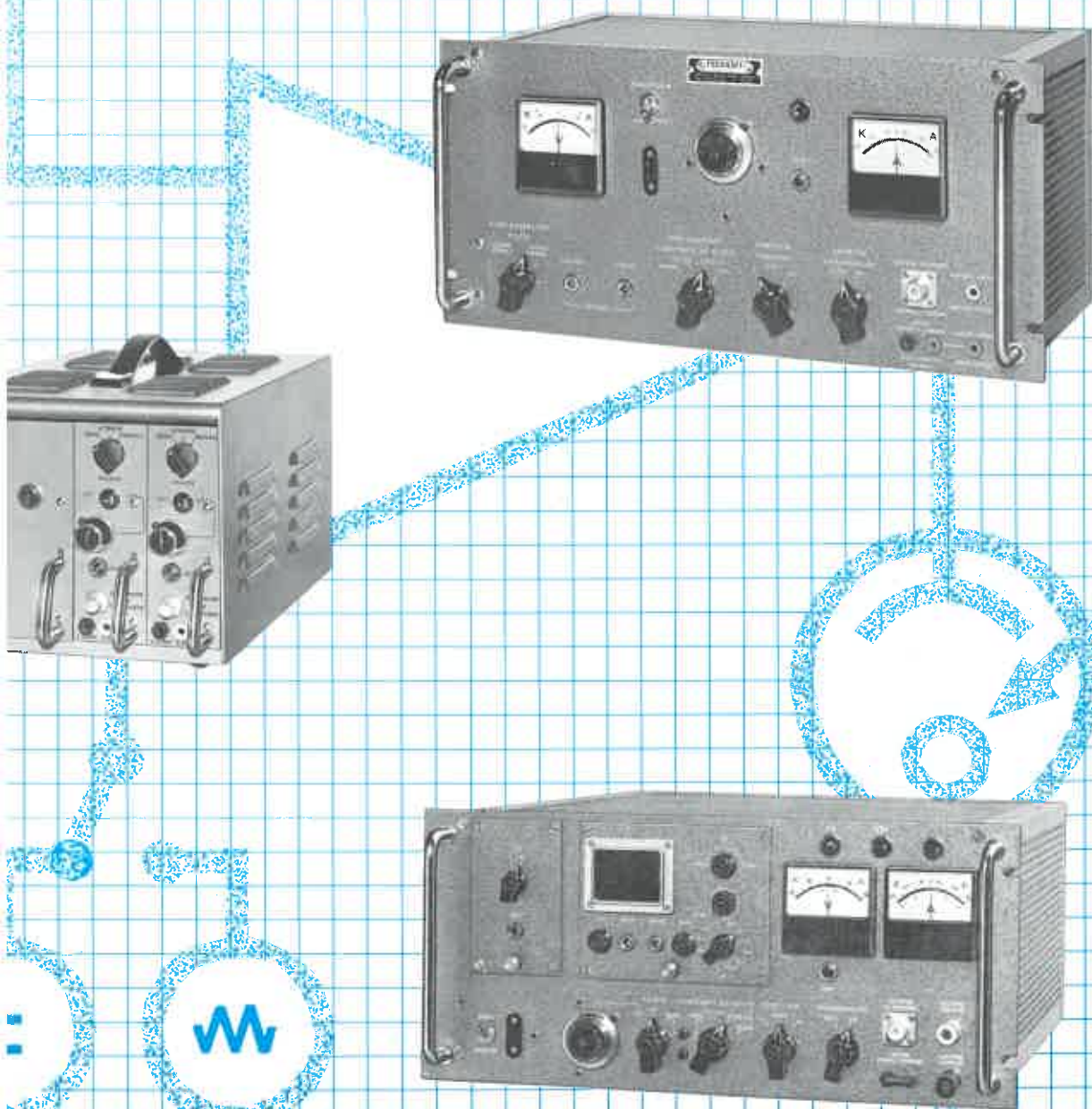


POTENTIOSTATS

SERIES PRT & PIT
à temps de réponse rapide

with fast rise time

et SERIE ASA



TACUSSEL
electronique



SOLEA

2 et 4, rue Carry - Lyon / 3
Tél. (78) 60-26-71 et 60-76-67

Agence de Paris: 3. Square Vermeuzen, 5° - Tél. 402-56-71

INTRODUCTION

Les différents potentiostats TACUSSEL, parmi lesquels figurent plusieurs types nouveaux ou récemment améliorés, sont décrits dans les pages qui suivent. On y trouvera un grand choix de modèles, adaptés aux méthodes électrochimiques les plus modernes comme les techniques de relaxation, aussi bien qu'aux méthodes plus classiques : études de corrosion, séparations à potentiel imposé, électrochimie préparative, polarographie. Leur puissance de sortie répond à la majorité des besoins courants ; pour certaines applications particulières, il est possible de construire à la demande des potentiostats spéciaux.

Les potentiostats électroniques sont des appareils aux possibilités multiples, adaptables aux caractéristiques du circuit d'utilisation ; ils ne doivent pas être confondus avec les alimentations régulées ordinaires. La tension imposée peut être programmée en fonction du temps, la vitesse de réponse dépendant du type de potentiostat choisi. Les potentiostats TACUSSEL se signalent par leur temps de montée (défini à 99 % du signal) particulièrement court, et par la présence d'un circuit de correction de phase réglable qui permet de travailler dans les meilleures conditions avec des systèmes électrochimiques très différents.

De par sa conception électronique, un potentiostat peut être utilisé de trois manières distinctes : fonctionnement potentiostatique, fonctionnement galvanostatique, régulation de tension ; les potentiostats TACUSSEL conviennent également bien à ces diverses utilisations. Leur caractéristique de transfert restant linéaire aux bas niveaux, la précision de régulation est constante, que l'on fonctionne au voisinage de la saturation ou à très faible courant.

SOMMAIRE

Introduction	2
Sommaire	2
Principes de fonctionnement :	
1 - Utilisation en potentiostat	3
2 - Autres utilisations :	
- fonctionnement galvanostatique	3
- fonctionnement en source de tension réglée	3
Séries PRT et PIT	
Généralités et tableau récapitulatif	4
Caractéristiques communes	5
Caractéristiques particulières :	
- Modèles avec tiroirs interchangeables	
(séries PRT...X et PIT...X)	6
a) tiroirs de réglages de zéro (types TZZ et TZM)	6
b) autres tiroirs (types TCCO, TBT, TCS)	7
- Modèles sans tiroirs (série PRT)	7
- Potentiostats impulsionsnels de puissance	
(série PIT...X)	8
- Unités potentiostatiques modulaires	
(série PIT...MOD)	9
Série ASA	10
Accessoires et appareils annexes	12

Herein is described the complete line of TACUSSEL electronic potentiostats, including improved models and new additions. There is a wide choice of models, allowing applications ranging from the most modern electrochemical relaxation techniques to more classical techniques, such as corrosion study and control, electrochemical compound preparation, controlled potential separation, polarography. The power capabilities offered should meet with most standard requirements ; facilities are available to construct special types of potentiostats for specific purposes.

Electronic potentiostats are versatile instruments, which can be voltage programmed and adapted to various closed loop configurations, thus differing from ordinary power supplies. The speed with which a potentiostat may follow a program voltage source depends upon the model type. TACUSSEL potentiostats are noted for their fast (99 %) rise time and provision for phase shift control, thus allowing a considerable range in electrochemical cell conditions to be adequately handled for a particular type of study or control.

Due to its electronic configuration, a potentiostat may be employed in the potential control, current control or voltage control modes : TACUSSEL potentiostats are particularly adapted to all of these operating conditions. The circuitry is such that control accuracy is maintained, whether the unit is operating at extremely low or near saturation output power.

CONTENTS

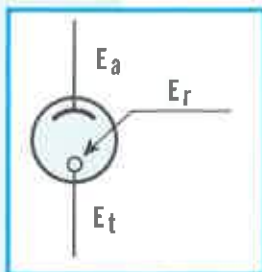
Introduction	2
Contents	2
Operating principles :	
1 - Use as a potentiostat	3
2 - Other uses :	
- use as a current source (galvanostatic operation)	3
- use as a voltage source	3
PRT and PIT series	
General features and recapitulative table	4
Common characteristics	5
Particular characteristics :	
- Types with interchangeable plug-ins	
(PRT...X and PIT...X series)	6
a) zero setting plug-ins (TZZ and TZM types)	6
b) Other plug-ins (TCCO, TBT, TCS types)	7
- Types without plug-ins (PRT series)	7
- Pulse power potentiostats	
(PRT...X series)	8
- Modular potentiostatic units	
(PIT...MOD series)	9
ASA series	10
Accessories and ancillary equipment	12

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

1/ Utilisation en potentiostat

La fonction de base d'un potentiostat est de maintenir à une valeur déterminée (fixe ou variable) le potentiel d'une électrode, indépendamment des autres facteurs intervenant dans le système électrochimique dont elle fait partie (fig. 1).

Le potentiel de cette électrode E_t , dite électrode de travail, est défini et mesuré par rapport à une deuxième électrode E_r , dite électrode de référence, située dans la cellule électrochimique, au voisinage immédiat de l'électrode de travail. Une troisième électrode E_a , dite électrode auxiliaire, ou contre-électrode, permet de passer dans le circuit le courant électrique nécessaire pour produire la différence de potentiel désirée. Les différentes électrodes sont représentées aux symboles ci-contre.



L'électrode de travail et l'électrode auxiliaire sont reliées à la sortie du potentiostat. Le courant traversant ce circuit est automatiquement contrôlé de sorte que la différence de potentiel entre l'électrode de travail et l'électrode de référence soit la valeur désirée. Le potentiostat assure ce processus de contrôle au moyen d'un amplificateur différentiel A_d dont une entrée e_1 est reliée à l'électrode de référence, l'autre entrée e_2 étant connectée à une source de tension dite tension de consigne E_c . L'amplificateur commande, par l'intermédiaire d'un amplificateur de puissance A_p , le courant de sortie du potentiostat, de sorte que la différence de potentiel entre l'électrode de travail et l'électrode de référence soit égale à la tension de consigne E_c . La tension E_c peut varier selon un programme donné en fonction du temps (techniques impulsives, potentiocinétiques,

2/ Autres utilisations

UTILISATION EN SOURCE DE COURANT (fig. 2)

On intercale, en série avec le circuit d'utilisation Z , une résistance R de valeur convenable. Le point commun aux éléments Z et R est réuni à l'entrée e_1 de l'amplificateur. Le courant de sortie du potentiostat, i , qui traverse le circuit Z et la résistance R , crée aux bornes de cette dernière une chute de tension iR , égale à la tension de consigne E_c par suite du processus de contrôle. Si la tension E_c est fixe, R étant également fixe, le courant i est constant quelles que soient les variations de résistance du circuit d'utilisation Z et de tension du secteur.

Il est possible de faire varier la valeur du courant i selon un programme donné, en agissant sur la valeur de la tension E_c (ou de la résistance R). Ce mode de fonctionnement est utilisé notamment pour la chronoampérométrie programmée, et pour la mise en œuvre de la méthode galvanostatique.

UTILISATION EN SOURCE DE TENSION (fig. 3)

On réunit directement la sortie du potentiostat, ainsi que son point commun, au circuit d'utilisation Z . Dans les limites de tension et de courant propres à chaque modèle, la tension de sortie est égale à la tension de consigne E_c quels que soient le courant i et les variations de la tension du secteur. Comme ci-dessus, il est possible de faire varier la valeur de la tension E_c selon un programme déterminé.

OPERATING PRINCIPLES

1. Use as a potentiostat

The basic function of a potentiostat is to maintain the potential of an electrode at a controlled (imposed) value, fixed or variable, in spite of variations of the other factors in the electrochemical system in which it is included (fig. 1).

The potential of that electrode, E_t , called the working electrode (or controlled electrode), is measured against another electrode, E_r , called the reference electrode, which is placed in the electrochemical cell, very close to the working electrode. A third electrode, E_a , called the auxiliary electrode (or counter-electrode) allows the electrical current necessary to produce the wanted potential difference to flow through the circuit. These three electrodes are schematically represented as shown on the adjacent diagram.

The working electrode and the auxiliary electrode are connected to the output terminals of the potentiostat. Current through this circuit is automatically controlled so that the potential difference between the working electrode and the reference electrode takes the desired value. This control process is carried out in the potentiostat by means of a differential amplifier, A_d , one input of which, e_1 , is connected to the reference electrode and the other input, e_2 , to a voltage source called the pilot voltage (or control voltage). This amplifier drives a power amplifier, A_p , which controls the output current of the potentiostat in such a manner that the potential difference between the working electrode and the reference electrode remains equal to the applied control voltage E_c . This voltage may vary according to any program within the rise time limits of the potentiostat employed.

2. Other uses

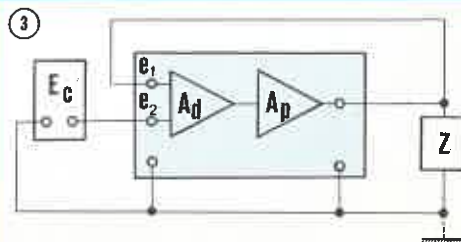
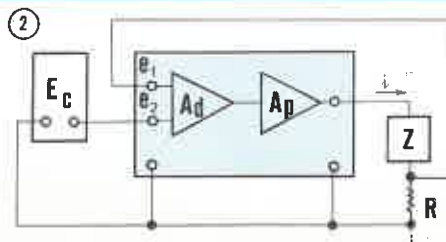
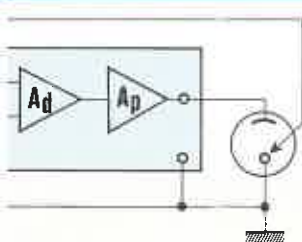
USE AS A CURRENT SOURCE (galvanostatic operation, fig. 2)

A resistor R of appropriate value is series connected with the load circuit Z ; the common point between elements Z and R is connected to the e_1 input of the amplifier. The potentiostat output current, i , which flows through the load circuit Z and the sampling resistor R , creates between the resistor terminals a voltage drop, iR , which is equal to the control voltage E_c , as a result of the control process. If the E_c voltage as well as the resistor R values are properly selected, the current - within voltage and currents limits stated for each model - is constant whatever the variations of the load impedance Z and of the mains supply voltage may be.

The current value, i , may be varied according to any program, by action on the value of the voltage E_c (or of the resistor R). Such a working mode is involved, in particular, in programmed chronoamperometry and galvanostatic techniques.

USE AS A VOLTAGE SOURCE (fig. 3)

This operating mode is used to control the voltage across the cell in a two-electrode system (both output terminals and e_1 input of the potentiostat being directly connected to the load circuit Z). Within voltage and current limits stated for each model, output voltage is then equal to control voltage, whatever the current drain and the mains supply voltage variations may be. As in the previous case, it is possible to vary the voltage value E_c according to any programme.



SÉRIES PRT et PIT

Les potentiostats à réponse rapide des séries PRT et PIT sont équipés d'un amplificateur de signaux continus à couplage direct, avec étage de sortie de puissance à transistors.

Leur conception électronique est telle que les polarités de la tension de consigne, de la tension de sortie, et du courant de sortie peuvent varier indépendamment, sans commutation ni modification des branchements. De ce fait, l'emploi de ces appareils, en plus des applications classiques des potentiostats (électrolyse à potentiel imposé), est particulièrement indiqué pour le tracé manuel ou automatique des courbes courant/tension des systèmes électrochimiques et pour les études potentiocinétiques, ainsi que pour la polarographie à trois électrodes et la voltampérométrie programmée.

Leur temps de réponse minimal est très réduit : 0,1 à 1 μ s pour la série PIT, 1 à 10 μ s pour les séries PRT, ce qui permet notamment la mise en oeuvre des techniques impulsionnelles.

La configuration de base du montage électronique des potentiostats PRT, PRT...X et PIT...X est identique ; ceux des deux premières séries sont équipés du même amplificateur et ne diffèrent que par leur exécution, selon qu'ils sont ou non prévus pour recevoir des tiroirs interchangeables, les types PIT...X comportent des dispositions électroniques spéciales leur conférant un temps de réponse particulièrement court. Dans chaque série, il existe plusieurs modèles, couvrant une gamme étendue de valeurs de tension et courant de sortie, comme il est indiqué dans le tableau ci-dessous :

Type	Tension de sortie max. (V)	Courant de sortie max. (A)	Puissance maximale (W)	Temps de réponse min. (μ s)	Consommation (VA)	Coffret (unités de rack)	Poids (kg)	Remarques
PRT 10-05 L	± 10	$\pm 0,5$	5	2-3	145	5	17,5	Modèle économique Economy type
PRT 10-05 S	± 10	$\pm 0,5$	5	2-3	145	5	17,5	Version simplifiée du modèle précédent
PRT 20-2 A	± 20	± 2	25	2-3	160	5	18,8	Appareil d'usage général General purpose type
PRT 20-2 X	± 20	± 2	40	2-3	275	5	23,5	Modèles avec tiroirs - de correction de zéro - de correction de phase - oscilloscopique Plug-in types
PRT 40-1 X	± 40	± 1	40	2-3	150	5	17	
PRT 10-20 X	± 10	± 20	200	5-7	800	2x5	75	
PRT 20-10 X	± 20	± 10	200	5-7	800	2x5	75	
PIT 20-2 X	± 20	± 2	30	0,1-0,2	300	2x5	55	Modèles spéciaux pour techniques impulsionnelles For pulse techniques
PIT 20-6 X	± 20	± 6	90	0,5-1,5	660	2x5	65	
PRT 20-002 MOD	± 20	$\pm 0,02$	0,4	10	35	4	10	Éléments modulaires Modular units
Type	Max. output voltage (V)	Max. output current (A)	Maximum power (W)	Minimum response time (μ s)	Power requirement (VA)	Cabinet (rack units)	Weight (kg)	Notes

Les différents potentiostats des séries PRT et PIT présentent un certain nombre de caractéristiques communes, qui vont être précisées ci-après. Ils peuvent être répartis en quatre catégories principales : PRT ; PRT...X ; PIT...X ; PRT...MOD.

La première catégorie réunit des appareils de réalisation et de présentation aussi simples que possible et de prix modéré. Les appareils des séries PRT...X et PIT...X font appel à des tiroirs pour définir certaines caractéristiques ou assurer des fonctions supplémentaires. Les potentiostats de la catégorie PRT...MOD (modulaires) représentent une nouvelle tendance dans le domaine de l'appareillage électrochimique ; ils sont principalement destinés à la réalisation de systèmes complexes et transformables.

PIT and PRT SERIES

Fast rise time potentiostats of the PRT and PIT series are fitted with a direct coupled dc amplifier with a transistor output stage.

Their electronic design is such that the polarity of control voltage, output voltage, and output current, can independently be reversed without switching or reversal of connections. In addition to the conventional use of any potentiostat (as controlled potential electrolysis current generator), these instruments are thus particularly useful for the manual or automatic plotting of current/voltage curves of electrochemical systems, for potentiokinetic studies as well as for three-electrode polarography and programmed voltammetry.

Their minimum rise time is very short : 0.1 to 1 μ s for PIT series, 1 to 10 μ s for PRT series, which is quite suitable for pulse techniques.

The basic electronic circuitry is identical for PRT, PRT...X and PIT...X potentiostat types. Instruments of the first two series are fitted with the same amplifier and differ only in their physical construction (the PRT...X being designed to accept plug-ins) ; instruments of the PIT series include particular electronic arrangements giving them a specially short response time. In each category, several models are available, covering a large range of output and current values, as shown in the following table :

The various potentiostats of the PRT and PIT series have some common characteristics, hereafter listed. They can be classified in four main groups : PRT ; PRT...X ; PIT...X ; PRT...MOD.

The first group contains instruments as simple as possible in their design and physical features, and moderately priced. Instruments of the PRT...X and PIT...X groups accept plug-ins which determine some characteristics and/or perform complementary functions. Potentiostats of the PRT...MOD (modular) group are representative of a new trend in electrochemical instrumentation ; they are mainly intended to build up complex and versatile systems.

CARACTÉRISTIQUES COMMUNES

Tension de consigne réglable de façon progressive de - 5 à + 5 V au moyen d'un potentiomètre hélicoïdal de 10 tours incorporé. L'axe du potentiomètre, accessible à travers le bouton, est entraîné pour permettre son entraînement à vitesse constante par un moteur auxiliaire embrochable du type SYNCHROVOLT. Les modèles PIT...X doivent être commandés extérieurement par un générateur de fonction, ou par un potentiomètre (que l'on peut alimenter à partir d'une source interne stabilisée de ± 5 V, prévue pour la série PIT).

Prise pour le branchement d'un dispositif pilote extérieur permettant de réaliser un programme de variation déterminé de la tension de consigne en fonction du temps, et, d'une manière générale, d'asservir la tension de sortie à une variable quelconque traitée en grandeur électrique (tension). Branchement direct du potentiostat à la source de signal extérieur à la masse du potentiostat (ce qui élimine le risque d'introduire des signaux parasites). Ou à la fréquence du secteur par le générateur).

Amplitude maximale du signal de commande : ± 10 V.

Réponse en fréquence : du continu à 500 kHz environ (plusieurs mégahertz pour la série PIT).

Précision de régulation meilleure que $\pm 0,5$ mV (valeur typique pour 0 à 100 % de variation de la charge et ± 15 % de variation de tension du secteur). Pour les appareils munis d'un dispositif ZEROSTAT, on atteint une précision meilleure que 50 μ V (valeur typique).

Tension maximale de bruit et redoublée alternative : inférieure à 50 μ V (rapportée à l'entrée).

Impédance d'entrée de l'amplificateur : de l'ordre de 10^6 M Ω .

Circuits limiteurs incorporés assurant la protection totale du potentiostat contre les courts-circuits et les fausses manœuvres.

Voltmètre incorporé, à zéro central, indiquant la tension de sortie ; calibre ± 500 mV obtenu par bouton-poussoir ; protection contre les surcharges.

Ampèremètre incorporé, à zéro central, indiquant le courant de sortie ; prise pour ampèremètre extérieur.

Prise pour le branchement d'un millivoltmètre extérieur (pour mesure précise du potentiel réel de l'électrode de travail). La prise comporte un circuit de découplage vis-à-vis des signaux à haute fréquence.

Circuit de correction incorporé permettant d'adapter la réponse en fréquence du potentiostat aux caractéristiques du système électrochimique étudié, afin d'obtenir le temps de montée optimal et d'éviter l'apparition d'oscillations parasites lorsque la capacité double couche est élevée (1). Sur les potentiostats des séries PIT et PRT...X, ce réglage s'effectue par un commutateur à quatre positions : pour la première, le temps de réponse minimal est de 1 à 2 μ s ; les trois autres correspondent à des constantes de temps de 20 μ s, 200 μ s, 2 ms environ. Les modèles PIT...X comportent un tiroir de correction R-C à réglage continu. À noter qu'on peut également utiliser un réseau de correction extérieur sur tous les types de potentiostats PRT et PIT.

Alimentation : secteur alternatif 110 à 250 V ± 15 %, 40 à 60 Hz.

Présentation : boîtiers normalisés pour montage en rack.

Peinture émaillée grise deux tons.

▲ Sauf pour le modèle PRT 10-05 S.

■ Sauf pour les modèles PRT 10-05 S et PIT.

◆ Pour le modèle PRT 10-05 S, le commutateur de constante de temps n'a que deux positions : minimum (1 à 2 μ s) ; 1 ms environ.

(1) Les conditions à remplir pour que le système en boucle fermée constitué par une cellule électrochimique et un potentiostat soit stable ont été analysées dans différentes publications, notamment :

COMMON CHARACTERISTICS

● Pilot control voltage continuously adjustable from - 5 to + 5 V by means of a built-in 10-turn helical potentiometer. The potentiometer shaft, accessible through the knob, is machined so as to allow it to be driven at a constant speed by a SYNCHROVOLT plug-in auxiliary motor. The PIT...X models are to be externally controlled by a function generator, or by a potentiometer (which can be connected to the ± 5 V internal regulated voltage source intended for this purpose).

▲ Socket for connecting an external control generator (pilot scanner), for time-voltage programming, or, more generally, for controlling the output voltage by any variable phenomenon as translated into an electrical signal. Direct connection of the "cold" terminal of the external generator to the potentiostat ground (thus avoiding "ground loops" and parasitic signals at hf or mains frequency).

- Maximum amplitude of control voltage : ± 10 V ;

- Frequency response : dc to approximately 500 kHz (several megahertz for PIT series).

● Regulation accuracy typically better than $\pm 0,5$ mV (for 0 to 100 % of load and ± 15 % of mains voltage variations). For instruments fitted with a ZEROSTAT plug-in, typical accuracy is better than ± 50 μ V.

● Maximum noise and hum : less than 50 μ V rms referred to input.

● Amplifier input impedance : of the order of 10^6 M Ω .

● Built-in limiting circuits insuring full protection against overloads, short-circuits and misuse.

▲ Built-in center-zero meter for output voltage monitoring with ± 500 mV range push-button and overload protection.

■ Built-in center-zero ammeter for output current monitoring ; socket for external ammeter.

▲ Socket for connecting an external millivoltmeter, with high frequency decoupling for correct pulse operation (for the accurate measurement of the true working electrode potential).

◆ Built-in phase correction circuit allowing the potentiostat frequency response to be adapted to the characteristics of the electrochemical system under study in order to obtain optimum rise time and to avoid parasitic oscillations when the double layer capacity is high (1). On PRT and PRT...X potentiostats, this adjustment is made by means of a four-position bandwidth limiting switch : on the first time position, minimum response time is from 1 to 2 μ s ; on the three others, the response time is respectively about 20 μ s, 200 μ s and 2 ms. On PIT...X models, the correction is made by a continuously adjustable R-C circuit. External correction network can be used with all types of PRT and PIT potentiostats.

● Power requirements : 110 to 250 V ± 15 %, 40 to 60 Hz.

● Physical features : standard 19" rack mounting cabinet, two-tone grey enamelled.

▲ Except for PRT 10-05 S type.

■ Except for PRT 10-05 S and PIT types.

◆ For PRT 10-05 type, the time constant switch has only two positions : minimum (1 to 2 μ s) ; approximately 1 ms.

(1) The following papers deal with conditions to be fulfilled in order for a system containing a potentiostat and an electrochemical cell to be stable :

J. Schoen, K.E. Staubaek, Regelungstechnik, 1954, 2, p. 71 Sqg.
Some factors in potentiostat design, A. Bewick, M. Fleischmann, M. Liber, Electrochimica Acta, 1959, 1, p. 83 - 106.
The design and performance of potentiostats, A. Bewick et M. Fleischmann, Electrochimica Acta, 1963, 8, p. 89 - 106.
Facteurs déterminant le temps de réponse d'un potentiostat, J. Tacussel, Electrochimica Acta, 1966, 11, p. 437 - 42.

CARACTÉRISTIQUES PARTICULIÈRES

En plus des caractéristiques individuelles (valeurs numériques) et des remarques relatives aux différents modèles de potentiostats (voir tableau, page 3), on notera les particularités suivantes :

Modèles avec tiroirs interchangeables (séries PRT...X et PIT...X)

Les potentiostats des séries PRT et PIT, dont la référence comporte la lettre X, sont munis d'un ou deux tiroirs interchangeables, dont le type détermine le mode de réglage du zéro et certaines caractéristiques complémentaires.

Les potentiostats à tiroirs PRT 20-2 X, PRT 20-10 X, PRT 10-20 X, PIT 20-2 X, PIT 20-6 X remplacent respectivement les modèles précédents : PRT 20-2 Z, PRT 20-10, PRT 7-20, PIT 20-2, PIT 20-6. Le nouvel amplificateur dont ils sont équipés comprend un étage d'entrée symétrique à tubes fonctionnant en conditions électrométriques, suivi d'étages de charge et de liaison attaquant l'étage de sortie de puissance à transistors complémentaires. Tous les semiconducteurs employés sont des modèles professionnels au silicium. Divers avantages résultent des améliorations apportées : réduction des dimensions et de la puissance dissipée ; gain en régulation (10 fois environ) ; gain en stabilité (3 fois environ) ; délai d'équilibrage plus réduit ; circuit de commande prévu pour une source de signal comportant un point à la masse.

PRT 20-10 X - Z équipé de tiroirs TZZ (zéro par dispositif Zérostat) et TCCO (contrôle oscilloscopique de la stabilité).
PRT 10-20 X - Z : même présentation.



PRT 20-2 X - M équipé de tiroirs TZM (zéro manuel) et TBT (tiroir vierge).
PRT 40-1 X - M : même présentation.

a/ Tiroirs de réglage de zéro

TIROIR type TZZ :

Il contient un amplificateur à fréquence porteuse (dispositif ZEROSTAT) assurant la correction automatique de la dérive de l'amplificateur à liaisons directes du potentiostat. La stabilité ainsi obtenue est meilleure que $\pm 50 \mu V$ par jour (valeur typique ; dérive non cumulative). La constante de temps du circuit de filtrage de sortie peut être choisie entre deux valeurs, dans le rapport 1 à 10, pour obtenir la réponse optimale en fonctionnement impulsif.

PARTICULAR CHARACTERISTICS

In addition to individual characteristics (numerical values) and remarks relative to these various models of potentiostats, which are presented in the above table (page 3), the following particularities are to be noted :

Plug-in models (PRT...X and PIT...X series)

Potentiostats of PRT and PIT series including the letter X in their catalog number are to be provided with one or two interchangeable plug-ins. The type of these plug-ins depends upon zero adjusting mode and complementary characteristics desired.

Plug-in type potentiostats PRT 20-2 X, PRT 20-10 X, PRT 10-20 X, PIT 20-2 X, PIT 20-6 X respectively replace the discontinued models PRT 20-2 Z, PRT 20-10, PRT 7-20, PIT 20-2, PIT 20-6. The new amplifier with which they are fitted includes a symmetrical input stage with a pair of tubes working in electrometric conditions, followed by loading and coupling stages which drive a complementary transistor output stage. All semiconductors used are professional silicon types. Various advantages result from this new design : reduction of size and of power requirement ; improvement in regulation (approx. 10 times) and stability (approx. 3 times) ; reduced warm-up time ; pilot circuit input suitable for signal generators having one output terminal grounded.



a. Zero setting plug-ins

TZZ PLUG-IN :

It includes a carrier frequency amplifier (ZEROSTAT circuit) insuring automatic drift correction of the potentiostat direct coupled amplifier. The stability thus obtained is typically better than $\pm 50 \mu V$ per day (non cumulative drift). The time constant of the R - C smoothing circuit included in the output filter of the demodulator stage can be given two values in a 10/1 ratio, in order to obtain the optimum response for pulse operation.

ROIR type T ZM :

Ce tiroir est destiné au réglage manuel du zéro. En effet, lorsqu'on a affaire à des systèmes électrochimiques dont la capacité de double couche est élevée, il peut être avantageux de supprimer la constante de temps RC supplémentaire (qui est de l'ordre de quelques secondes) introduite dans la boucle de contre-réaction par le dispositif ZEROSTAT. On obtient ainsi une meilleure réponse transitoire pour les phénomènes relativement lents (une durée de 100 μ s à 1 s), ce qui est intéressant notamment en voltampérométrie programmée et en polarographie oscilloscopique. Le tiroir T ZM comporte deux potentiomètres de réglage de zéro (réglage grossier et vernier) ; la dérive de l'amplificateur à liaisons directes du potentiostat, lorsqu'il est équipé de ce tiroir, est typiquement de ± 1 mV par jour.

A la commande, la référence de l'appareil doit être complétée par la lettre "M" ou "Z" selon que l'on désire un tiroir type T ZM ou un tiroir type T ZZ (par exemple, un potentiostat type PRT 20-2 X équipé d'un tiroir T ZZ sera désigné par la référence PRT 20-2 X - Z).

b/ Autres tiroirs

Comme il a été indiqué précédemment, les potentiostats de série PRT...X comportent également, sur leur face avant, un emplacement prévu pour recevoir un second tiroir, facultatif. Ce second tiroir enfichable peut être du type TCCO, qui réunit un oscilloscope simplifié connecté intérieurement aux bornes de sortie du potentiostat (afin de détecter d'éventuels signaux parasites : résidus à fréquence du réseau ou oscillations H.F.), et un réseau de stabilisation réglable de manière continue (correction de phase). L'absence de tiroir type TCCO, les appareils sont normalement équipés d'un tiroir vierge, type TBT. Le logement correspondant pourra également recevoir un générateur de fonction simplifié, actuellement en cours d'étude.

Les potentiostats de la série PIT...X comportent, en plus d'un tiroir de réglage de zéro (type TZZ ou T ZM), un tiroir spécial de correction de stabilité, type TCS. Il n'a pas été prévu de tirer adapter le tiroir type TCCO, étant donné qu'ils sont normalement utilisés en liaison avec un oscilloscope extérieur à large bande.

T ZM PLUG-IN :

This plug-in allows manual zero adjustment to be made. In practice, for electrochemical systems with high double layer capacitance, it can be advantageous to eliminate the supplementary RC time constant (of an order of magnitude of some seconds) introduced in the negative feedback loop by the ZERO-STAT circuit. A better transient response is thus obtained for relatively slow phenomena (i.e. having a duration from 100 μ s to 1 s), which is interesting, particularly in programmed voltammetry and in oscilloscopic polarography. The T ZM plug-in is fitted with two zero adjustment potentiometers (coarse and fine) ; the drift of the potentiostat amplifier, when this plug-in is inserted, is typically ± 1 mV per day.

When ordering, catalog number of the instrument will be completed by the suffix "M" or "Z" depending upon whether the desired plug-in is the T ZM or T ZZ type (for instance, a PRT 20-2 X potentiostat fitted with a T ZZ plug-in will be designated as PRT 20-2 X - Z).

b. Other plug-ins

As previously mentioned, potentiostats of the PRT...X series also include, on the front panel, a housing for another (optional) plug-in. This plug-in can be a TCCO type, which includes a simplified oscilloscope internally connected to the potentiostat output terminals in order to display interference signals (mains frequency residue or H.F. oscillations), and a continuously adjustable stabilization (phase correction) network. In the case when TCCO plug-in is not ordered, the instruments are normally supplied with a TBT blank plug-in. The housing has also been arranged to accept a function generator plug-in, presently in course of development.

In addition to the zero adjustment plug-in (TZZ or T ZM type), potentiostats of the PIT...X series can accept (and are normally delivered with) a special plug-in (type TCS) for stability correction. These potentiostats are generally used in connection with an external broad-band oscilloscope ; therefore no provision has been made for a CRT plug-in such as TCCO.

Modèles sans tiroirs (série PRT)

Les potentiostats suivants : T 10-05 L (ex PRT 500 L), T 10-05 S (ex PRT 500 S), T 20-2 A (ce dernier remplaçant les types PRT 20-2 et T 2000) n'ont subi que peu de modifications en ce qui concerne leur présentation d'origine. Par contre, sur le plan électronique, ils ont bénéficié de toutes les améliorations apportées aux modèles PRT...X et PIT...X. Les illustrations ci-contre ; celle du modèle PRT 10-05 L en couverture, haut et à droite.



PRT 10-05 S



PRT 10-05 L

Types without plug-ins (PRT series)

The following models have only slightly been modified in their external appearance : PRT 10-05 L (ex PRT 500 L), PRT 10-05 S (ex PRT 500 S), PRT 20-2 A (which replaces PRT 20-2 and PRT 2000 types). Internally, however, they have benefited from all electronic improvements developed for PRT...X and PIT...X types. Adjacent illustrations are those of PRT 10-05 models ; that of PRT 20-2 A is on the right top of the cover.

POTENTIOSTATS IMPULSIONNELLS DE PUISSANCE

(série PIT...X)

PIT 20-2 X - Z



PULSE POWER POTENTIOSTATS

(PIT...X series)

Les potentiostats types PIT 20-2 X et PIT 20-6 X, déjà mentionnés ci-dessus à propos des divers tiroirs interchangeable dont ils peuvent être équipés, ont été spécialement étudiés pour la mise en oeuvre des techniques impulsionnelles ultra rapides, dans les systèmes électrochimiques nécessitant des courants de moyenne ou forte intensité (piles à combustibles, réactions en milieu de sels fondus, etc.).

Ils comportent un amplificateur d'asservissement de tension, à grand gain, composé d'un seul étage à tube, un étage convertisseur d'impédance et un étage de sortie équipé de transistors haute fréquence de puissance (montage à symétrie complémentaire). L'amplificateur qui transmet l'impulsion de tension de consigne est également équipé d'un tube et de transistors associés selon le même schéma électronique de base que dans l'amplificateur principal, ce qui assure une dérive très réduite.

La réponse aux impulsions des appareils de la série PIT...X permet la restitution correcte de fronts de montée ou de descente de 50 à 100 ns ; il est également possible de leur appliquer des signaux de commande sinusoïdaux, dont la fréquence peut atteindre 10 MHz pour de faibles amplitudes.

Leurs principales caractéristiques (dont certaines ont déjà été mentionnées plus haut) sont résumées ci-après :

- Circuit d'entrée symétrique à grande impédance (de l'ordre de $10^6 \text{ M}\Omega$).
- Gain en boucle ouverte : avec tiroir T2M : $3 \cdot 10^3$; avec tiroir T2Z : supérieur à 10^6 (valeurs typiques à la fréquence zéro).
Produit gain $\times$ bande passante : 20 MHz minimum.
- Circuit de correction réglable en tiroir amovible.
- Amplitude maximale du signal de consigne : supérieure à $\pm 10 \text{ V}$.
- Temps de réponse (à 99 %) : inférieur à 100 ns à pleine charge (sur circuit résistif).
- Sortie à basse impédance pour le branchement d'un oscilloscope.

Diverses publications ont été consacrées à la conception électronique de ces appareils et aux résultats expérimentaux obtenus par leur mise en oeuvre (2) (3) (4) (5).

Potentiostats of the PIT 20-2 X and PIT 20-6 X types, previously mentioned with regard to the plug-ins they can be fitted with, have specially been designed for ultrafast pulse techniques in electrochemical systems requiring currents of medium or high value (fuel cells, reactions in fused salts, etc.).

They include a high gain amplifier with only one voltage amplifying stage equipped with a video pentode, a buffer stage, and a complementary output stage fitted with high frequency power transistors. The amplifier transmitting the control voltage pulse from the pilot generator is also fitted with a single tube associated with transistors, according to the same basic electronic configuration as the main amplifier, which results in very low drift.

The pulse response of the PIT...X series instruments allows rise and fall times of 50 to 100 ns to be obtained ; they can also be controlled by sinewave signals, the frequency of which can be as high as 10 MHz, for small amplitudes.

Their main characteristics (some of which have already been mentioned above) are summarized hereafter :

- High impedance symmetrical input circuit ($\approx 10^{12} \Omega$).
- Open loop gain : with T2M plug-in : $3 \cdot 10^3$; with T2Z plug-in : greater than 10^6 (typical dc values). Gain bandwidth product : 20 MHz min.
- Adjustable plug-in phase correction circuit.
- Maximum amplitude of pilot signal : greater than $\pm 10 \text{ V}$.
- Response time (99 %) : less than 100 ns at full resistive load.
- Low impedance auxiliary output for the connection of an oscilloscope.

Several publications had been devoted to the electronic design of these instruments and to the experimental results obtained through their use (2) (3) (4) (5).

2) Potentiostat de puissance à réponse rapide, J. Tacussel, C.R. Ac. Sc., 1964, 258, p. 903.

3) A transistorized potentiostat with very fast rise time, J. Tacussel, Electrochimica Acta, 1966, 11, p. 449-55.

4) La méthode de la préimpulsion potentiostatique, J. Tacussel, Electrochimica Acta, 1966, 11, p. 443-7.

5) Extension du champ d'application de la méthode de relaxation potentiostatique, M. Bonnemay, E. Levart, A.A. Pilla, E. Poirier d'Orsay, Electrochimica Acta, 1963, 8, p. 805-7.

UNITÉS POTENTIOSTATIQUES MODULAIRES

(série PRT...MOD)



MODULAR POTENTIOSTATIC UNITS

(PRT...MOD series)

PRT 20-002

Nous avons récemment entrepris l'étude et la fabrication d'éléments de conception modulaire pouvant être associés, entre eux et à une ou plusieurs unités de base, de manière à composer un ensemble électronique homogène, exactement adapté à la résolution d'un problème défini, mais convertible par modification du couplage des éléments modulaires et/ou par adjonction d'autres modules (brevet demandé). De nombreuses applications peuvent maintenant être envisagées : Techniques potentiostatiques et potentiocinétiques. - Etudes de corrosion. - Coulométrie à potentiel imposé. - Coulométrie à courant imposé ou asservi. - Titrations automatiques. - Polarographie à trois électrodes. - Polarographie oscilloscopique. - Voltampérométrie programmée. - Chronoampérométrie, etc.

Pour les études de corrosion ou la polarographie différentielle, la réunion de 2 à 6 modules du type PRT 20-002 MOD et un module MAS 24-02 (alimentation secteur) ou MAB 24 (alimentation par batteries d'accumulateurs ou de piles) permet de réaliser un potentiostat multiple présentant, pour chaque voie, les caractéristiques suivantes :

Tension de sortie : 0 ± 20 V.
Courant de sortie maximal : ± 20 mA.
Puissance maximale : 0,4 W.
Etage d'entrée à transistors à effet de champ ; montage entièrement équipé de transistors professionnels au silicium.
Temps de réponse : environ 10 μ s.
Tension de consigne réglable de façon progressive de -5 à +5 V par un potentiomètre hélicoïdal de 10 tours incorporé.
Prise pour le branchement d'un dispositif pilote extérieur (tension de consigne admissible : ± 10 V).
Régulation meilleure que ± 1 à ± 2 mV (valeur typique : 0,5 mV) pour 0 à 100 % de variation de la charge et pour ± 15 % de variation de la tension du secteur (ou pour une variation de la tension des batteries de 22 à 27 V en cas d'alimentation par accumulateurs ou piles).
Tension maximale de bruit et résiduelle alternative : inférieure à 0 μ V, rapportée à l'entrée.
Prise pour le branchement d'un milliampèremètre extérieur.

Deux modèles plus puissants (courants de sortie de ± 100 et 00 mA respectivement) sont en préparation.

AUTRES POTENTIOSTATS DE LA SÉRIE PRT...X EN COURS D'ÉTUDE

La série PRT...X sera prochainement complétée par trois modèles de forte puissance : PRT 20-25 X, PRT 20-50 X et PRT 20-100 X (qui délivreront une tension de sortie de ± 20 V avec un débit de, respectivement, ± 25 , ± 50 et ± 100 A) et par un modèle à tension de sortie élevée : PRT 200-1 (± 200 V, ± 1 A).

We have recently undertaken design and production of modular units which can be associated together and with one or several basic units in order to constitute a complete electronic apparatus, particularly adapted to the solution of a specific problem, but easily modified for other applications by adding and/or rearranging modules (patents pending). Numerous uses are possible : Potentiostatic and potentiokinetic techniques. - Corrosion studies. - Controlled potential coulometry. - Automatic titrations. - Three-electrode polarography. - Oscilloscopic polarography. - Programmed voltammetry. - Chronoamperometry, etc.

For corrosion studies or differential polarography, the association of PRT 20-002 MOD units with a MAS 24-02 (mains supply) or a MAB 24 (storage battery supply) unit results in a "multiple" potentiostat, each channel having the following characteristics :

- Output voltage : 0 ± 20 V.
- Maximum output current : ± 20 mA.
- Maximum output power : 0,4 W.
- Input stage fitted with field effect transistors (the instrument being otherwise entirely fitted with high grade silicon transistors).
- Response time : approximately 10 μ s.
- Control voltage continuously adjustable from -5 to +5 V by means of a built-in 10-turn helical potentiometer.
- Socket for connection of an external pilot voltage source (permissible control voltage : ± 10 V).
- Regulation accuracy better than ± 1 to ± 2 mV (typical value : 0,5 mV) for 0 to 100 % load and ± 15 % of mains supply variation (or for a voltage variation from 22 to 27 V in case of battery supply).
- Noise and ac residual voltage : less than 50 μ V referred to input.
- Socket for connection of an external milliammeter.

Two more powerful models (output currents of, respectively, ± 100 and ± 300 mA) are in course of development.

OTHER PRT...X SERIES POTENTIOSTATS IN PREPARATION

Three high power models will soon be added to the PRT...X series : PRT 20-25 X, PRT 20-50 X and PRT 20-100 X (with an output voltage of ± 20 V and a maximum current of, respectively ± 25 , ± 50 and ± 100 A) and by a high output voltage model : PRT 200-1 (± 200 V, ± 1 A).

ASA series

POTENTIOSTATS

série ASA



TYPE 45 W

Les potentiostats de la série ASA sont équipés d'un amplificateur à signal porteur, travaillant à une fréquence de 2 à 5 kHz ; le temps de réponse est, de ce fait, de l'ordre de quelques millisecondes. L'étage de sortie de puissance alimente le circuit d'utilisation par l'intermédiaire d'un transformateur et de redresseurs au silicium, ce qui permet d'obtenir facilement des tensions et des courants de sortie élevés et de réaliser, le cas échéant, des appareils présentant, pour une puissance déterminée, des couples valeurs de tension et courant de sortie différents de ceux indiqués dans le tableau ci-dessous.

These instruments are fitted with a carrier frequency amplifier, working at a frequency of 2 to 5 kHz ; as a consequence, their response time is of the order of a few milliseconds. The power output stage feeds the load circuit by means of a transformer and of silicon rectifiers. By proper choice of transformer ratio and of rectifier ratings, high output voltages or currents can easily be obtained and, if necessary, specific instruments can be built which, for a given output power, can afford combinations of voltage and current values different from those indicated in the following table.

Puissance maximale	45 watts				100 watts		500 watts			Maximum power
TYPE	ASA 4 BT	ASA 4 FA	ASA 4 HT	ASA 4 SHT	ASA 10-10	ASA 100-1	ASA 10-50	ASA 20-25	ASA 50-10	TYPE
Tension de sortie* (V)	0-7,5 0-15	0-15 0-30	0-30 0-60	0-75 0-150	0-10 0-20	0-100 0-200	0-10	0-10 0-20	0-50 0-100	Output voltage* (V)
Courant maximal de sortie (A)	6	4	2	0,6	15	1	50	25	10	Max. output current (A)
Présentation*	Coffr. 5 U	Coffr. 5 U	Coffr. 5 U	Coffr. 5 U	Baie 2 x 5 U	Baie 2 x 5 U	Baie 35 U	Baie 35 U	Baie 35 U	Physical features**

Pour de faibles débits, la tension de sortie peut dépasser de 10 à 25 % ces valeurs.
For small currents, the output voltage can exceed these values by 10 to 25 %.

** Coffr. = cabinet ;
baie = rack mounted.

Les divers modèles de potentiostats de 500 W ne diffèrent par l'amplificateur de puissance, le transformateur d'adaptation et les redresseurs du circuit de sortie, qui sont groupés dans un tiroir interchangeable pour montage en baie. Les autres éléments (amplificateur à fréquence porteuse, circuits de commande, alimentation, dispositifs de sécurité, bloc de ventilation), sont présentés sous forme de tiroirs, sont réunis dans une armoire. L'utilisateur peut donc, avec un seul ensemble de base, disposer de plusieurs tiroirs amplificateurs de puissance, choisir les combinaisons de tension et courant de sortie (10 V et 50 A ; 20 V et 50 A ; 50 V et 10 A) convenant à ses besoins. D'autres tiroirs peuvent être construits sur demande.

The various types of 500 W potentiostats differ only in their power amplifier, the adapting transformer and the output circuit rectifiers, which are located in a rack-mounting unit. The other elements (carrier frequency amplifier, control circuits, power supplies, overload protection devices, ventilating unit) also housed in rack mounting cases, are assembled in a standard 19" rack. It is thus possible for the user, with a single basic system and several power amplifier units, to dispose of different output voltage and current combinations (10 V and 50 A ; 20 V and 25 A ; 50 V and 10 A) each one being suitable to a given application. Other output units can be designed on special order.

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES COMMUNES

• Tension de consigne réglable de façon progressive de 0 à ± 10 V au moyen d'un potentiomètre hélicoïdal de 10 tours incorporé. L'axe du potentiomètre, accessible à travers le bouton, est usiné pour permettre son entraînement à vitesse constante par un moteur auxiliaire embrochable du type SYNCHROVOLT.

• Prise pour le branchement d'un dispositif pilote extérieur permettant de réaliser un programme de variation déterminé de la tension de consigne en fonction du temps, et d'une manière générale, d'asservir le signal de sortie à une variable quelconque traitée en grandeur électrique (tension).

- Amplitude maximale du signal de commande : ± 10 V ;
- Réponse en fréquence : du continu à 100 Hz environ.

• Précision de régulation meilleure que ± 5 mV (valeurs typiques : 1 à 2 mV) pour 0 à 100 % de variation de la charge, et 15 % de variation de la tension du secteur.

• Tension maximale de bruit et résiduelle alternative : < 2 mV.

• Impédance d'entrée de l'amplificateur : supérieure à $10^{11} \Omega$.

• Décaleur d'origine incorporé : 0 ± 10 V.

• Protection totale contre les courts-circuits et les fausses manœuvres.

• Voltmètre indicateur de la tension de sortie incorporé, protégé contre les surcharges.

• Alimentation : secteur alternatif 110 à $250\text{V} \pm 15\%$, 40 à 60 Hz.

• Présentation : boîtiers normalisés 5 unités.
Peinture émaillée grise (deux tons).



TYPE 100 W

COMMON TECHNICAL CHARACTERISTICS

• Control voltage continuously adjustable from 0 to ± 10 V by means of a built-in 10-turn helical potentiometer. The potentiometer shaft, accessible through the knob, is machined so as to allow it to be driven at a constant speed by a SYNCHROVOLT plug-in auxiliary motor.

• Socket for connecting an external control generator (pilot scanner) for time-voltage programming, or, more generally, controlling the output signal by any variable phenomenon as translated into an electrical signal.

- Maximum control voltage : ± 10 V.
- Frequency response : dc to approximately 100 Hz.

• Regulation accuracy better than ± 5 mV (typical value : 1 to 2 mV) for 0 to 100 % of load and $\pm 15\%$ of mains voltage variations.

• Maximum noise and hum : less than 2 mV.

• Amplifier input impedance : greater than $10^{11} \Omega$.

• Built-in offset voltage source : 0 ± 10 V.

• Full protection against short circuits, overloads and misuse.

• Built-in indicator for output voltage monitoring, protected against overloads.

• Supply : ac 110 to 250 V $\pm 15\%$; 40 to 60 Hz.

• Physical features : standard 5-unit cases for 19" rackmounting, two-tone grey enamelled.



TYPE 500 W

APPAREILS COMPLÉMENTAIRES ET ACCESSOIRES

CELLULES

- 102-56 - Cellule en verre pour études de corrosion sur échantillons tronconiques (rodage 10 x 19 mm).
- CLG - Cellule en verre pour électrolyse sur cathode de mercure avec compartiment anodique séparé.
- CSG - Cellule à corps en PTFE pour études de corrosion sur échantillons plans (φ disque : 30 mm).

- MCT - Microcellule en verre, à jaquette thermostatique, pour électrolyse et études de corrosion, avec porte-échantillon universel en PTFE (φ disque : 8,5 mm).
- PEP - Porte-échantillon en PCV à grande surface utile (φ utile : 28 mm ; φ échantillon : 32 mm).
- CPR - Cellule avec électrode à gouttes de mercure pour polarographie à deux ou trois électrodes (notice n° 6 - POL).

ÉLECTRODES

ELECTRODES de PLATINE Notice n° 35 - 461.

ELECTRODES de REFERENCE Notice n° ER - 2 - POL.

ENSEMBLES RÉUNISSANT UN POTENTIOSTAT ET DIVERS APPAREILS AUXILIAIRES



Ensemble pour voltampérométrie programmée



Ensemble pour corrodographie

La combinaison d'un potentiostat et de différents appareils complémentaires conduit à la réalisation d'unités spécialement adaptées à un travail déterminé. Les caractéristiques détaillées des divers appareils complémentaires (lesquels sont autonomes et peuvent donc être employés suivant d'autres combinaisons) figurent dans les notices suivantes :

PILOTES et générateurs de signaux Notice n° 4 - PGS.

MILLIVOLTMETRES Notice n° MVG - 4.

APPAREILS de MESURE de COURANTS CONTINUS et
AMPLIFICATEURS à réponse logarithmique Notice n° LOG - 2 - 679.

INTEGRATEURS Notice n° 2 - IG 4.

ENREGISTREURS potentiométriques à tiroirs Notice n° EPL 1 - 6.

ENREGISTREURS galvanométriques et XY Notice n° 10 ENR.

CHRONOMETRE "Dékatim" Notice n° 1 - CNM.



SOLEA

2 et 4, rue Carry - Lyon / 3
Tél. (78) 60-26-71 et 60-76-67