

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 27 (1936)  
**Heft:** 5

**Artikel:** Armierte Betonmaste : System GRZ  
**Autor:** Camenzind, E.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1061477>

### **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>**

ten 500 V auf dem Potentiometer abgreifbar sind (Fig. 4).

Ueber den Widerstand  $r_2$  verliert man  $I_2 r_2$  an Spannung, d. h. in unserem Fall 650 V. In unserem Stabilisator von maximal 1500 V müsste die Primärspannung  $U_N$  2150 V betragen. Arbeitet man aber für längere Zeit z. B. nur mit 500 V, so wäre es unvernünftig, 2150 V auf 500 abzdrosseln. Aus diesem Grunde wurde der Stabilisator für verschiedene Primärspannungen  $U_N = 1150, 1650$  und  $2150$  V gebaut.

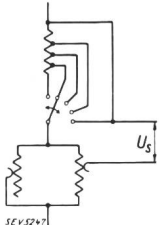


Fig. 4.

Das Neu-Abgleichen des Stabilisators beim Uebergang auf eine andere Primärspannung  $U_N$ , lässt sich in wenigen Minuten ausführen<sup>1)</sup>. Wie man am ausgeführten Stabilisator sieht, braucht man bloss  $U_B$  und  $r_3'$  sorgfältig einzuregulieren; für  $r_1'$  und  $r_2''$  genügt eine grobe Verstellung und  $r_3' + r_3''$  sowie  $r_2'$  können mit Vorteil konstant gelassen werden.

**Zahlenbeispiel**, entsprechend dem ausgeführten Stabilisator:

$$\frac{dU_p'}{dU_N} = -1,343 \quad (\text{Gl. IX});$$

$$\frac{dU_p'}{dU_N} = \frac{1 - r_1' \left\{ \frac{p_1'}{Z_s} \cdot \frac{1 - r_2'' \frac{p_1}{Z_{sg}} + \frac{p_1}{Z_g}}{1 + r_2'' \frac{p_1'}{Z_{ss}}} \right\}}{1 + r_1' \left\{ \frac{1}{Z_p} - \frac{r_2'' p_1'}{Z_s Z_{sp} \left( 1 + r_2'' \frac{p_1'}{Z_{ss}} \right)} \right\}}$$

Als Steuerröhre wird eine Philips Pentode E 446 4·A·1 gewählt:

<sup>1)</sup> Kontrolle z. B. durch eine Kompensationsschaltung.

$$U_p' = 200 \text{ V}; \quad U_s' = 100 \text{ V}; \quad U_g' = -2,22 \text{ V}; \\ I_1' = 3,03 \text{ mA}; \quad I_2' = 1,35 \text{ mA}$$

und gesetzt

$$r_3' + r_3'' = 800\,000 \ \Omega; \quad I_2' = (I_2' + I_s') - I_s' = \\ 2,7 - 1,35 = 1,35 \text{ mA}; \quad r_2' = \frac{U_s'}{I_2'} = 74\,000 \ \Omega$$

Die Röhrendaten sind

$$\frac{1}{Z_p} = 2,8 \cdot 10^{-7} \ \Omega^{-1}; \quad \frac{1}{Z_s} = 6,66 \cdot 10^{-5} \ \Omega^{-1}; \\ \frac{1}{Z_g} = 2,22 \cdot 10^{-3} \ \Omega^{-1}; \quad \frac{1}{Z_{sp}} = -2,18 \cdot 10^{-7} \ \Omega^{-1}; \\ \frac{1}{Z_{ss}} = 3,68 \cdot 10^{-5} \ \Omega^{-1}; \quad \frac{1}{Z_{sg}} = 9,56 \cdot 10^{-4} \ \Omega^{-1}$$

Als Unbekannte treten  $p_1$  und  $U_B$  auf. Gl. (19) liefert  $p_1$  und (17) die Gitterbatteriespannung  $U_B$ .

$U_N$ V	$U_{s \max}$ V	$r_1'$ $\Omega$	$r_2'$ $\Omega$	$r_3'$ $\Omega$	$U_B$ V
2150	1500	$6,44 \cdot 10^5$	$7,6 \cdot 10^5$	1923	7,4
1650	1000	$4,78 \cdot 10^5$	$5,74 \cdot 10^5$	2720	7,82
1150	500	$3,14 \cdot 10^5$	$3,89 \cdot 10^5$	3910	7,84

Da die Röhrendaten selbstredend nicht sehr genau bestimmbar sind, sind auch die Werte der Tabelle nur approximativ zu nehmen; die endgültige Einstellung erfolgt durch das Experiment.

Die Versuche mit diesem Gerät haben gezeigt, dass eine Stabilisierung bis zu  $\frac{1}{500}$  der Primärschwankung erreicht werden konnte.

Wir danken Herrn Prof. Dr. P. Scherrer für das Interesse, mit dem er unsere Arbeit förderte, und Herrn Dr. R. David für manchen wertvollen Rat-schlag.

## Armierter Betonmaste.

### System GRZ.

Von E. Camenzind, Ennetbaden.

621.315.668.3

Der Autor beschreibt ein neues Verfahren zur Herstellung armierter Betonmaste mit hohlem, vieleckigem Querschnitt. Nach den Angaben über die verwendeten Baumittel wird über die Herstellung der Armierung und das Betonieren mit Mantel- und Kernform aus Eisenblech berichtet, bei welchem eine besondere Rüttelvorrichtung zur Anwendung kommt. Es wird ferner auf die Verwendungsmöglichkeiten dieses Mastes und auf die ausgeführten Belastungsversuche hingewiesen.

L'auteur décrit un procédé de fabrication de poteaux en béton armé de section creuse, polygonale. Il indique les matériaux utilisés, puis donne des détails sur l'exécution de l'armature et du bétonnage dans des moules en tôle de fer, à coffre et noyau, avec nouveau procédé par vibration. Pour terminer, il parle de l'emploi de ces poteaux, ainsi que du résultat d'essais de charge.

Für die Leitungsträger der oberirdischen elektrischen Kraftübertragung wurde früher als Konstruktionsmaterial fast nur Holz und Eisen verwendet. Mehrfache Versuche mit Eisenbetonmasten in unserem Lande führten nicht zu einer weiteren Verbreitung dieser Bauart, trotzdem damit eigentlich recht gute Erfahrungen gemacht wurden<sup>1)</sup>. In den letzten Jahren scheint nun die Verwendung der

Eisenbetonmasten erneut Fortschritte zu machen, wohl dank neuer Konstruktionen, die mit Eisenmasten erfolgreich konkurrieren können. Im Ausland erreichte sie schon ein bemerkenswertes Ausmass. So hat beispielsweise ein Unternehmer in

<sup>1)</sup> Es sei nur an die im Jahre 1910 erstellte Albulaleitung erinnert, welche gegen 4000 armierte Betonmasten verschiedenen Typs enthält. Red.

Belgien über 30 000 Maste, zum Teil für sehr erhebliche Spitzenzüge, hergestellt. Die Firma Gebrüder Rüttimann A.-G. in Zug hat nun auf Grund ihrer Kenntnisse und langjährigen Erfahrungen im Leitungsbau die Herstellung armierter Maste aufgegriffen und zusammen mit dem Ingenieurbureau Rudolf Dick in Luzern einen nach statischen und konstruktiven Gesichtspunkten neuen Typ entwickelt.

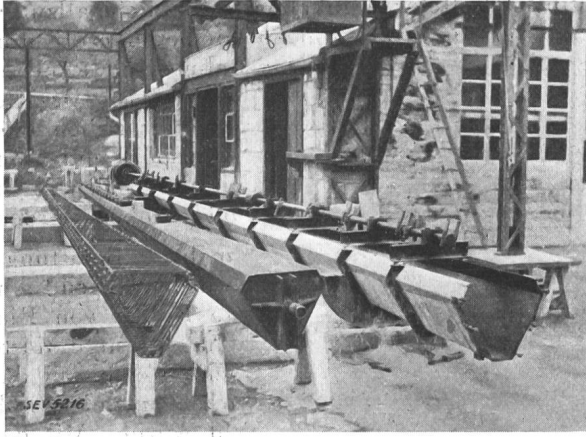


Fig. 1.

Links: Armierung.  
Mitte: Kernform.  
Rechts: Mantelform mit Rüttelvorrichtung (Welle direkt am Motor, der am hinteren Ende zu sehen ist).

kelt, über dessen Aufbau, wirtschaftliche und technische Möglichkeiten im folgenden berichtet werden soll.

Für die Berechnungsgrundlagen waren massgebend die bundesrätlichen Verordnungen über Schwach- und Starkstromanlagen sowie die Normen für Bauten aus Stahl, Beton und Eisenbeton vom 14. Mai 1935.

Als Bindemittel wird hochwertiger Portlandzement, Fabrikation Holderbank, den Zuschlagstoffen beigemischt. Soweit die Masten auf dem heutigen Werkplatz in Cully hergestellt werden, kommt Sand und Feinkies aus der Mündung der Rhone in den Genfersee zur Verwendung. Die maximale Korngrösse des Materials ist bedingt durch die Wandstärke des Mastes und die Zwischenräume des Armierungsnetzes, zwischen dessen Maschen der Beton beim Einfüllen zirkulieren muss. Die Zuschlagstoffe werden chemisch und mineralogisch auf Reinheit und Härte geprüft und auf die günstigste granulometrische Zusammensetzung (Fullerkurven) untersucht, um einen möglichst dichten und hochfesten Beton zu erreichen. Zur Herstellung von Serien von Masten in grösserer Entfernung vom heutigen Werkplatz ist vorgesehen, in der Nähe der Maststandorte vorübergehend eine Fabrikationsanlage einzurichten und geeignetes Material aus der Umgebung zu verwenden.

Die Armierung besteht aus normalem Betonrundeisen; für hochbeanspruchte Maste wird eine Stahlarmierung verwendet. Der eigentlichen Mastbetonierung geht die Herstellung der kompletten Armierung voraus, die aus vier kreuzweise steigen-

den Spiralwicklungen besteht, zwischen denen die Haupt-Längsarmierung mit Punktschweissungen eingehftet ist. Erdseilklemme und Anschlüsse für Bodenerdung und Auslegerarmierungen werden mitangeschweisst, so dass die Armierung gleichzeitig als Erdleitung dienen kann. Die besondere Art der Herstellung dieser Armierung erzeugt ein starres Rund-eisentragerwerk, das immer in gleicher Form und in der zur Wandung richtigen Lage eingelegt wird und eine reichliche Ueberdeckung aller Metallteile durch den Beton gewährleistet.

Die Betonierung der hohlen dreieckigen Maste erfolgt mit Mantel- und Kernform aus Eisen. Der Beton wird maschinell gemischt und mit möglichst spärlichem Wasserzusatz gut plastisch eingebracht. Durch intensives Vibrieren wird eine völlig blasenfreie und kompakte Struktur erzielt. Das Einfüllen geschieht durch eine Mastseite, die horizontal gelegt ist und nach dem Zufüllen abgestrichen wird. In dieser Wand werden Hartholzformen eingelegt, die nach dem Ausschalen Trittlöcher zur Besteigung der Maste zurücklassen. Interesse bietet auch die neuartige Vibriereinrichtung, die im Gegensatz zu den gebräuchlichen Systemen, nicht mit Pressluft, sondern elektrisch betrieben wird. Ein Motor dreht eine über den ganzen Mast laufende Längswelle, an der exzentrische Gewichte befestigt sind und deren Lager Mantel und Kern erfassen. Bei 720 Umdr./min rüttelt diese absichtlich nicht ausgewuchtete Welle das Mischgut derart, dass in kürzester Zeit jede Pore aus dem Beton zum Verschwinden gebracht wird und die obere offene Betonfläche beinahe den Eindruck einer kochenden Masse erweckt.

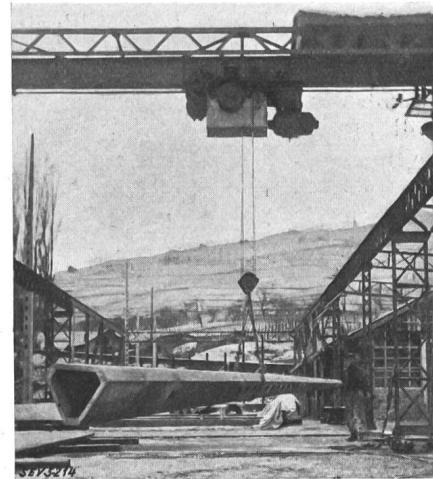


Fig. 2.

Der Mast kann im Schwerpunkt an *einem* Seil aufgehängt werden, ohne sich wesentlich durchzubiegen.

Schon nach kurzer Zeit wird nun die Kernform herausgezogen und am folgenden Tag auch der Mantel entfernt. Zu diesem Zwecke ist der Mantel mit kreisrunden Rollkränzen bewehrt, auf denen der ganze Mast abgerollt wird, bis die freie Betonfläche, um 180 Grad gedreht, unten ist und auf

Holz abgestützt werden kann. Nun kann der zweiteilige Mantel aufgeklappt werden, und der Mast bleibt zur weiteren Erhärtung liegen. Er wird während der Abbindezeit sorgfältig befeuchtet. Im übrigen bleibt der Mast ohne jede Nachbehandlung.

Der so erstellte Mast präsentiert sich als schlanker, nach oben verjüngter, gleichseitiger Dreikant-

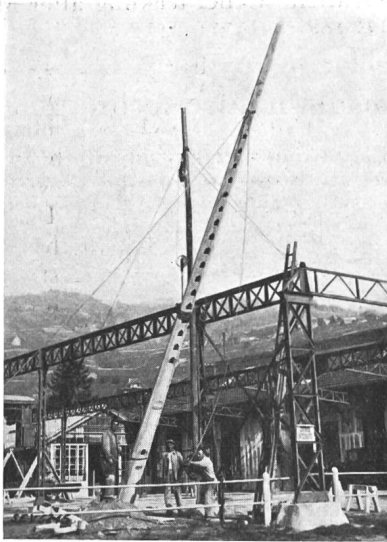


Fig. 3.  
Aufstellen des Mastes.

körper mit gebrochenen Ecken. Dieser Sechseckquerschnitt mit drei breiten und drei schmalen Seiten wirkt viel dünner als ein gleich starker runder Mast und dürfte auch überall da den Vorzug verdienen, wo besondere Anforderungen in ästhetischer Beziehung gestellt werden. Der Mast kann auch gestockt (bouchardiert) werden oder durch geeignete Sandzusätze verschiedene Farbtöne erhalten. Es soll aber speziell betont sein, dass eine Nachbehandlung der Aussenflächen nicht notwendig ist, denn nach dem Ausschalen erscheint der Mast in allen Flächen und Kanten völlig glatt. Auch die Innenwandung, die durch die Trittlöcher gut kontrolliert werden kann, ist von ganz gleicher Beschaffenheit.

Der Mast dient den verschiedensten Verwendungszwecken. Es können beispielsweise drei einseitige oder doppelseitige Ausleger in Eisenbeton angesetzt werden, wie es für Hochspannungsleitungen üblich ist. Diese Ausleger werden so am Mast angegossen, dass ausser dem direkt metallisch an der Armierung angeschlossenen Isolatorenklöppel keine Eisenteile sichtbar sind, während die durch die Leitungsbelastung im Ausleger entstehenden Kräfte durch geeignete direkte Verbindung der Auslegerarmierung mit der Mastarmatur allein und ohne Mitwirkung des Betons übertragen werden.

Für Verteilmaste in Sekundärnetzen und bei Kabelüberführungspunkten können an allen sechs Betonflächen des Mastkopfes Isolatorenstützen di-

rekt eingeschraubt werden oder Mittelstücke für Traversengerüste angebracht werden.

Auch statisch, in bezug auf die Grösse der waagrechteten Spitzenlast, lassen sich die Maste den verschiedensten Bedürfnissen anpassen; mit steigender Maststärke wächst sogar die Wirtschaftlichkeit. Tragmaste für Hochspannungsleitungen zu drei oder sechs Leitern mit virtuellen Spannweiten von 100 bis 180 Meter, Winkelmaste für nicht allzu extreme Belastungen und Maste für besondere Anforderungen liegen durchaus im Rahmen dieses neuen Typs, der auch besonders torsionsfest ist. Das Gewicht eines 13-Meter-Mastes variiert zwischen 1300 und 1800 kg. Er ist also für Transport und Montage noch gut geeignet und kann ohne jeden Nachteil im Schwerpunkt gefasst und gehoben werden.

Am 1. Oktober 1935 wurden mehrere Belastungsversuche durchgeführt. Dabei wurden liegend eingespannte und durch unterlegte Rollen von Biegemomenten aus Eigengewicht entlastete Maste durch eine Einzellast beansprucht, welche an der Stelle der Gesamtkraft aus Leiterzügen und Winddruck auf dem Mast angebracht wurde. Mit der Belastung, die nach der für die Dimensionierung des Mastes massgebenden statischen Berechnung der Maximallast bei 120 Meter virtueller Spannweite und drei Leitern plus Erdseil entspricht, wurde der Mast jeweils mehrmals be- und entlastet und dabei ein vollkommenes elastisches Verhalten festgestellt. Wie nach der Rechnung zu erwarten war, stellten sich mit der Erreichung der Elastizitätsgrenze im Eisen bei grösseren Belastungen auch

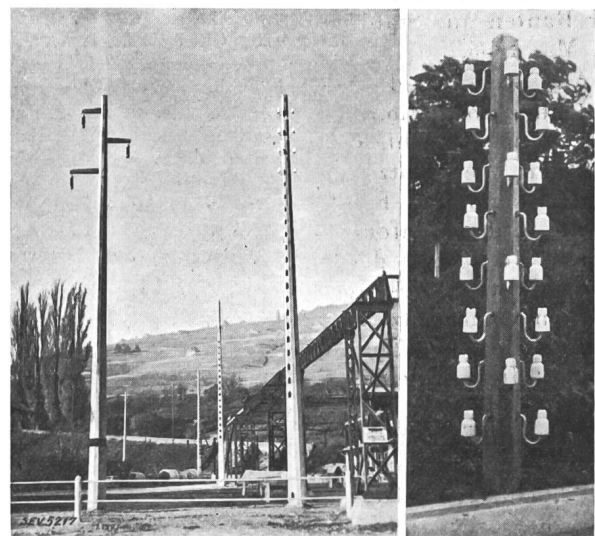


Fig. 4.  
Verschiedene Mastbilder.

bleibende Deformationen ein, und der Bruch erfolgte erst nach Ueberschreitung der vorgeschriebenen Sicherheit. Dabei traten die Zerstörungen im Beton und in der Armierung an mehreren Stellen fast gleichzeitig ein, ein Beweis für die rationelle Materialausnützung. Die Versuche ergaben

eine den Vorschriften genügende Festigkeit des Mastes.

Der Mast weist im wesentlichen folgende Vorzüge auf:

1. Grösste Wirtschaftlichkeit: schon allein beim Ankauf ab Werk dürften gegenüber einem Eisenmast gleicher Tragfähigkeit 20 bis 25 % eingespart werden. Dazu kommen die Einsparungen nach 2, 3 und 4.
2. Billige Fundation. Tragmaste in gutem Baugrund benötigen keine Fundation, sondern nur normale Verkeilung. In schlechtem Baugrund kommt an der Fußsohle und 30 cm unter Terrain je ein Betonkranz in Betracht.
3. Keinerlei Unterhalt.

4. Geringster Platzbedarf in Kulturland, da kein Betonsockel über Boden.
5. Elegantes und leichtes Aussehen.
6. Trittlöcher auf 2,5 m über Boden beginnend. Für Unbefugte also nicht besteigbar.
7. Für Transport und Montage ist diese Bauart unempfindlich.
8. Schweizer Arbeit aus Schweizer Material.

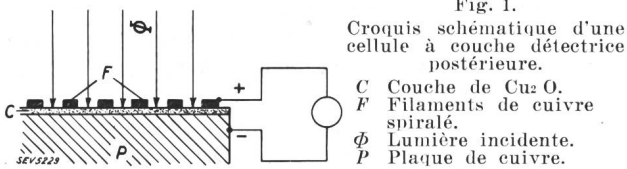
Im ganzen ist mit dem armierten Betonmast GRZ eine Konstruktion geschaffen, die für die wirtschaftliche und auch schöne Gestaltung unserer Leitungsnetze grosse Vorteile zu bieten vermag.

### Technische Mitteilungen. — Communications de nature technique.

#### Les cellules photoélectriques dites à «couche d'arrêt».

621.383.5

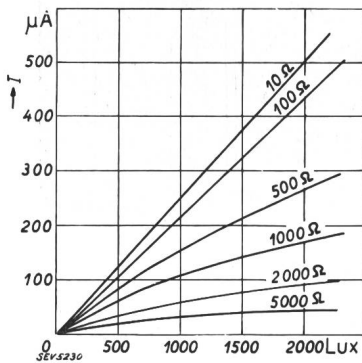
Les cellules à couche d'arrêt sont constituées, comme le montre la fig. 1, d'une plaque de cuivre recouverte d'une mince pellicule d'oxydure de cuivre et d'une contre-électrode transparente pressée contre celle-ci. Lorsqu'elle est éclairée une force électromotrice se produit entre le semi-conducteur ( $Cu_2O$ ) et le conducteur (plaque de cuivre); cette limite re-



présente donc une «couche d'arrêt» dans laquelle, les électrons qui la traversent, doivent vaincre une résistance en passant du semi-conducteur au conducteur.

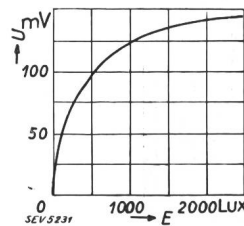
Au point de vue du mode de construction, on distingue les cellules à couche d'arrêt postérieure et antérieure selon qu'en suivant le rayon lumineux, l'effet de barrage se produit avant ou après le semi-conducteur.

Lorsque la lumière tombe sur la cellule, des électrons optiques sont libérés dans le système  $Cu - Cu_2O$ . Ces électrons qui, par suite de l'énergie cinétique acquise, s'efforcent d'une part de traverser la couche limite dans la direction barrée, peuvent d'autre part être extraits dans un circuit extérieur et créer un courant. Le fait qu'ils choisissent l'un ou l'autre chemin dépend de la valeur de la résistance du circuit extérieur. Si cette résistance est nulle, le circuit extérieur est traversé par tous les électrons libérés (courant de court-circuit). Si elle devient infiniment grande, tous les électrons se propagent dans la direction du courant; la force électromotrice entre les deux électrodes représente alors la tension à vide de la cellule.



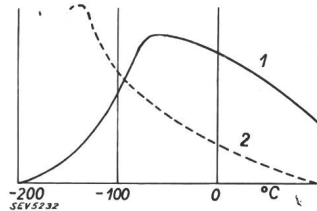
Lorsque la résistance du circuit extérieur est faible, le courant photo-électrique varie proportionnellement à l'éclairement (fig. 2). Lorsque cette résistance augmente, il n'est plus proportionnel à l'éclairement.

La tension à vide, mesurée par une méthode d'opposition pour que la résistance extérieure soit infinie devant celle de la cellule, croît très rapidement avec l'éclairement, puis de moins en moins vite et semble atteindre une valeur limite (fig. 3).



La sensibilité des cellules varie avec la longueur d'onde de la lumière. Celles à oxydure de cuivre sont surtout sensibles dans les régions de grandes longueurs d'onde. Celles au sélénium présentent une courbe de sensibilité qui se rapproche de celle de l'œil, ce qui les rend particulièrement propre aux applications photométriques.

La figure 4 montre l'influence de la température sur le courant et la tension d'une cellule à couche postérieure. Sur les cellules à couche antérieure et sur celles à couche d'arrêt au sélénium cette influence est moins importante et pratiquement négligeable pendant la durée de l'essai.



Le grand avantage de ces cellules sur celles d'autres types est qu'étant donné la valeur relativement élevée du courant photo-électrique, on peut souvent les utiliser sans dispositif d'amplification et sans différence de potentiel accélératrice. On les utilise <sup>1)</sup> en les mettant directement en série avec un galvanomètre ou un milli-ampèremètre à faible résistance, pour faire des mesures photométriques qui se ramènent à des mesures de rapports d'intensité lumineuse, de brillance ou d'éclairements. Enfin, elles peuvent dans beaucoup de cas agir sur des relais dont les caractéristiques de sensibilité de résistance leur permettent d'être actionnées directement par ces cellules. — (M. Cohu. Rev. Gén. Electricité, t. 38 [1935], No. 4.) P. M.

#### Amerikanische Spezifikation für eine «Study and Reading Lamp».

389.6: 628.95(73)

Die amerikanische Illuminating Engineering Society stellte eine Spezifikation auf für eine tragbare Leselampe,

<sup>1)</sup> Voir sur les applications des cellules photoélectriques Bull. ASE 1935, N° 10, p. 263.