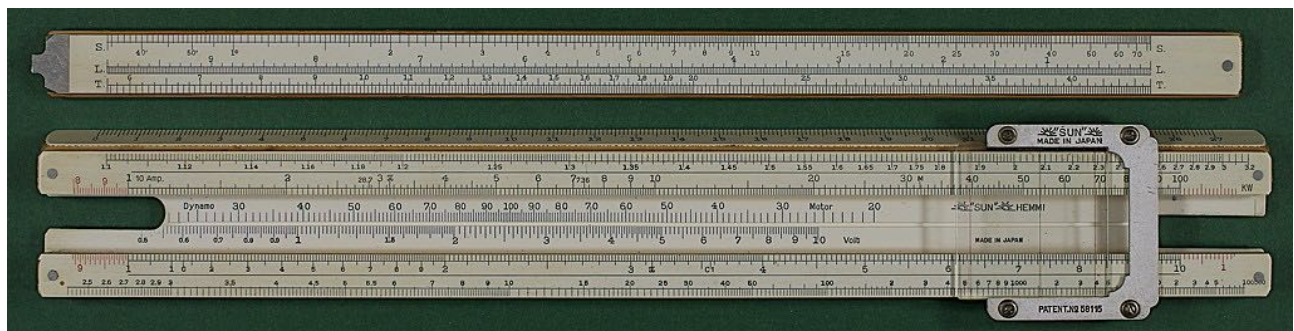
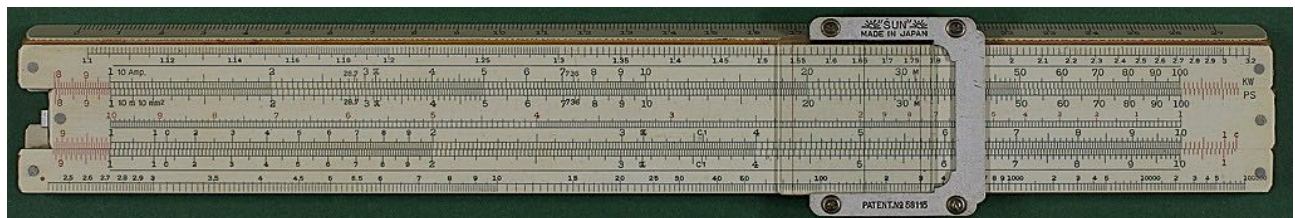
Détail du curseur.

FABER CASTELL 111/98

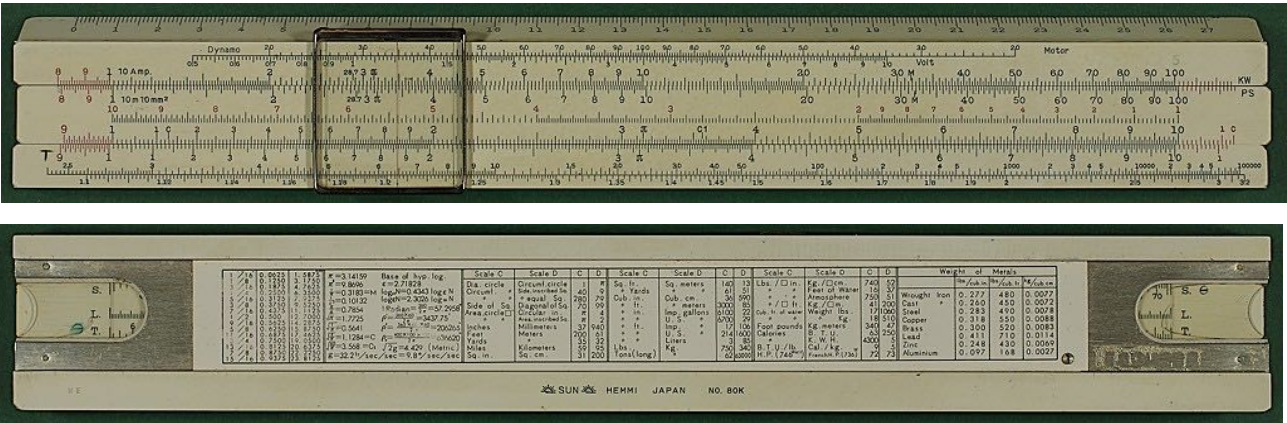


Détail du curseur.

HEMMI 80/3



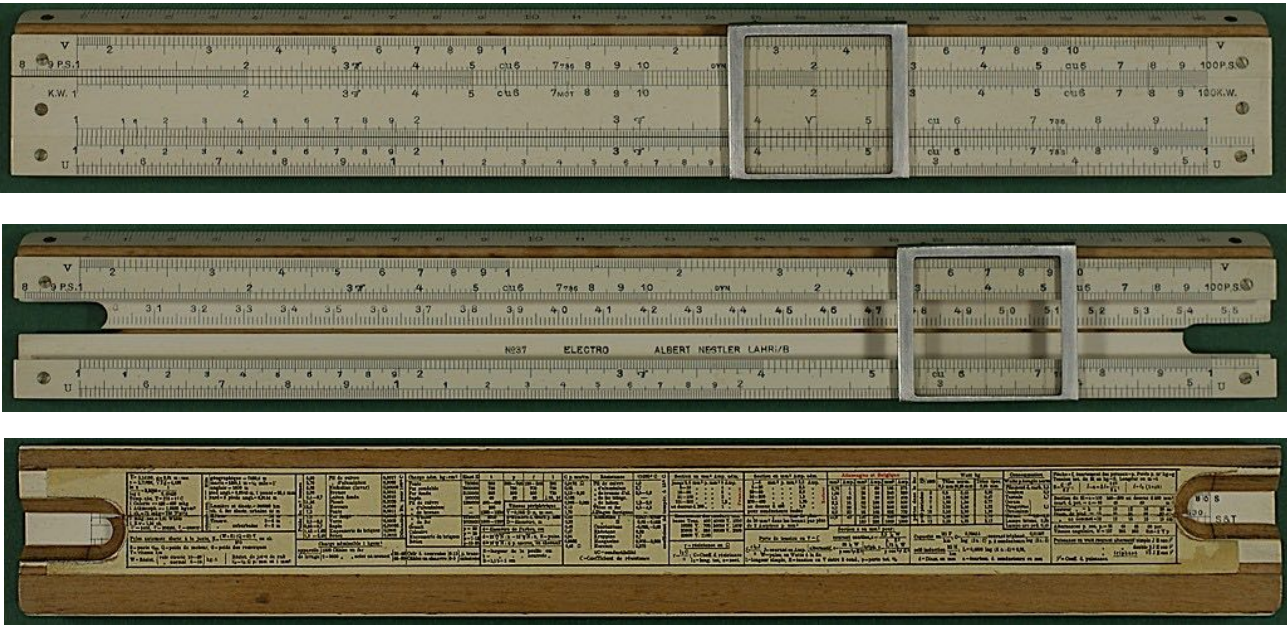
HEMMI 80K



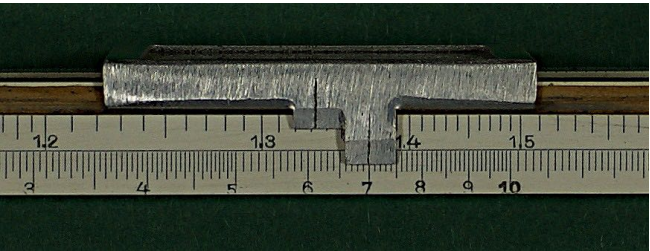
Détail du curseur.



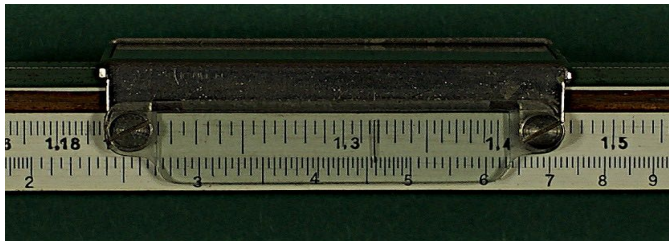
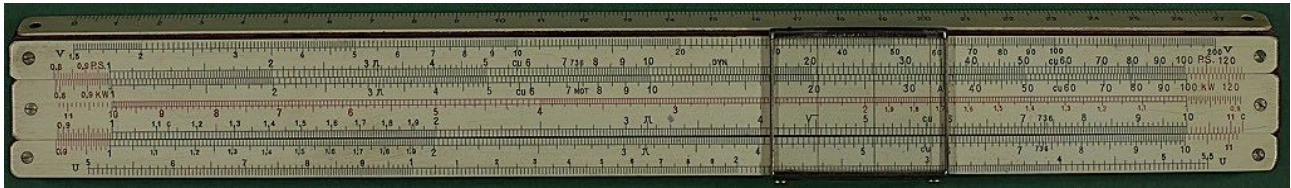
NESTLER 37



Détail du curseur.

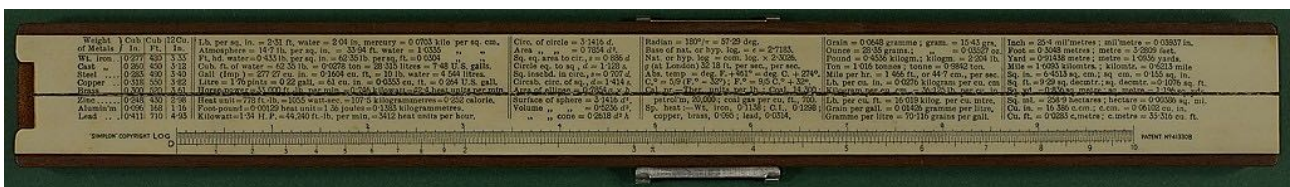
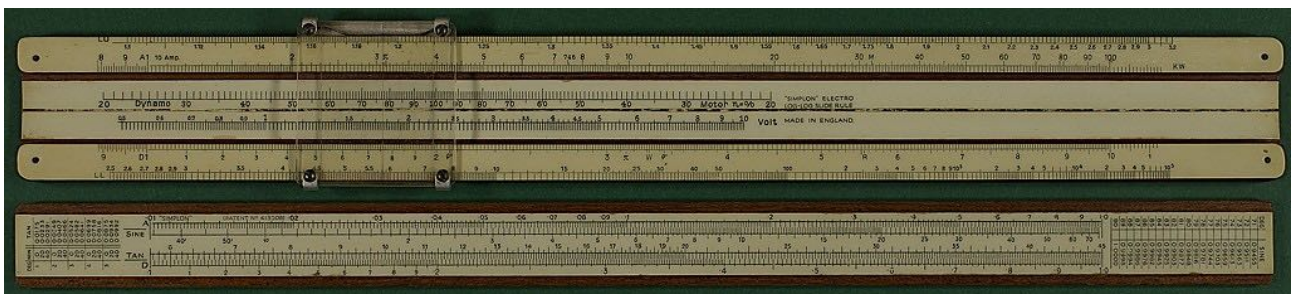
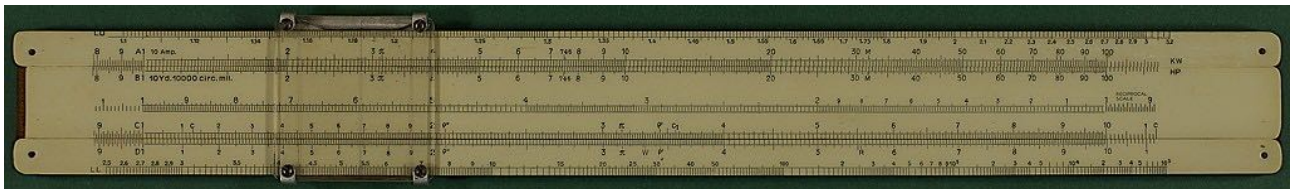


NESTLER 37 (autre version)



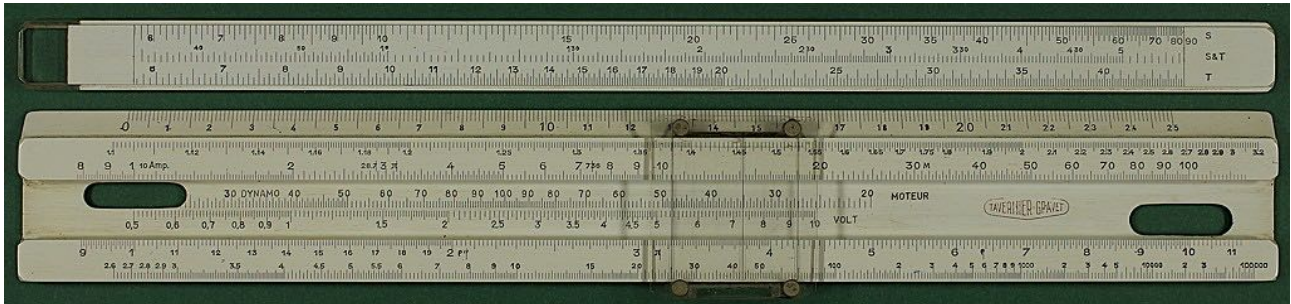
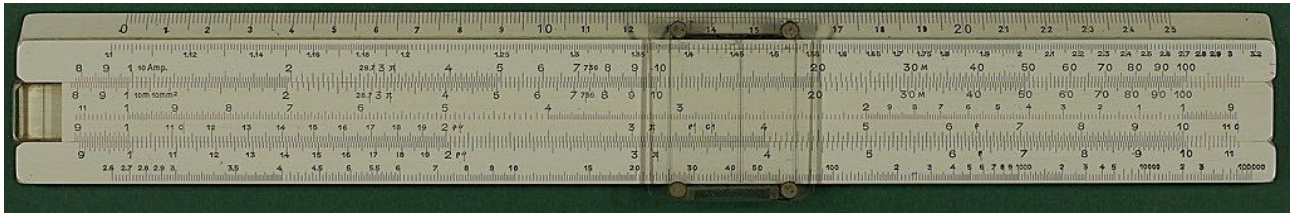
Détail du curseur.

SIMPLON ELECTRO Log-Log (Dargue Brothers)



Règle anglaise originale. Des tables numériques figurent au dos de la réglette. Une extrémité de la réglette et aussi de la règle sont taillées en biseau, servant d'index pour la lecture. Une double rainure, taillée sur les deux côtés de la règle permet d'utiliser le curseur à 3 traits asymétriques sur le dos de la règle.

TAVERNIER-GRAVET ELECTRO



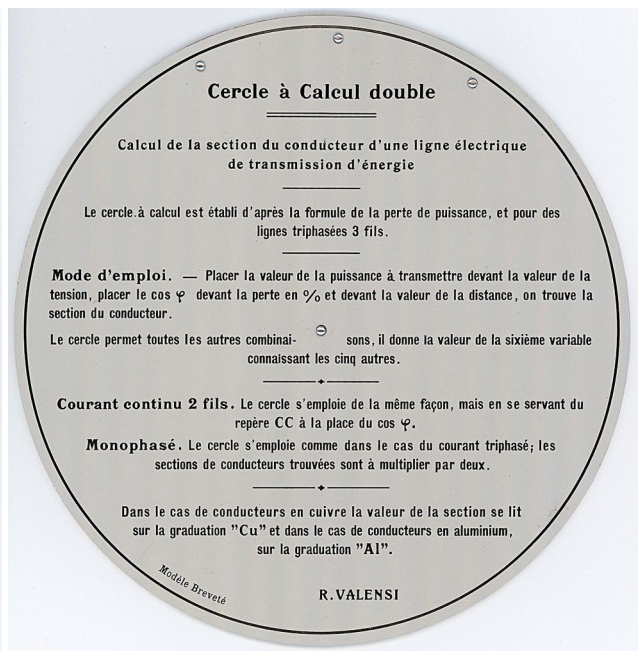
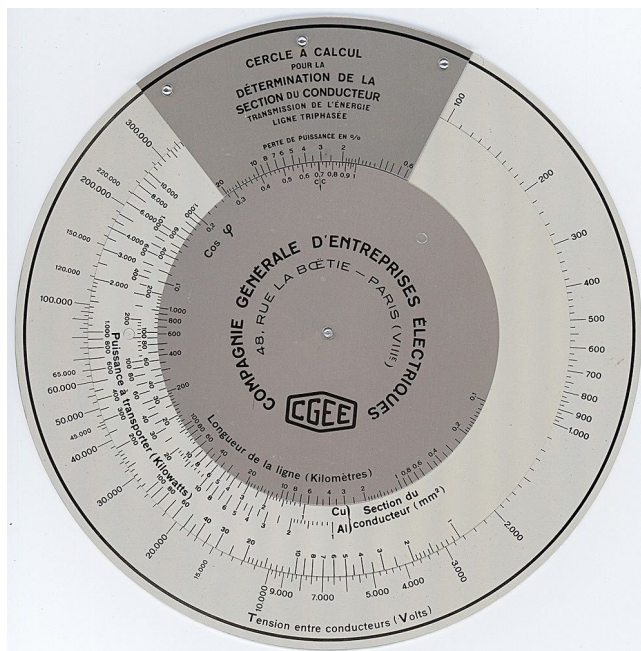
Un pad transparent permet l'utilisation directe des échelles Dynamo/moteur en fond de règle



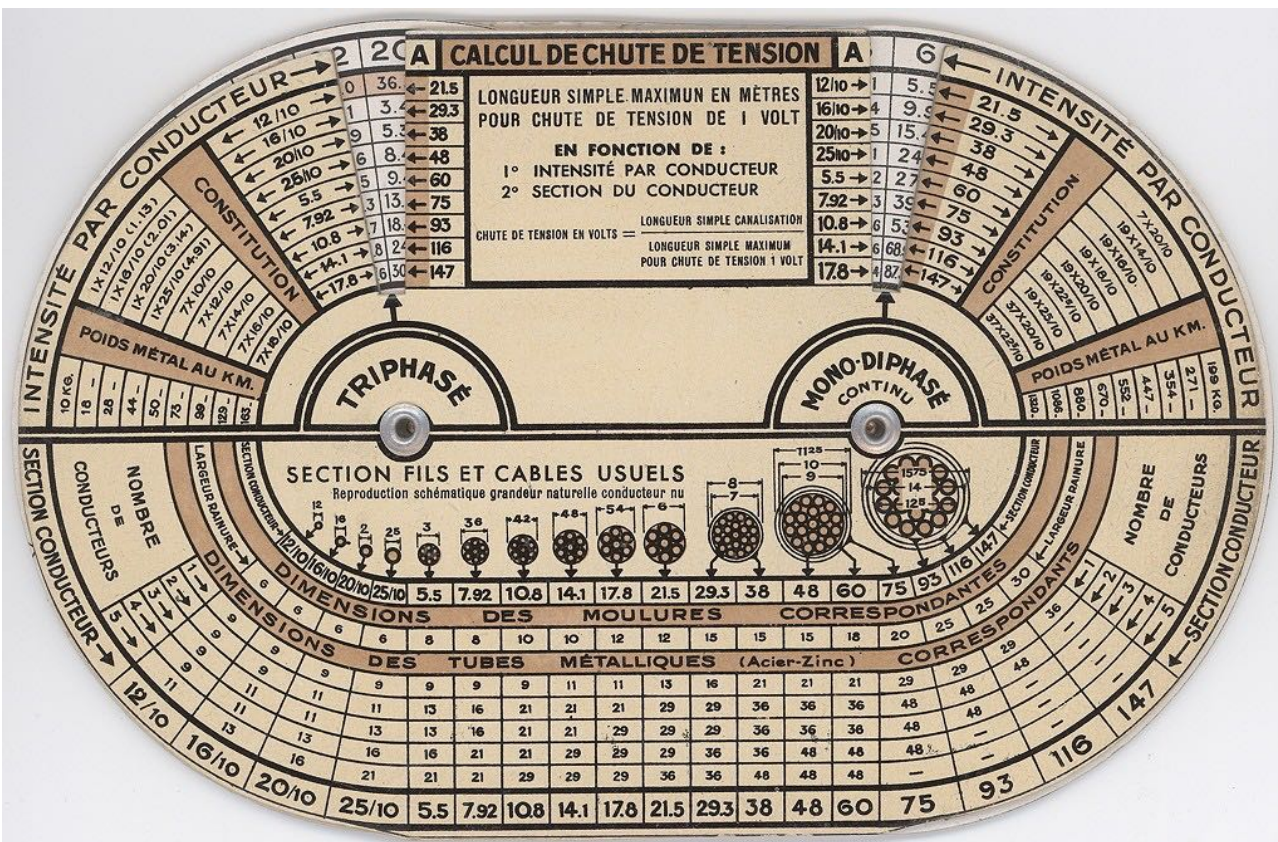
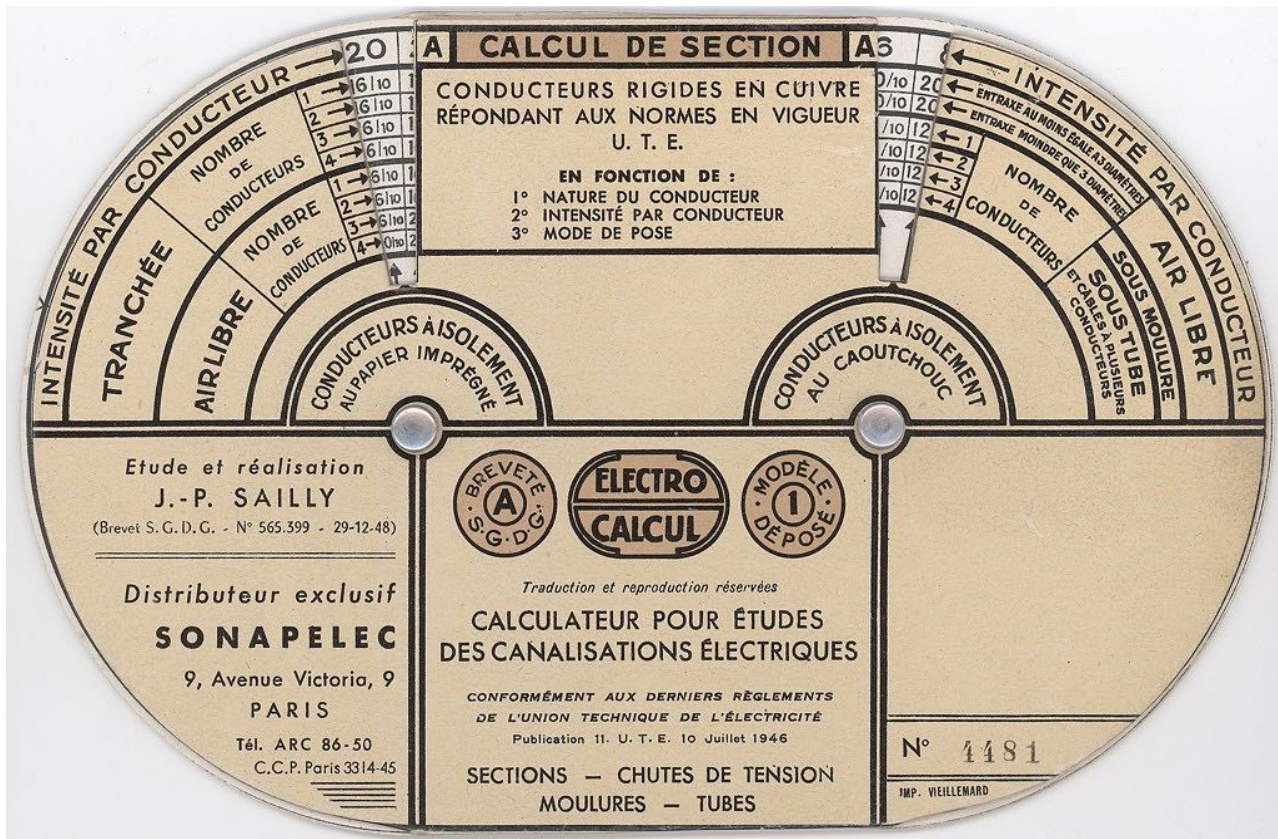
Détail du curseur et de l'échelle cos phi.

Réseaux, câbles et accessoires

COMPAGNIE GÉNÉRALE D'ENTREPRISES ÉLECTRIQUES

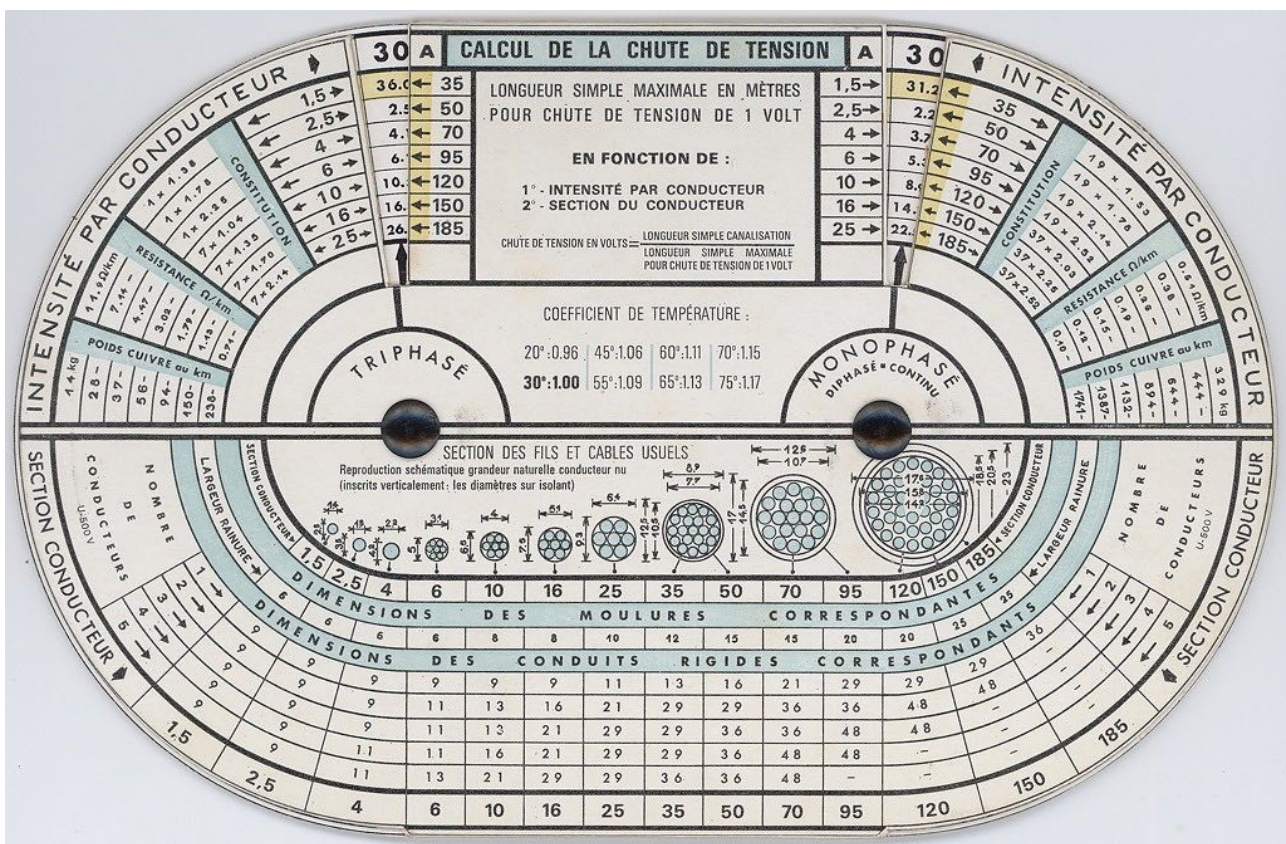
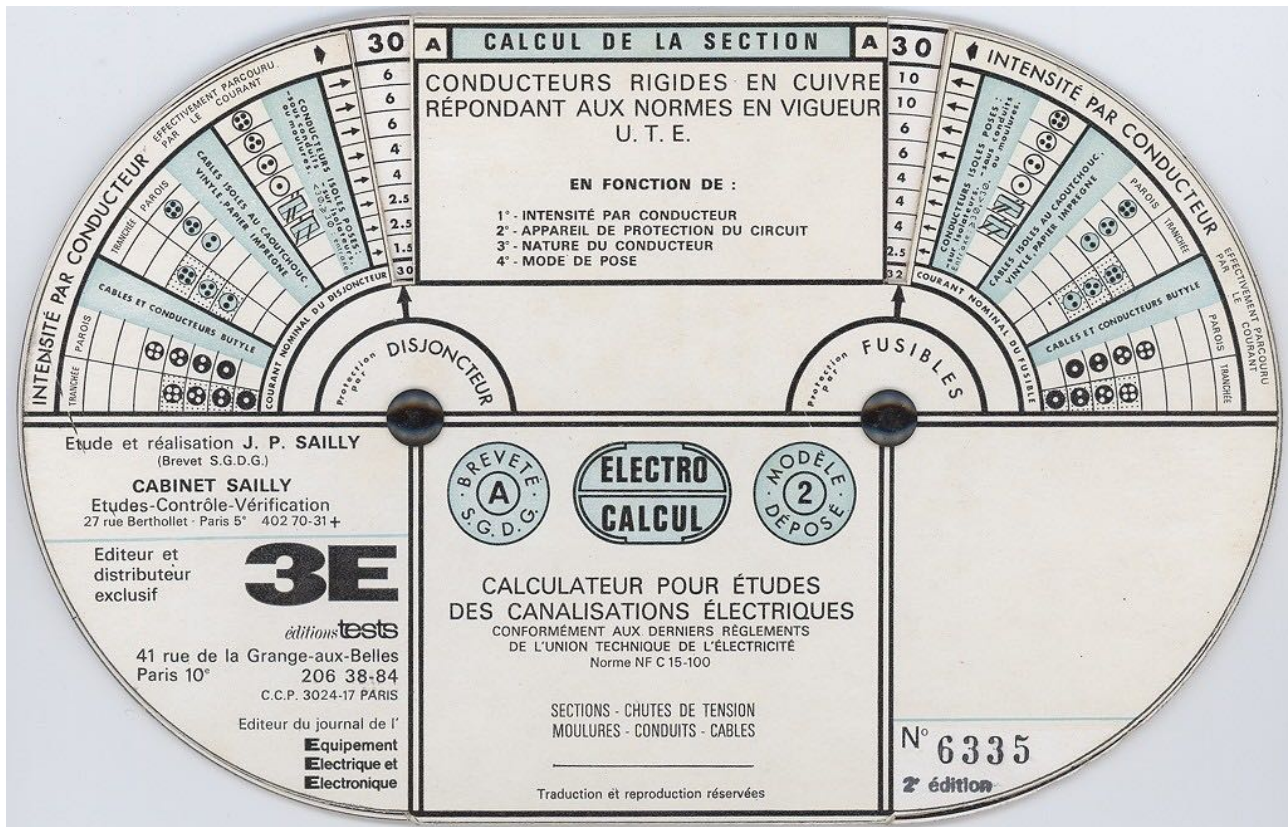


ÉLECTRO CALCUL (Modèle 1)

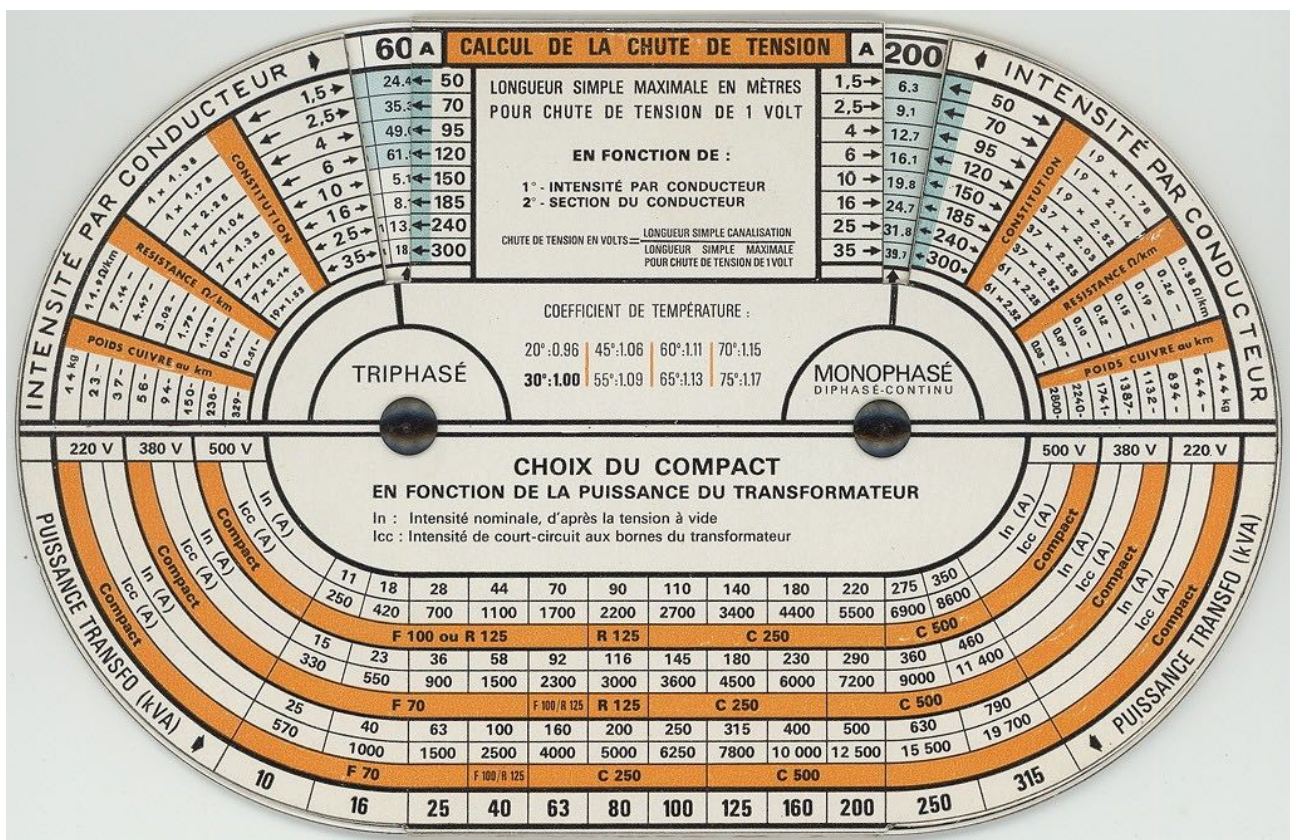
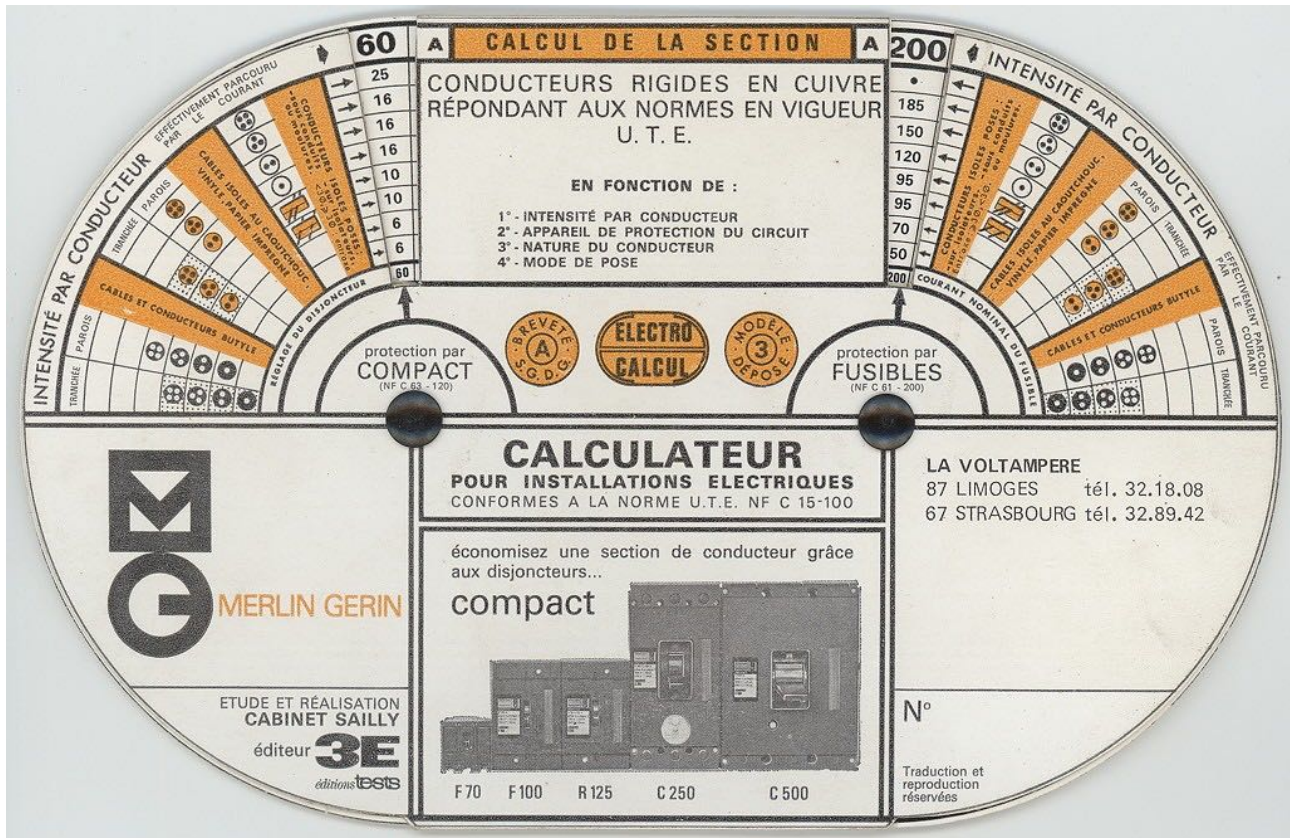


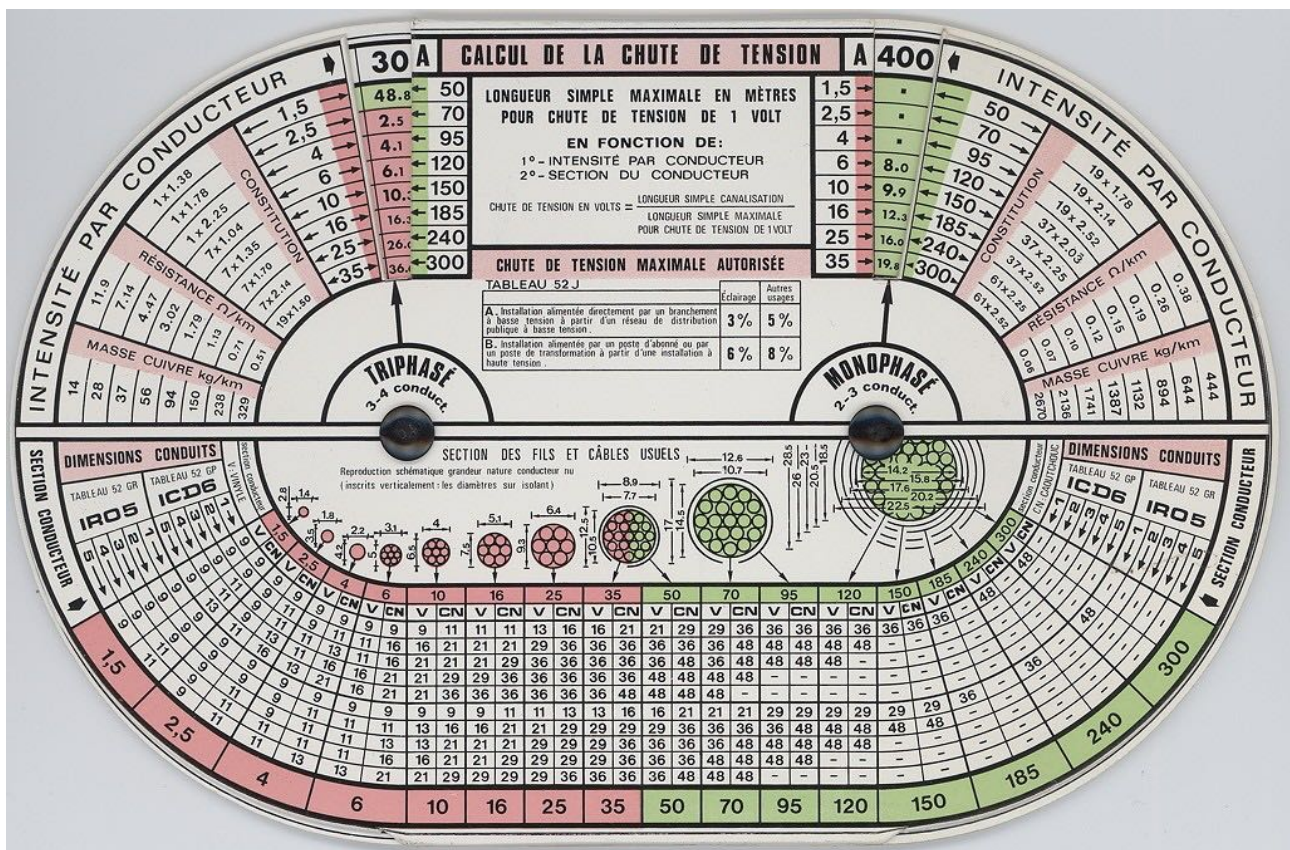
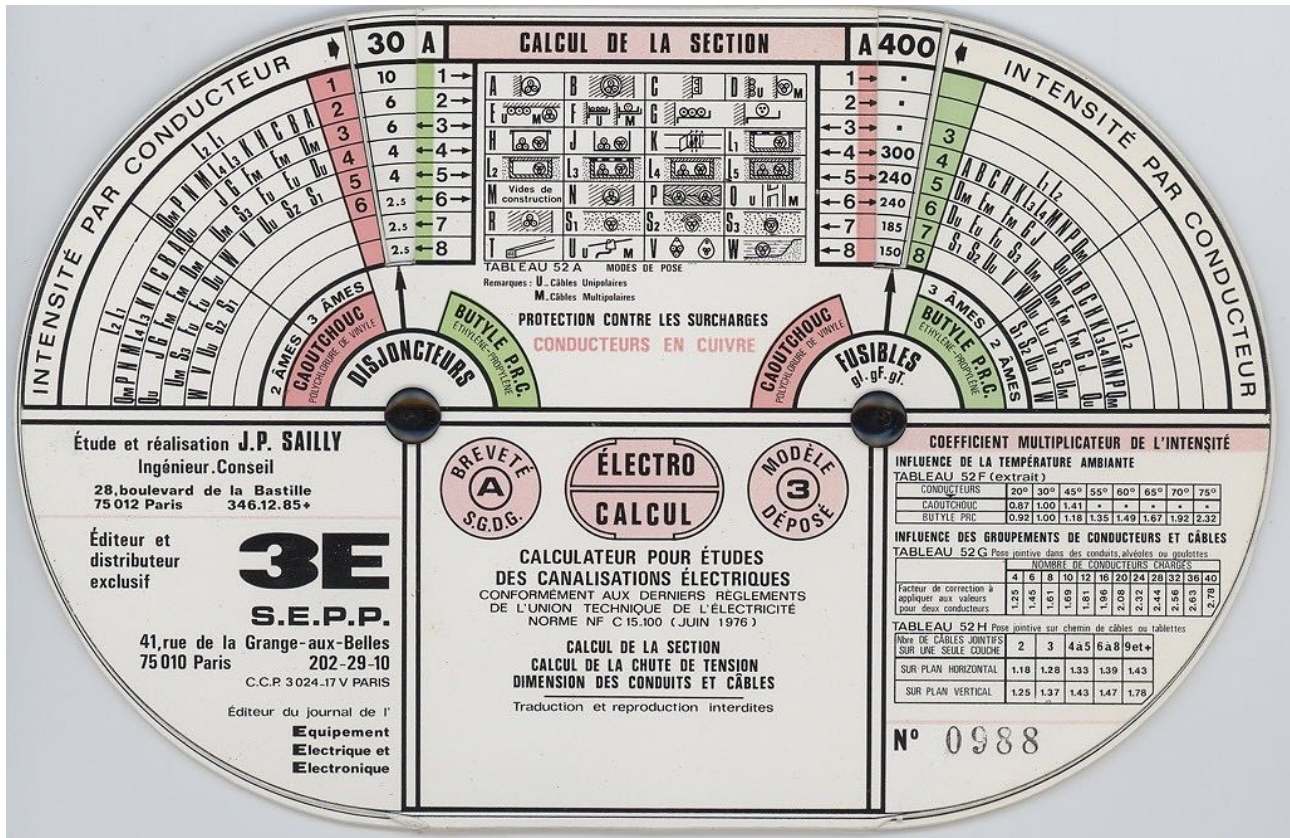
Cercle à calcul double et double face.

ÉLECTRO CALCUL (Modèle 2)



ÉLECTRO CALCUL (Modèle MERLIN GERIN)





OMARCO
MARQUE DÉPOSÉE

E. 8
MODÈLE DÉPOSÉ

CONDUCTEURS ISOLÉS EN ALUMINIUM

SECTION NOMINALE

DIAMÈTRE

SECTION RÉELLE

CONSTITUTION DU CONDUCTEUR

19 Fils de 2,5 mm

12,5 mm

Alu

RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE À 20° C

31 ohms/km

COURANT ADMISSIBLE DANS LES CÂBLES ISOLÉS AU CAOUTCHOUC

CÂBLES À L'AIR LIBRE

Distance entre axes
> 3 d < 3 d

234 A 194 A

1 CÂBLE SOUS TUBE

2 CÂBLES SOUS TUBE

3 CÂBLES SOUS TUBE

167 A 134 A 115 A

COURANT ADMISSIBLE DANS LES CÂBLES : B.T. sous plomb isolés au papier imprégné enterrés à 0 m 80 de profondeur suivant Norme N.F.C. 7 de l'I.T.E.

1 conducteur

2 conducteurs

3 conducteurs

4 conducteurs

310 A 215 A 194 A 174 A

COEFFICIENT DE RÉDUCTION DES INTENSITÉS

Câbles posés à l'air libre	0,75
Câbles posés en tranchée, distance entre axes : 0 m 15	0,85
Câbles posés en tranchée en une nappe, entre axes : 0 m 15	0,75
Câbles posés en tranchée en deux nappes, entre axes : 0 m 15	0,70

SYMBOLES :

E = Module d'Élasticité en kg/mm²

α = Coefficient de dilatation par ° C.

β = Coefficient de variation de la résistance électrique par ° C.

BARRES de CONNEXION MÉPLATES en ALUMINIUM

DIMENSIONS

h 10 2

POIDS

4,050 kg/m

SECTION

1500 mm²

COEFFICIENT DE DILATATION LINÉAIRE

α = 23 × 10⁻⁶

MODULE D'ÉLASTICITÉ

E = 6700 kg/mm²

CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES

RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE À 20° C

19,4 ohms × 10⁻⁴

COURANT ADMISSIBLE

= ou 50 pps

COURANT ADMISSIBLE

POUR BARRES EN PARALLÈLES

Coefficients à appliquer à l'intensité d'une barre

1 Barre	2	3	4	5	6	7
1	1,8	2,55	3,25	3,9	4,5	5,1
1	1,8	2,5	3,1	3,7	4,1	
0,85	1,4	1,8	2,3	2,7	3,15	3,6
0,85	1,4	1,75	2,15	2,5	2,75	

POUR UNE BARRE SUR CHAMP

1590 1860

30°C Échouffement 40°C

8 SUR CHAMP

A PLAT

PROFILÉS en U

SECTION D'UN U

2460 mm²

RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE À 20° C

11,5 ohms × 10⁻⁴/m

POIDS D'UN U

6,615 kg/m

INTENSITÉ ADMISSIBLE

DANS LES 2 U

4800 5800

30°C ÉCHAUFFEMENT 40°C

h 80 8 d = 1/4 h

OMARO MARQUE DÉPOSÉE **E. 10** MODÈLE DÉPOSÉ

CONDUCTEURS ISOLÉS EN ALUMINIUM

SECTION NOMINALE 93 mm^2 DIAMÈTRE $\varnothing 12,5 \text{ mm}$ SECTION RÉELLE $93,3 \text{ mm}^2$

CONSTITUTION DU CONDUCTEUR 19 Fils de $2,5 \text{ mm}$

RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE À 20°C $0,315 \text{ ohms/km}$

COURANT ADMISSIBLE DANS LES CABLES ISOLÉS AU CAOUTCHOUC

CABLES À L'AIR LIBRE Distance entre axes $> 3d$ $< 3d$

1 CABLE SOUS TUBE 2 CABLES SOUS TUBE (ou câble à 2 conducteurs) 3 CABLES SOUS TUBE (ou câble à 3 conducteurs)

235 A 194 A 167 A 134 A 115 A

COURANT ADMISSIBLE DANS LES CABLES B.T. SOUS PLOMB ISOLÉS AU PAPIER IMPRÉGNÉ enterrés à 0,80 m de profondeur suivant Norme NF C 33-100

1 conducteur 2 conducteurs 3 conducteurs (ou 3 + neutre) 4 conducteurs

COEFFICIENTS DE RÉDUCTION DES INTENSITÉS

2 Câbles posés en tranchée, intervalle entre câbles : 0,20 m . . . 0,85
3 Câbles posés en tranchée, en une nappe, intervalle : 0,20 m . . . 0,72
4 Câbles posés en tranchée, en une nappe, intervalle : 0,20 m . . . 0,62

BARRES DE CONNEXION EN ALUMINIUM

DIMENSIONS 200 mm 20 mm

PLATS POIDS $10,800 \text{ kg/m}$ SECTION 4000 mm^2

COEFFICIENT DE DILATATION LINÉAIRE $\alpha = 23 \times 10^{-6}$ MODULE D'ÉLASTICITÉ $E = 6700 \text{ kg/mm}^2$

RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE À 20°C $7,25 \text{ ohms} \times 10^{-4}/\text{m}$

COURANT ADMISSIBLE POUR BARRES EN PARALLÈLES

Coefficients à appliquer à l'intensité d'une barre

1 Barre	2	3	4	5	6	7
1	1,8	2,55	3,25	3,9	4,5	5,1
1	1,8	2,5	3,1	3,7	4,2	
-0,85	1,4	1,8	2,3	2,7	3,15	3,6
-0,85	1,4	1,75	2,15	2,5	2,75	

A PLAT

COURANT ADMISSIBLE = ou un 50 pps pour UNE BARRE SUR CHANT 3220 A 3770 A

30° C Échauffement 40° C SUR CHANT

PROFILÉS EN U

SECTION D'UN U 2642 mm^2

RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE À 20°C POUR UN U $7,133 \text{ ohms} \times 10^{-4}/\text{m}$

POIDS D'UN U $7,133 \text{ kg/m}$

INTENSITÉ ADMISSIBLE DANS LES 2 U 5600 A 6500 A

30° C Échauffement 40° C

REPRODUCTION, TRADUCTION ET ADAPTATION INTERDITES

RACCORDEMENTS des conducteurs en aluminium (câbles isolés et barres)

RÈGLES GÉNÉRALES

PROCÉDÉS MÉCANIQUES

a Prévoir une longueur ou une surface de contact suffisante.

CABLES $L > 4D$ BARRES $S = A \times B$

La surface de contact S est déterminée en fonction de I d'après les courbes ci-dessous :

b Réaliser une pression de contact P également répartie de 1 à 2 kg/mm^2 minimum.

CABLES $P = \frac{n \times F}{L \times D} > 2 \text{ kg/mm}^2$ BARRES $P = \frac{n \times F}{A \times B} > 1 \text{ kg/mm}^2$

n : nombre de boulons - F : effort de serrage d'un boulon

Effectuer le serrage avec boulons alliage léger, ou boulons acier et rondelles élastiques.

boulon alliage léger rondelles élastiques en série rondelles plates boulon acier

Pour le calcul de P , choix et nombre de rondelles élastiques, utiliser les données suivantes :

Ø boulon	effort F	TREPP	BELLEVILLE	NOMEL IZC	DELTA
6 mm	500 kg	3	2	4	6

c Préparer les surfaces de contact par brossage sous graisse neutre ou enduire de produit contactal. — Pour câbles armés, brosser seulement à sec.

graisse neutre brossage métallique produit contactal

En tirant la languette, voir quelques exemples de raccords : mécaniques ↑ par soudage ↓

PROCÉDÉS PAR SOUDAGE AUTOGENE

a Régler le chalumeau suivant valeurs ci-dessous :

section câbles	ép. barres	chalumeau	choix bec	Ø baguette
22 mm^2	2 mm	N° 0	100 l	2,5 mm

Pression aux manomètres oxygène et acétylène : 0,5 à 0,5 kg

b Utiliser un flux non corrosif déposé dans l'eau de façon à obtenir une pâte demi-fluide qui sera étendue sur la baguette d'apport constituée par fils de câbles ou chutes de barres.

métal d'apport flux non corrosif

c Nettoyer soigneusement, à la brosse métallique ou à la lime, les surfaces à souder.

d Chanfreiner les barres si l'épaisseur est supérieure à 5 millimètres.

5 < e < 8 70° à 90° soutien e > 8

e Pour soudage direct des câbles ou chalumeau, réunir d'abord les brins par un bouton de soudure.

f Pour soudage des câbles par court-circuit aluminothermique, introduire le métal d'apport dès que la réaction est amorcée. Fondre le métal jusqu'à mi-remplissage de la cheminée et remuer énergiquement le bain, pour s'assurer que les extrémités des câbles sont bien fondues.

g Pour soudage des cosses, l'épaisseur e doit être supérieure ou égale à :

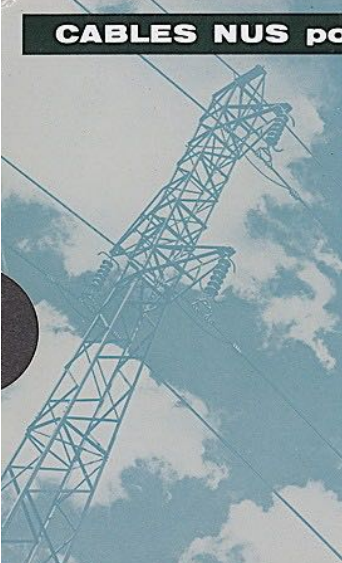
Section câble πD

Pour tous renseignements complémentaires, s'adresser à : L'ALUMINIUM FRANÇAIS - Section Électricité 23, rue Bolzac, PARIS (8°) - Tél. : WAG. 86-90, qui se mettra gracieusement à votre disposition.

OMARO MARQUE DÉPOSÉE **E. 10** MODÈLE DÉPOSÉ

REPRODUCTION, TRADUCTION ET ADAPTATION INTERDITES

CABLES NUS pour lignes aériennes



câbles homogènes en aluminium et en almelec

37 fils de 2,8 mm

section nominale 228 mm²

masses
câble graissé intérieurement 640 kg/km
câble totalement graissé 653 kg/km

19,6 mm

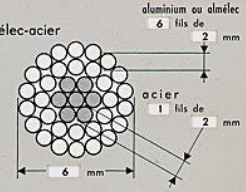
	CABLES ALUMINIUM	CABLES ALMELEC
charge de rupture	3461 daN	7340 daN
résistance électrique à 20°C	0,128 ohm/km	0,146 ohm/km
courant admissible	505 A	480 A
module d'élasticité final	6000 hbar	6000 hbar
coefficient de dilatation linéaire par °C	23 × 10 ⁻⁶	23 × 10 ⁻⁶
coefficient de variation de la résistance élect. par °C	0,0040	0,0036

câbles mixtes en aluminium-acier et en almelec-acier

CABLE D'ENERGIE
CABLE DE GARDE

section nominale
câble 22 mm²
aluminium ou almelec 18,8 mm²
acier 3,14 mm²

masses
câble graissé intérieurement 78 kg/km
câble totalement graissé 79 kg/km



	CABLES ALUMINIUM-ACIER	CABLES ALMELEC-ACIER
charge de rupture	acier N 117,6 kbar 697 daN acier R 156,8 kbar — daN	acier R — daN
résistance électrique à 20°C	1,53 ohm/km	— ohm/km
courant admissible	105 A	— A
module d'élasticité final	7500 hbar	— hbar
coefficient de dilatation linéaire par °C	18,7 × 10 ⁻⁶	— × 10 ⁻⁶
coefficient de variation de la résistance élect. par °C	0,0040	0,0036

OMARO
MARQUE DÉPOSÉE

CONDUCTEURS & CABLES ISOLES EN ALUMINIUM

section nominale 1,5 mm²

non rétreint 1,38 mm
rétreint Ø mini — mm

résistance électrique à 20°C 19,7 ohm/km

courant admissible

	1 conducteur	2 conducteurs ou 1 + neutre ou 2 + neutre	3 conducteurs ou 3 + neutre	4 conducteurs ou 4 + neutre
CONDUCTEURS ISOLES				
posés sur isolateurs, entraxes ≤ 34 > 14	18 A			
posés sous conduits ou sous moulures 1 par conduit ou par rainure	16 A	14 A	12 A	11 A
CABLES ISOLES				
isolés au caoutchouc ou au papier imprégné ou au polychlorure de vinyle		16 A	14 A	12 A
enterrés		20 A	18 A	16 A
fixés aux parois	23 A	20 A	18 A	16 A
isolés au caoutchouc butyle ou au polyéthylène réticulé		27 A	23 A	20 A
enterrés				18 A

E. 13

© 1966 - OMARO, 13, RUE DE LA NATION, PARIS 18 - REPRODUCTION, TRADUCTION ET ADAPTATION INTERDITES

profilés en U à coins arrondis ou à angles vifs

section d'un U 615 mm²

masse 1,66 kg/m

résistance électrique à 20°C pour un U 45,6 μΩ/m

courant admissible dans les 2 U temp. ambiante 45°C et échauff. de :

30°C continu	2150 A
40°C continu	2500 A
alternatif	2150 A
alternatif	2500 A

* les cotes suivies d'astérisques correspondent aux U à angles vifs.

BARRES DE CONNEXION EN ALUMINIUM

plats

section 14,4 mm²

masse 0,039 kg/m

résistance électrique à 20°C 1944 μΩ/m

courant admissible pour 1 barre sur chant température ambiante 45°C et échauffement de :

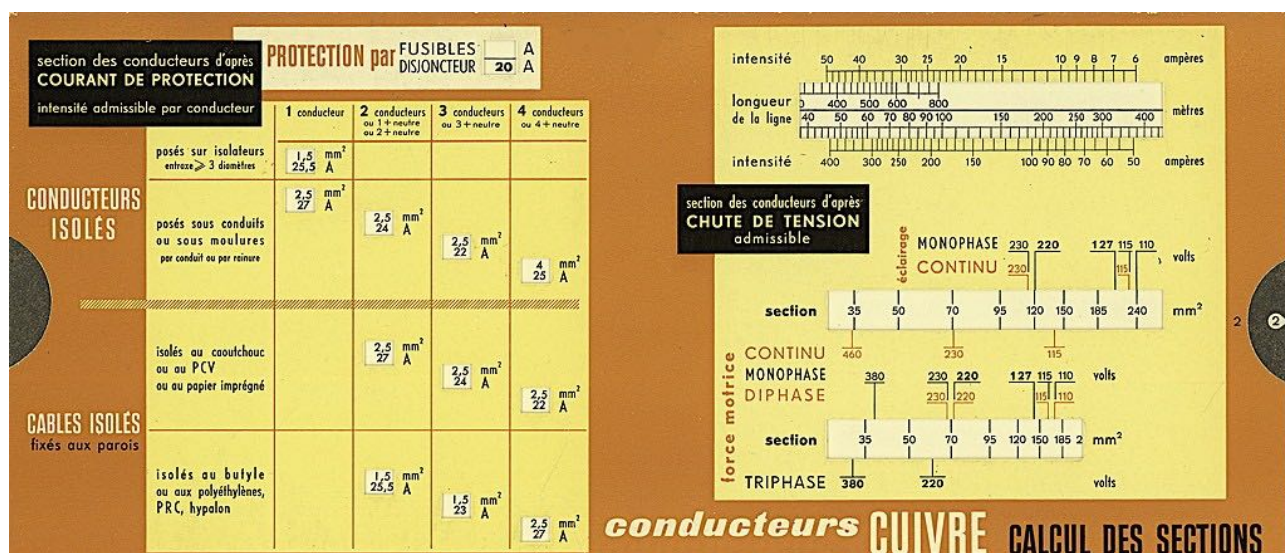
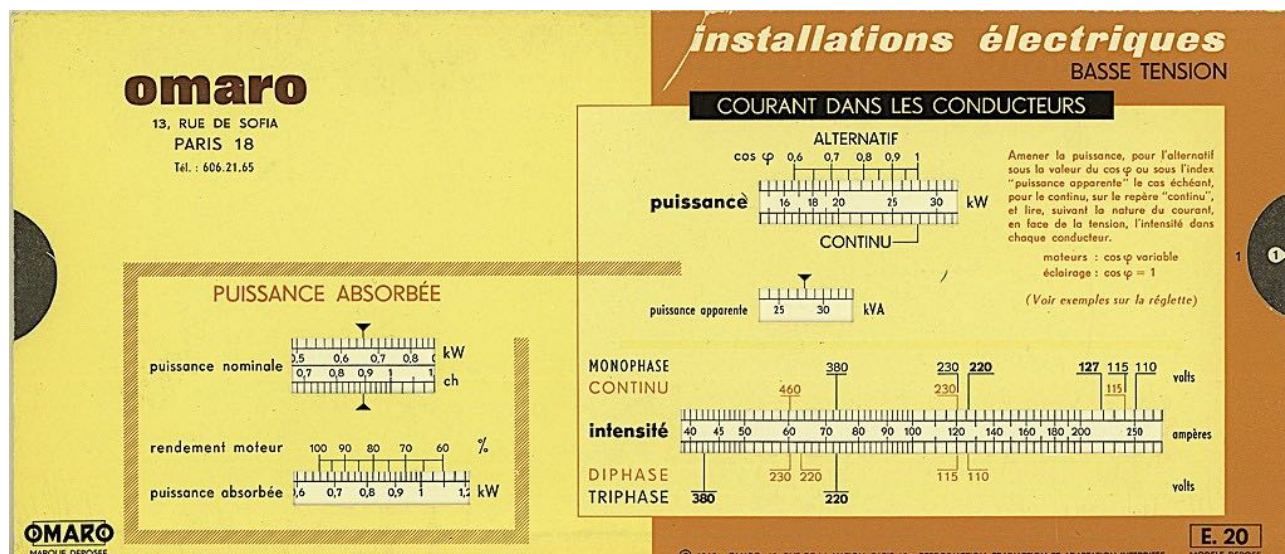
30°C continu	62 A
40°C continu	72 A
alternatif	62 A
alternatif	72 A

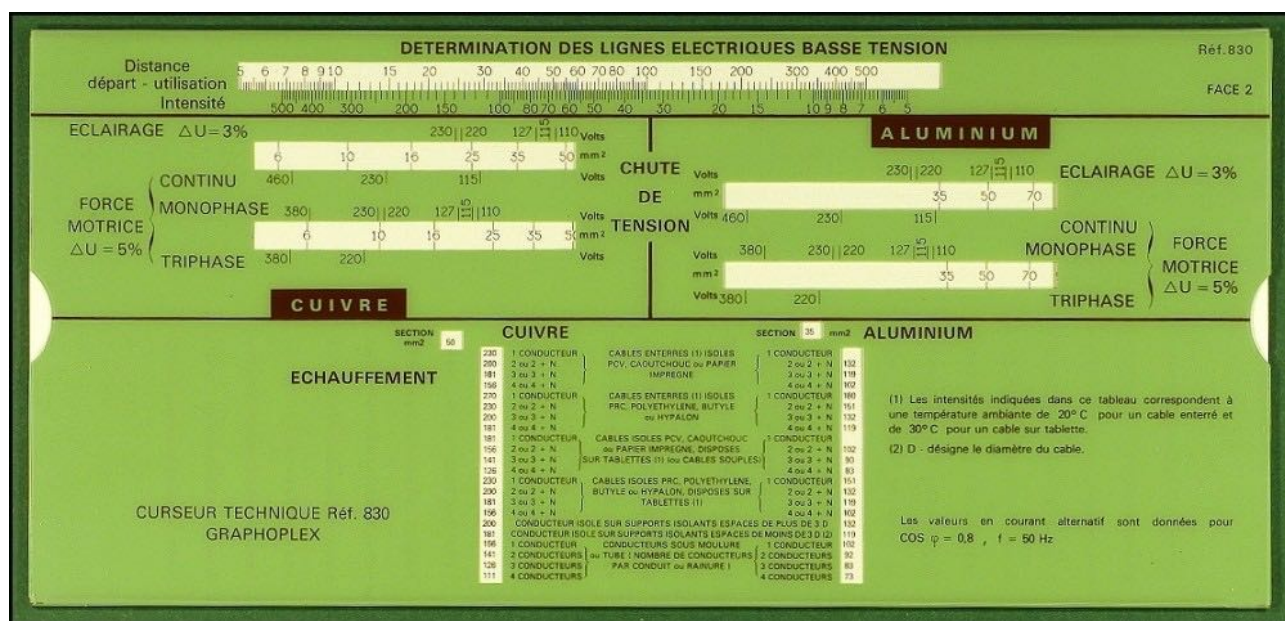
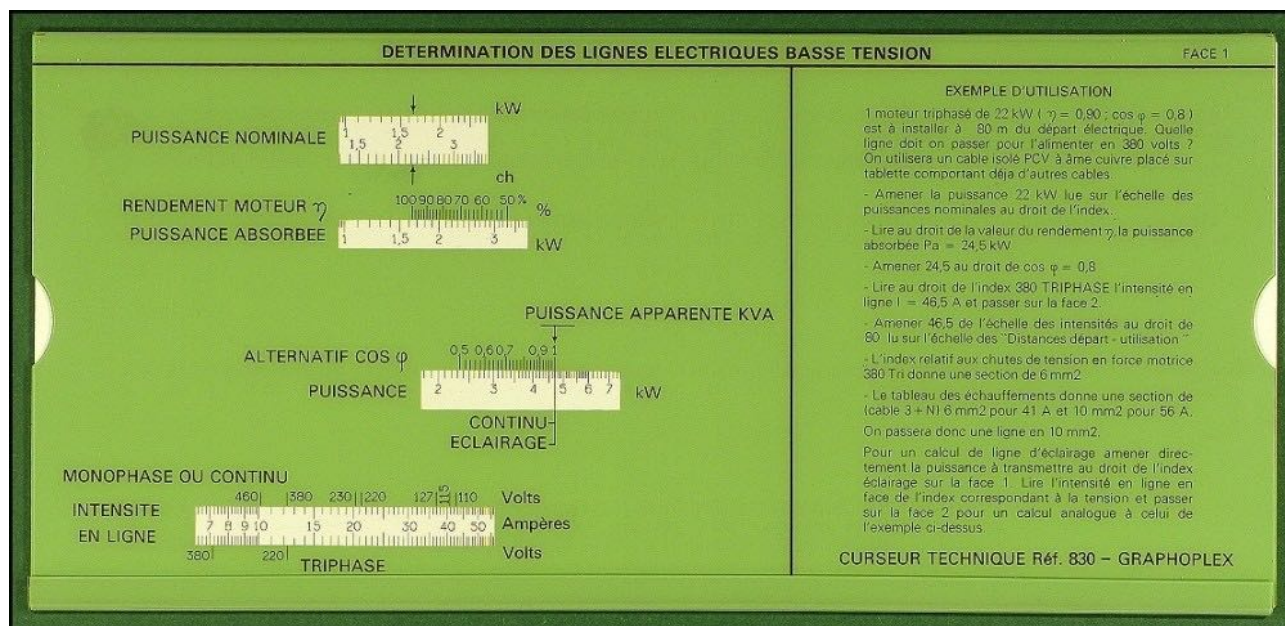
coefficients à appliquer à l'intensité d'une barre

nombre de barres	1	2	3	4	5	6	7
sur chant	1	1,8	2,55	3,25	3,9	4,5	5,1
à plat	0,85	1,4	1,8	2,3	2,7	3,15	3,6

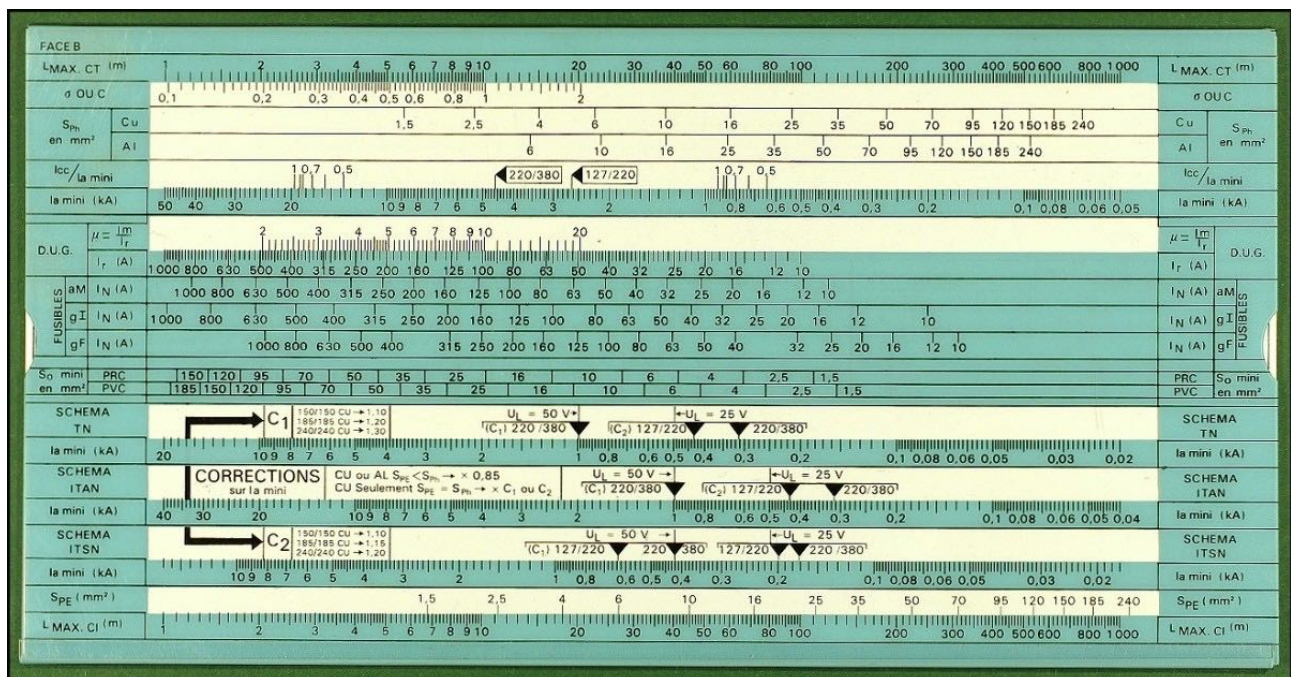
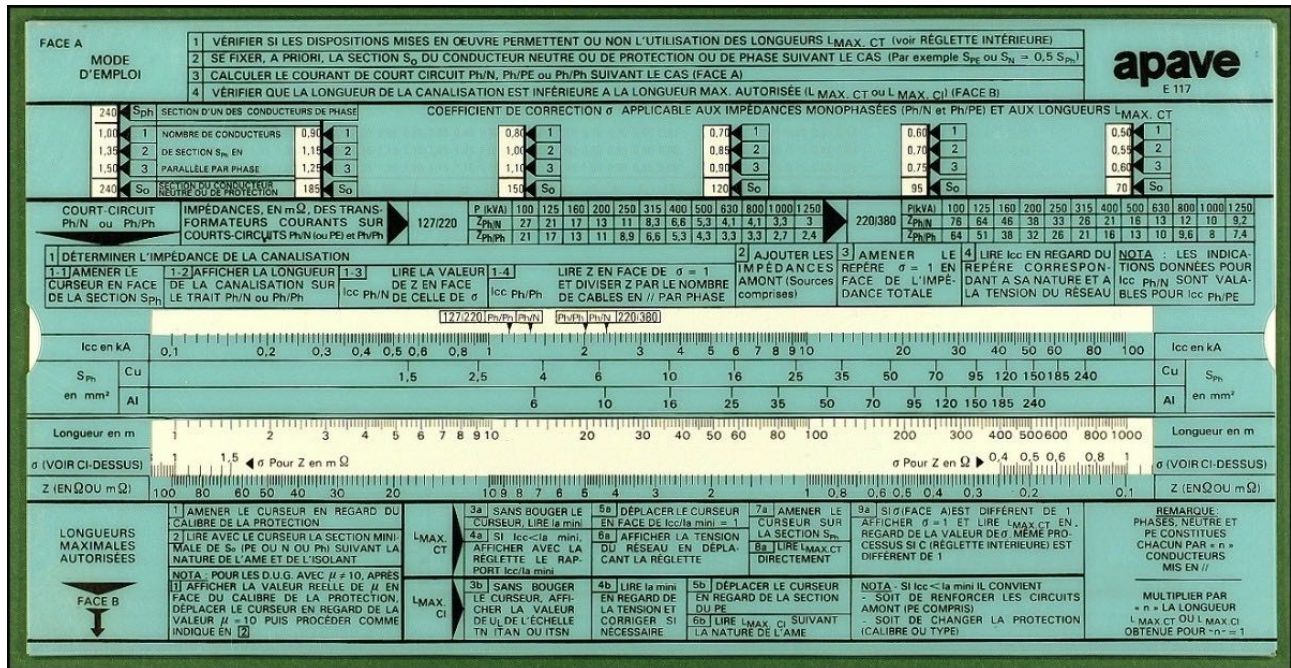
courant admissible pour barres en parallèle (écartement = épaisseur)

EDITION 1968

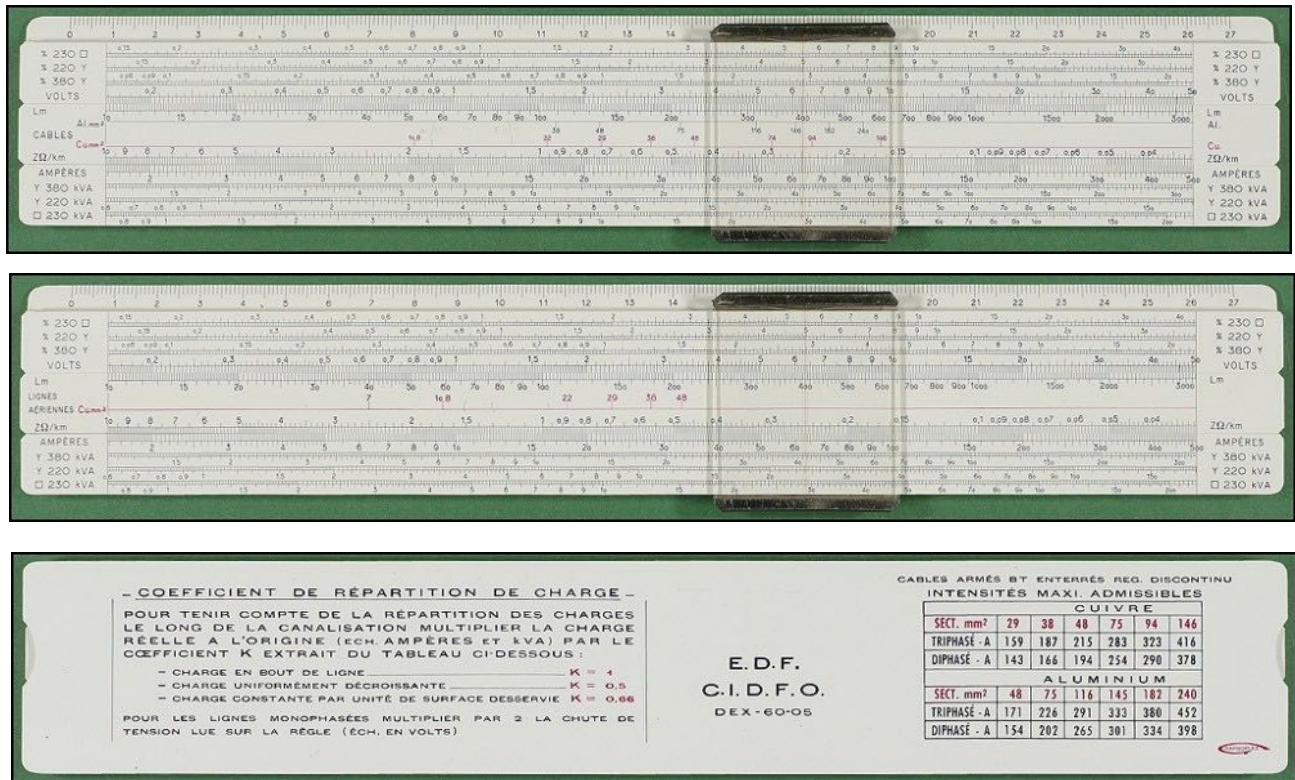




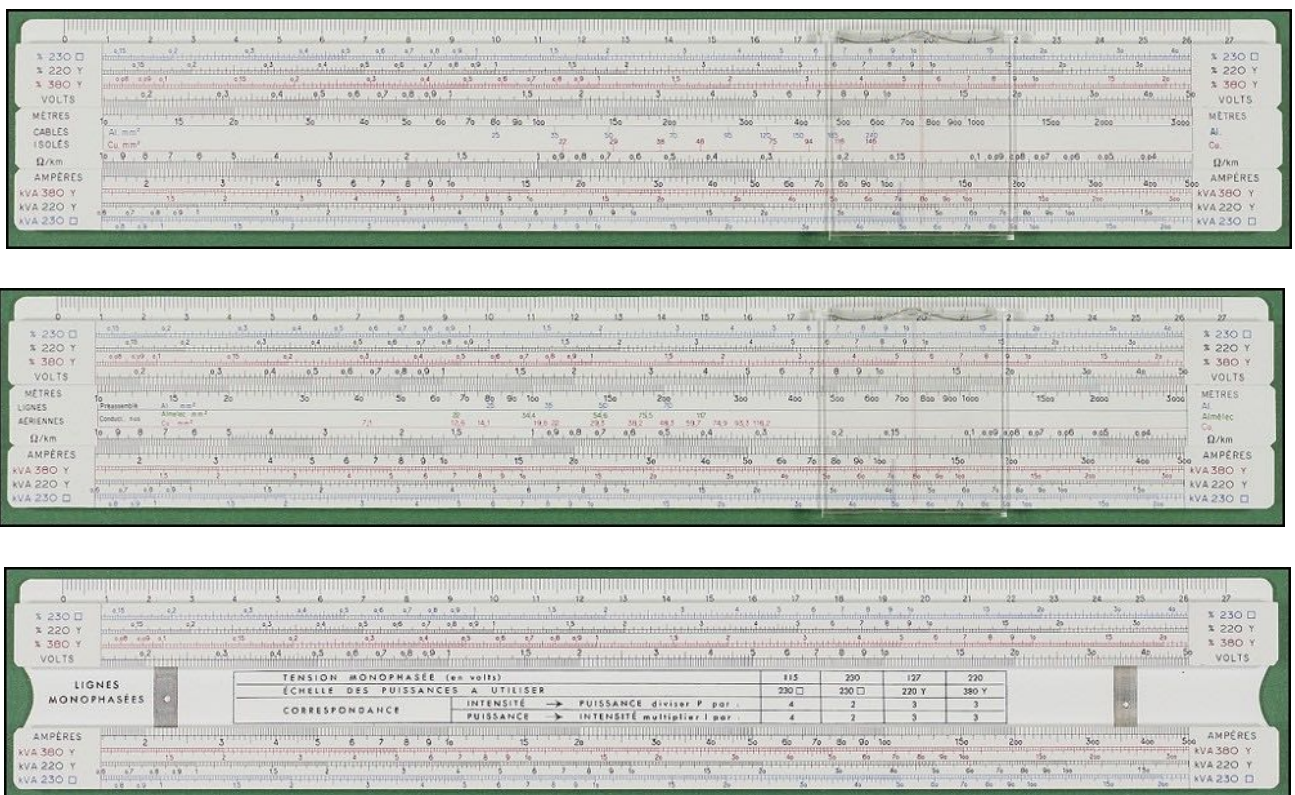
GRAPHOPLEX APAVE



GRAPHOPLEX EDF (Modèle 1)



GRAPHOPLEX EDF (Modèle 2)



Electricité de France
Direction de la Distribution
Ref. 355.145

RÈGLE POUR LE CALCUL DES CANALISATIONS B.T.

HYPOTHÈSES

- charge équilibrée concentrée à l'extrémité (lorsque la charge est uniformément répartie le long du câble, diviser par 2 sa valeur réelle).
- température de fonctionnement :
20 °C pour les lignes aériennes nues
50 °C pour les câbles souterrains et les lignes aériennes isolées
- résistance :
0,35 Ω/km pour les lignes aériennes nues
0,10 Ω/km pour les câbles souterrains et les lignes aériennes isolées
- facteur de puissance tel que $\lg \varphi = 0,5$ (cos φ voisin de 0,9)

INTENSITÉS MAXIMALES ADMISSIBLES

LIGNES AÉRIENNES B.T.

CONDUCTEURS NUS

Aluminium		Aluminium		Aluminium	
Sect. mm ²	A	Sect. mm ²	A	Sect. mm ²	A
22	115	35	138	50	150
34,4	145	50	164	70	187
54,6	190	70	205	95	225
75,5	240	95	255	120	300
117	315	120	290	150	325

CONDUCTEURS ISOLÉS PRÉASSEMBLÉS

Aluminium		Aluminium		Aluminium	
Sect. mm ²	A	Sect. mm ²	A	Sect. mm ²	A
25	115	35	138	50	150
35	135	50	164	70	187
50	190	70	205	95	225
70	240	95	255	120	300
90	290	120	290	150	325

CABLES B.T. ENTERRÉS RÉGIME DISCONTINU

Aluminium		Aluminium		Aluminium	
Sect. mm ²	A	Sect. mm ²	A	Sect. mm ²	A
35	138	50	164	70	187
50	164	70	205	95	225
70	205	95	255	120	300
95	255	120	290	150	325
120	300	150	325	180	378

GRAPHOPLEX EDF (Modèle 3)

Cette version tardive en matière plastique souple date de vers 1992

