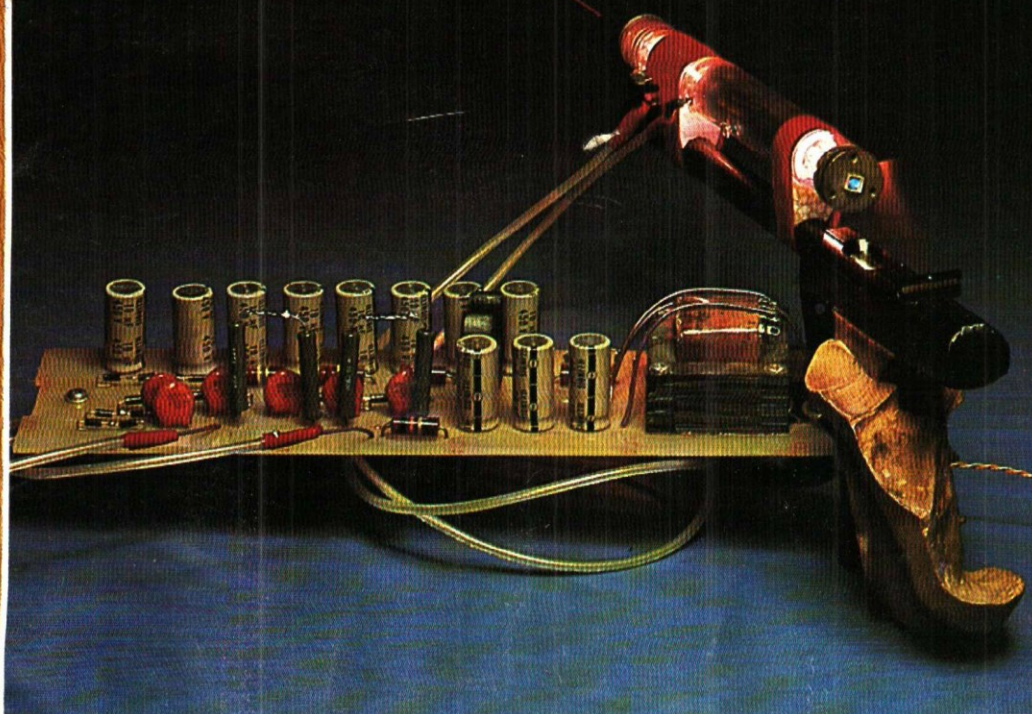
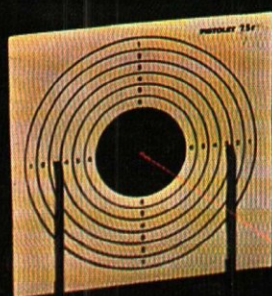


RADIO PLANS

Journal d'électronique appliquée - n° 370 Septembre 1978

5f.

un laser



**Commande de mise
sous tension graduelle**

**Système de montage
d'essais**

**Commutateur
pour CI logiques**

(Voir sommaire détaillé page 35)

Suisse : 2.50 F - Canada : 1.00 Dollar - Algérie : 5 Dinars - Tunisie : 500 Mills - Espagne : 80 Pesetas

PENTASONIC

PRESENTE

le kit d'initiation du 6800 MOTOROLA

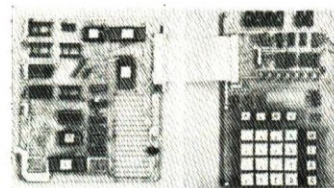
Ce dernier vous permet d'apprendre la technique du microprocesseur, d'élaborer un programme, de le modifier, de le tester ou de mettre en œuvre les dizaines d'applications qui sont parues sur ce microprocesseur aux Etats-Unis

Ce kit MKII comprend deux cartes reliées par un câble méplat et :

1. 1 microprocesseur 6800
2. 384 octets de RAM
3. 2 Interfaces de sortie parallèle PIA
4. 1 interface de sortie série ACIA
5. 1 horloge biphase
6. 1 K de ROM (J. Bug)
7. 4 supports câblés pour adjonction de 512 octets de RAM
8. 6 afficheurs
9. 1 clavier hexadécimal
10. 8 touches de fonction
11. 1 INTERFACE CASSETTE (utilise n'importe quelle cassette sans modification)
12. 19 boîtiers logiques (TTL - C MOS)

LE MONITEUR J. BUG VOUS PERMET, PAR LES 8 TOUCHES DE FONCTION :

- P Le transfert du contenu des RAM vers la cassette (adresses de début et fin également mises en cassettes)
- L Le transfert du contenu de la cassette dans RAM (à l'adresse marquée sur la bande)
- N De faire avancer le programme PAS-A-PAS
- V D'arrêter le déroulement d'un programme à une adresse déterminée
- M La lecture et l'écriture du contenu d'un pas de mém.
- E D'arrêter une de ces 7 fonctions pour en exécuter une autre
- R La lecture de tous les registres internes
- G GO programme



LE KIT MKII :
1 674 F (H.T.)

soit 1 968 F TTC

CLUB 6800

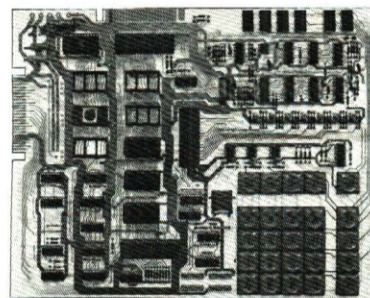
Ce club est accessible gratuitement la première année à tous les acheteurs de MKII. Il consiste à faire paraître des programmes conçus par PENTASONIC ou d'autres membres du club, et à les diffuser.

Un nouveau système d'initiation du 6800 "Made in France"

Ce système développé à partir du SFF 96800 de SESCO, seconde source du 6800 MOTOROLA, est présenté sous la forme d'une carte unique reprenant toutes les fonctions du MK II avec en plus :

- Touches professionnelles
- Choix fréquence horloge par strap.
- Accès direct à la mémoire
- Possibilité de monter 6 K de REPROM
- Générateur sur la carte (Baud-rates).

PRIX 2125 F TTC



Notice d'utilisation en français

Le 6502 fait son apparition en France, avec VIM 1

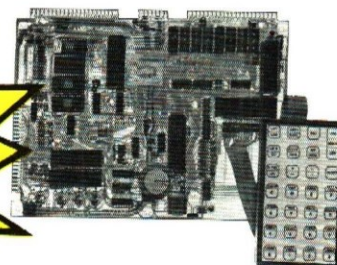
RAM : 1 K avec extension à 4 K sur la carte.
CLAVIER : 28 touches doubles.
CASSETTE : Interface avec 2 vitesses possibles 135 bauds et 1200 bauds.
Alimentation 5 Volts. 2 Amp.
TIMERS PROGRAMMABLE.
ROM/PROM 32 K SUR LE KIT.
Interface entrée/sortie : 50 lignes avec extension jusqu'à 70
MONITEUR 4 K BYTES.

Manuel en français

PERMET DE GERER DIRECTEMENT UNE
TELETYPE OU UN INTERFACE VIDEO.

PRIX 2350 F TTC

EN OPTION
PROM BASIC





52, rue de Dunkerque
75009 PARIS
Tél. : 280-69-39

OFFICE DU KIT

En vente chez tous les distributeurs officiels OK

153 kits électroniques pour vos loisirs

ALARME

OK73 - Antivol simple - Alarme sonore ..	63,70 F
OK75 - Antivol à alarme temporisée	93,10 F
OK78 - Antivol à action retardée	112,70 F
OK80 - Antivol pour automobile	87,20 F
OK92 - Antivol pour automobile à action retardée	102,90 F
OK140 - Centrale antivol pour appartement ..	345 F
OK 154 - Antivol pour moto	125 F

MODELISME

OK52 - Sifflet automatique pour trains ..	73,50 F
OK53 - Sifflet à vapeur pour locos	122,50 F
OK63 - Sirène de police américaine	83,30 F
OK77 - Bloc - système pour trains	83,30 F

PHOTOGRAPHIE

OK91 - Déclencheur optique pour flash ..	73,50 F
OK96 - Automatismes de passe-vues	93,10 F
OK98 - Synchronisateur de diapositives ..	116,60 F
OK116 - Compte-poses - 0 à 3 mn	102,90 F

MUSIQUE

OK12 - Métrologue électronique	57,80 F
OK82 - Mini-orgue électronique	63,70 F
OK88 - Trémolo électronique	97 F
OK143 - Générateur 5 rythmes	279 F

INITIATION

OK58 - Manipulateur pour apprendre le morse (avec alphabet)	87,20 F
---	---------

JEUX DE LUMIERE

OK21 - Modulateur 3 voies	112,70 F
OK24 - Chenillard 3 voies	195 F
OK25 - Gradateur	63,70 F
OK26 - Modulateur 1 voie	48 F
OK36 - Modulateur - gradateur 1 voie ..	93,10 F
OK37 - Modul. 1 voie + 1 inverse	77,40 F
OK38 - Modul. 2 voies + 1 inverse	126,40 F
OK56 - Modulateur 1 voie déclenché par le son (avec micro)	151,90 F
OK59 - Clignoteur 1 voie	122,50 F
OK60 - Clignoteur 2 voies	155,80 F
OK112 - Stroboscope 40 joules	155,80 F
OK124 - Modul. 3 voies + 1 inverse	136,20 F
OK126 - Adaptateur micro pour moduleurs - supprime le branchement à l'ampli ou aux HP	77,40 F
OK133 - Chenillard 10 voies programmable	265 F

GADGETS

OK13 - Détecteur d'humidité à LED	38,20 F
OK15 - Agaceur électroacoustique	122,50 F
OK43 - Déclencheur photo-électrique	93,10 F
OK54 - Clignotant à vitesse réglable	67,60 F
OK55 - Temporisateur 20s à 2 mn	83,30 F
OK66 - Buzzer pour sonneries	57,80 F
OK130 - Modulateur UHF pour télé	79 F
OK131 - Jeu vidéo télé complet - 4 jeux ..	255 F

AUTOMATISME

OK62 - Voz-control	93,10 F
--------------------------	---------

EMISSION - RECEPTION

OK74 - Récepteur PO-GO à diode	48 F
OK81 - Récept. PO-GO à 2 transistors	57,80 F
OK93 - Préampli d'antenne auto-radio	38,20 F
OK97 - Convertisseur 27 MHz/PO	116,60 F
OK100 - VFO bande 27 MHz	93,10 F
OK101 - Récept. OC 10 à 80 mètres	99 F
OK103 - Convertisseur VHF/PO	77,50 F
OK105 - Mini-Récepteur FM	57,80 F
OK122 - Récepteur VHF 26 à 200 MHz	125 F
OK132 - Tuner FM, 88 à 108 MHz	295 F
OK134 - Convertisseur 144 MHz FM	109 F
OK136 - Récepteur 27 MHz super-réaction ..	125 F
OK148 - Amplificateur linéaire 144 MHz 40 W - Avec boîtier	495 F
OK152 - Emetteur FM 144 MHz avec boîtier ..	255 F

B.F. - HI-FI

OK2 - Filtre 2 voies pour enceinte	63,70 F
OK4 - Filtre 3 voies pour enceinte	87,20 F
OK7 - Indicateur d'accord FM	63,70 F
OK27 - Baxandall mono	57,80 F
OK28 - Baxandall stéréo	102,90 F
OK30 - Amplificateur 4,5 Weff	63,70 F
OK31 - Amplificateur 10 Weff	97 F
OK32 - Amplificateur 30 Weff	126,40 F
OK34 - Indicat. de surcharge ampli	87,20 F
OK42 - Décodeur quadraphonique SQ	126,40 F
OK44 - Décodeur FM stéréo	116,60 F
OK49 - Préampli 12 entrées pour mixage ..	97 F
OK50 - Préampli RIAA stéréo	53,90 F
OK70 - Vu - Décibelmètre à 4 LED	57,80 F
OK72 - Amplificateur 1,5 Weff	48 F
OK76 - Module de mixage stéréo 8 entrées (RIAA et AUX) avec pot. rectilignes ..	240,10 F
OK79 - Amplificateur 2 x 4,5 Weff	116,60 F
OK99 - Préampli micro (3 mV - 47 k Ω) ..	38,20 F
OK109 - Filtre actif scratch-rumble	67,60 F
OK111 - Filtre actif stéréo	126,40 F
OK114 - Indicateur de balance	67,60 F
OK118 - Décibelmètre à 12 LED	122,50 F
OK121 - Préampli micro (3 mV - 300 Ω) ..	39 F
OK128 - Amplificateur 45 Weff	195 F
OK137 - Préampli-correcteur stéréo 4 entrées ..	185 F
OK139 - Amplificateur 15 Weff	109 F
OK144 - Amplificateur B.F. 100 Weff	395 F
OK146 - Amplificateur B.F. 2 x 15 Weff stéréo complet avec boîtier	449 F
OK150 - Amplificateur B.F. 200 Weff	595 F

JEUX

OK9 - Roulette à 16 LED	126,40 F
OK10 - Dé électronique à LED	57,80 F
OK11 - Pile ou face à LED	38,20 F
OK16 - 421 - 3 x 7 segments	171,50 F
OK22 - Labyrinthe (jeu d'adresse)	87,20 F
OK48 - 421 à 3 x 7 LED	171,50 F

AUTOMOBILE

OK6 - Allumage électronique	171,50 F
OK19 - Avertisseur de dépassement de vitesse (60 à 140 km/h)	146 F
OK20 - Détecteur de réserve d'essence	53,90 F
OK29 - Compte-tours (sans galva)	53,90 F
OK35 - Détecteur de verglas à LED	67,60 F
OK46 - Cadenceur d'essuie-glaces	73,50 F
OK68 - Commande automatique de feux	63,70 F
OK71 - Indicateur de charge batterie	63,70 F
OK90 - Avertisseur sonore d'anomalies	87,20 F
OK113 - Compte-tours digital de 0 à 9900 t/mn - 2 x 7 segments	191,10 F
OK135 - Centrale antivol pour auto	195 F

CONFORT

OK1 - Minuterie réglable 1600 W	83,30 F
OK3 - Touch-contrôl simple	77,40 F
OK5 - Interrupteur à touch-control	83,30 F
OK17 - Horloge (heures - min. - sec.)	244 F
OK23 - Antimoustique à ultrasons	87,20 F
OK33 - Horloge-réveil (heures - minutes) ..	312,60 F
OK64 - Thermomètre digital 0 à 99°C	191,10 F
OK65 - Horloge simple (heures - minutes) ..	191,10 F
OK84 - Interphone à fil - 2 postes	116,60 F
OK95 - Serrure électronique codée	122,50 F
OK104 - Thermostat 0 à 100°C	112,70 F
OK110 - Détecteur de métaux	155,80 F
OK115 - Amplificateur téléphonique	83,30 F
OK119 - Détecteur d'approche	102,90 F
OK141 - Chronomètre digital	195 F

RADIO COMMANDE

OK83 - Emetteur 27 MHz - 1 canal	63,70 F
OK85 - Emetteur 27 MHz - 2/4 canaux	116,60 F
OK87 - Commande proport. 1 canal	77,40 F
OK89 - Récepteur 27 MHz - 1 canal	87,20 F
OK94 - Décodeur digital 6 voies	142,10 F
OK102 - Récepteur 27 MHz à quartz	122,50 F
OK106 - Emetteur à ultra-sons	83,30 F
OK108 - Récepteur à ultra-sons	93,10 F

MESURES

OK8 - Alimentation régulée 20 V - 1A avec son transfo	106,80 F
OK14 - Sonde millivoltmètre BF	53,90 F
OK18 - Unité de comptage 1 chiffre	83,30 F
OK39 - Convertisseur 12 V - ou en 4,5 - 6 - 7,5 ou 9V/300 mA	67,60 F
OK40 - Générateur 1 KHz (carrés)	38,20 F
OK41 - Unité de comptage 2 chiffres	122,50 F
OK45 - Alimentation régulée réglable 3 à 24 V/1A avec son transfo	151,90 F
OK47 - Disjoncteur (50 mA à 1A)	93,10 F
OK51 - Alimentation régulée 9V - 0,1A avec son transfo	67,60 F
OK57 - Testeur de semi-conducteurs	53,90 F
OK67 - Alimentation régulée 5V/0,5A avec son transfo	87,20 F
OK69 - Module alim - 48 à 60 V/2A	146 F
OK86 - Mini-fréquencemètre 3 digits 0 à 1 MHz en 4 gammes	244 F
OK107 - Commande automatique pour chargeur de batterie	87,20 F
OK117 - Commutateur pour oscillo 0 à 1 MHz en 2 gammes	155,80 F
OK120 - Alimentation régulée 12V - 0,3A avec son transfo	93,10 F
OK123 - Générateur BF 1 Hz à 400 KHz sinus, carrés, triangles	273,40 F
OK125 - Générateur d'impulsions 0,1Hz à 150 KHz en 6 gammes	244 F
OK127 - Pont de mesure R/C 6 gammes (1 à 10 M Ω et 1 pF à 1 μ F)	136,20 F
OK129 - Traceur de courbes pour transistors NPN - PNP	191,10 F
OK138 - Signal-tracer BF/HF	175 F
OK142 - Alimentation régulée 48V/2A avec son transformateur	185 F
OK145 - Fréquencemètre numérique 0 à 250 MHz avec son coffret	985 F
OK147 - Alimentation delabo 0 à 30 V/3A complète avec boîtier	559 F
OK149 - Alim. 0 à 24 V/2 A avec boîtier ..	289 F
OK151 - Alim. delabo double 2 x 0 à 24 V /2A avec boîtier	559 F
OK153 - Alim. symétrique + 50 V/2 A (avec son transfo)	249 F

sommaire

IDEES	60	Presse technique étrangère
	75	Cellules solaires
MICROPROCESSEURS	82	Les modules périphériques
MONTAGES	36	Réalisation d'un laser
PRATIQUES	42	Commande de mise sous tension graduelle
	55	Ampli 2 x 50 W avec le CI LM 391
	69	Commutateur pour CI logiques
TECHNOLOGIE	52	Système de montage d'essais
DIVERS	65	Caractéristiques et équivalences des transistors (2 N 6408 à 2 N 6558)
	129	Répertoire des annonceurs

Notre couverture : Certains lecteurs pour leurs besoins personnels ou leur travail pourront réaliser l'alimentation de ce laser. (Cliché **Max FISCHER**).

Société Parisienne d'Édition Société anonyme au capital de 1 950 000 F Siège social : 43, rue de Dunkerque, 75010 Paris Direction - Rédaction - Administration - Ventes : 2 à 12, rue de Bellevue, 75940 Paris Cedex 19 Tél. : 200-33-05 Radio Plans décline toute responsabilité quant aux opinions formulées dans les articles, celles-ci n'engageant que leurs auteurs Les manuscrits publiés ou non ne sont pas retournés	Président-directeur général Directeur de la publication Jean-Pierre VENTILLARD Rédacteur en chef : Christian DUCHEMIN Secrétaire de rédaction : Jacqueline BRUCE Courrier technique : Odette Verron	Tirage du précédent numéro 106 000 exemplaires Copyright © 1978 Société Parisienne d'Édition Publicité : Société Parisienne d'Édition Département publicité 206, rue du Fg-St-Martin, 75010 Paris Tél. : 607-32-03 et 607-34-58 Abonnements : 2 à 12, rue de Bellevue, 75019 Paris France : 1 an 50 F - Etranger : 1 an 65 F Pour tout changement d'adresse, envoyer la dernière bande accompagnée de 1 F en timbres IMPORTANT : ne pas mentionner notre numéro de compte pour les paiements par chèque postal
---	---	---

Dépôt légal — 3^e trimestre 1978 - Editeur n° 642 — Mensuel paraissant le 25 de chaque mois -
Distribué par S.A.E.M. Transport - PRESSE - Composition COMPORAPID - Imprimerie SIEP - 77210 AVON

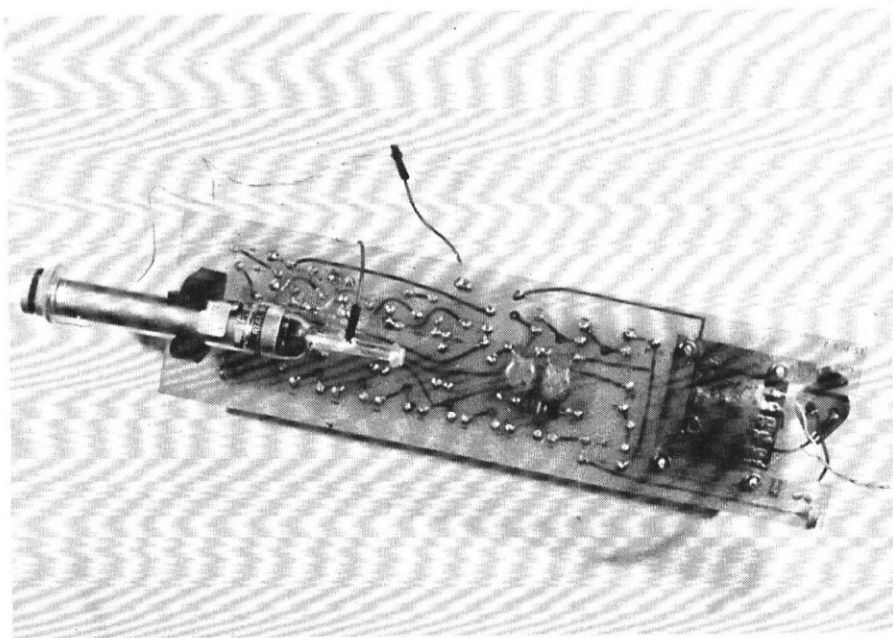


REALISATION D'UNE ALIMENTATION POUR LASER

Nos lecteurs qui ont eu le plaisir de voir *la Guerre des Etoiles* auront remarqué le duel aux épées laser ; cet appareil ne fait pourtant pas partie uniquement de la panoplie d'armes de science fiction, il est actuellement utilisé en chirurgie, pour le guidage d'engins, pour la soudure, sa puissance étant variable.

Nous vous proposons ici la réalisation d'un laser à petite échelle (quelques mW de sortie).

Nous vous donnerons également en fin d'article quelques applications (jeux de lumière, niveau, fil à plomb...).



Vue d'ensemble avant la protection sous altuglass (le fil en « balade » est à la masse).

Avant toute réalisation, l'auteur et la rédaction recommandent une extrême prudence lors de la manipulation de ce laser, la haute tension mise en œuvre étant de plusieurs kilovolts, ainsi qu'une mise en garde contre les lésions graves pouvant résulter de la réception accidentelle du faisceau dans les yeux. Nous déclinons toute responsabilité sur les accidents pouvant survenir par l'emploi que vous ferez de ce laser.

Principe

L'étude que nous nous proposons de faire concerne un laser à mélange gazeux (He - Ne) Hélium - Néon.

Un laser est constitué d'un tube d'émission et d'une alimentation. Le premier élément demande un travail de verrerie fine et une parfaite maîtrise des techniques du vide. En effet, si un LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) peut revêtir la forme d'un ballon de verre rempli de gaz et muni de deux miroirs et de deux électrodes de décharge dans le gaz (**figure 1**), les conditions de son fonctionnement exigent des techniques de pointe. Le ballon doit contenir un mélange gazeux adéquat (He - Ne ou CO_2N_2 - Ar, etc.) savamment dosé. Même si une haute tension « U » arrive à amorcer et entretenir la décharge électrique comme dans un vulgaire tube néon, l'émission du faisceau pointu et puissant de lumière n'aura lieu que si deux miroirs concaves concentrent convenablement les rayons vers un foyer et si l'un d'eux possède un orifice central pour permettre la sortie du faisceau.

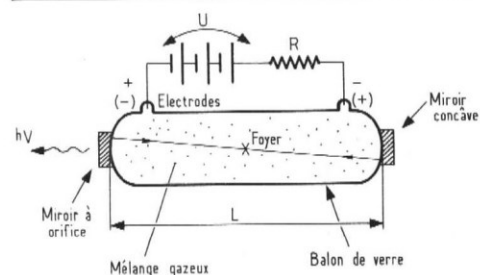


Figure 1. Structure d'un laser gazeux

Vouloir réaliser soi-même ce genre de tube équivaut au bricolage d'une de ces vieilles diodes des pionniers de l'électronique, ce n'est pas impossible mais fastidieux. Aussi nous utiliserons un tube du commerce LTR - 05 de laser Optronics. Il fonctionne sous 1,1 kV et 10 à 20 mA, mais exige une pointe d'amorçage de 2 à 3 kV.

Si la droite de charge R pointait le point « N » (« Ea » très grande et « R » de forte valeur) on obtiendrait un multivibrateur. Le point « Q » de fonctionnement, correspondant, comme « N » à la même tension de fonctionnement de 1.1kV, et est une autre position stable à tube éteint.

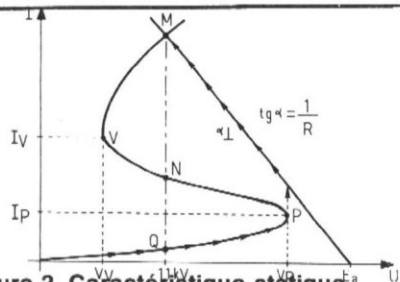
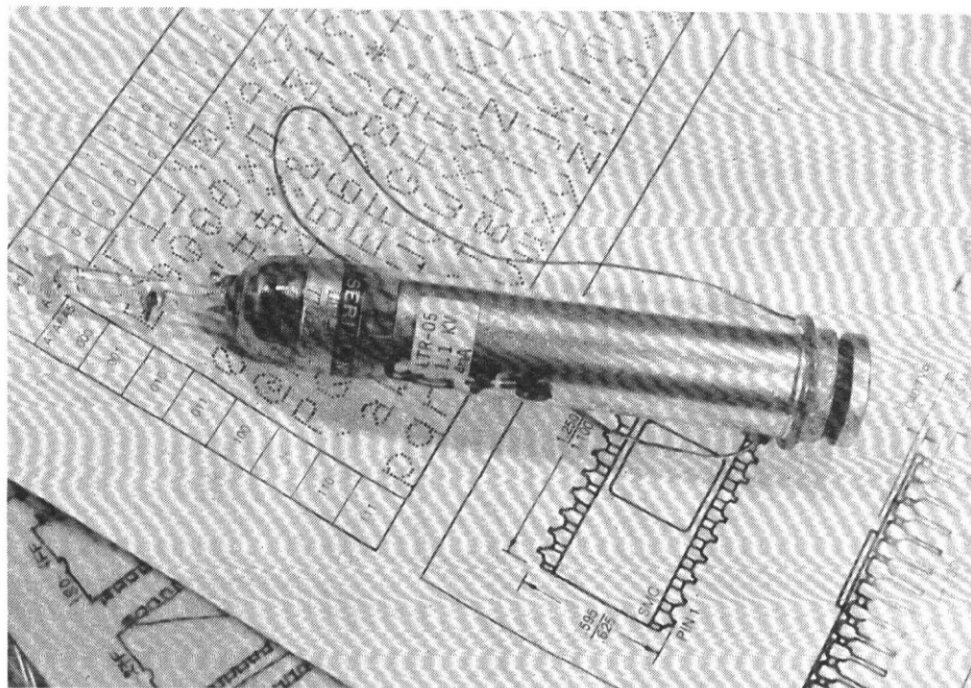


Figure 2. Caractéristique statique

Pour éviter cet inconvénient nous avons choisi une alimentation disposant d'une **régulation en courant** à transistor H.T. Son schéma de principe est celui de la **figure 3**. Comme on peut le constater, ce nouveau type d'alimentation LASER contient deux types de multiplicateurs de tension : un multiplicateur de puissance D,C muni de condensateurs C de très forte valeur. Des électrolytiques mis en série afin de mieux supporter la haute tension, qui fournit la tension E_a et un autre, utilisant des condensateurs D, C', de moindre valeur, quelques nanofarads, qui fournira au démarrage la surtension « ΔV_a » d'amorçage. Le propre de ce schéma est la valeur relativement modeste de E_a . Elle reste dans une fourchette de + 10 % à + 20 % du point de fonctionnement normal de la décharge, alors que dans les modèles à droite de charge résistive sans régulation de courant, elle avoisine + 70 % à + 100 %. Une moindre tension E_a représente moins de dangers et une plus grande fiabilité en fonctionnement. Si le transistor T n'existait pas, la droite $1/R$ partant de E_a sur la **figure 3**, passerait à côté de la caractéristique statique et le tube, après une étincelle, resterait éteint.



Vue du tube : nous comptons l'utiliser pour l'affichage de caractères.

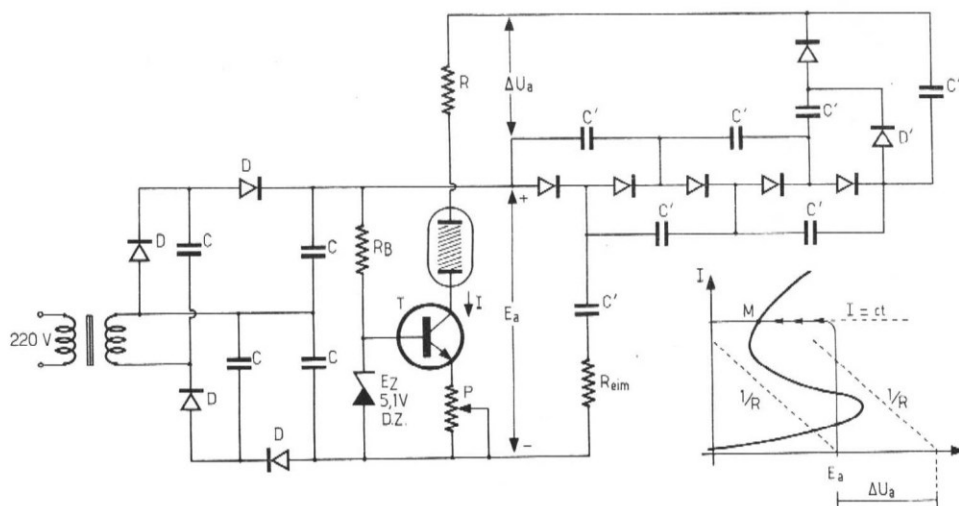


Figure 3. Schéma de principe de l'alimentation HT régulée en courant

$$I = (Ez - 0,5V)/P$$

La résistance R n'est plus une droite de charge, mais plutôt une protection au démarrage, ainsi que R_{eim} , qui limite le cou-

Réalisation

En raison de la haute tension nous avons du doubler ou tripler diodes et condensateurs dans diverses branches du schéma de principe. Cela même au circuit de la **figure 4** qui est plus spectaculaire que compliqué. La résistance de charge au démarrage, R est partagée cette fois-ci en trois parties, R₁, R₂, R₃, d'un côté et de l'autre.

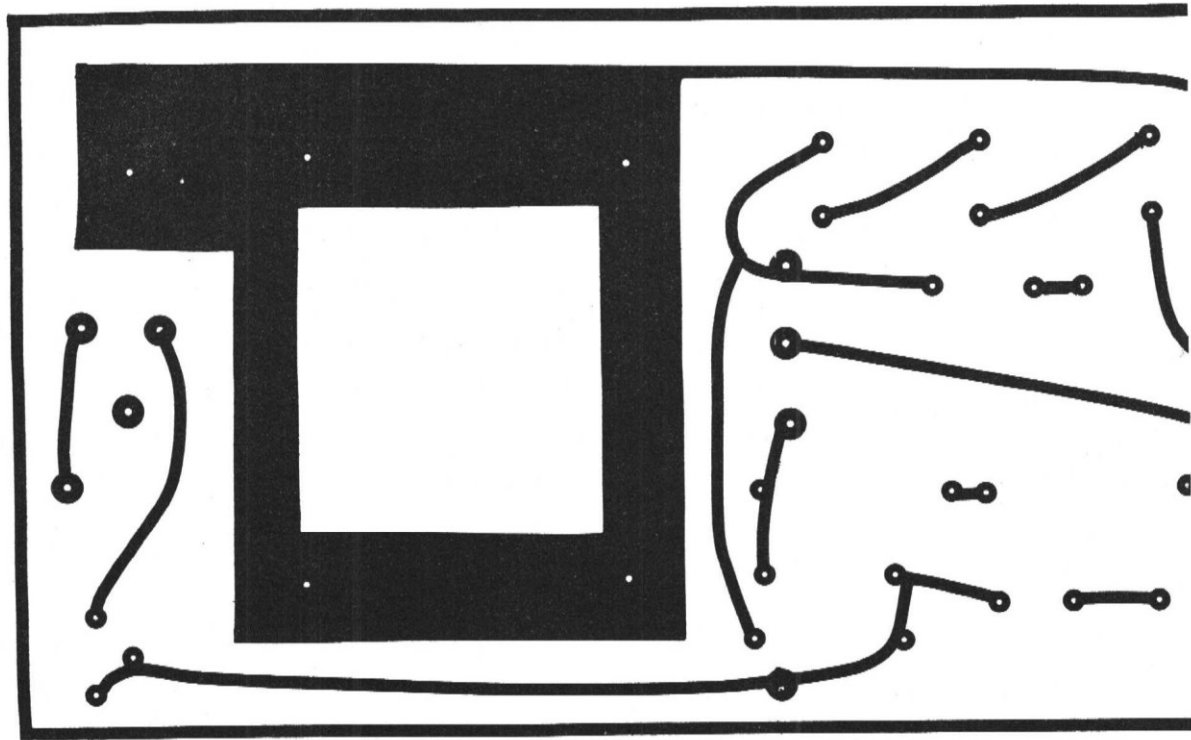
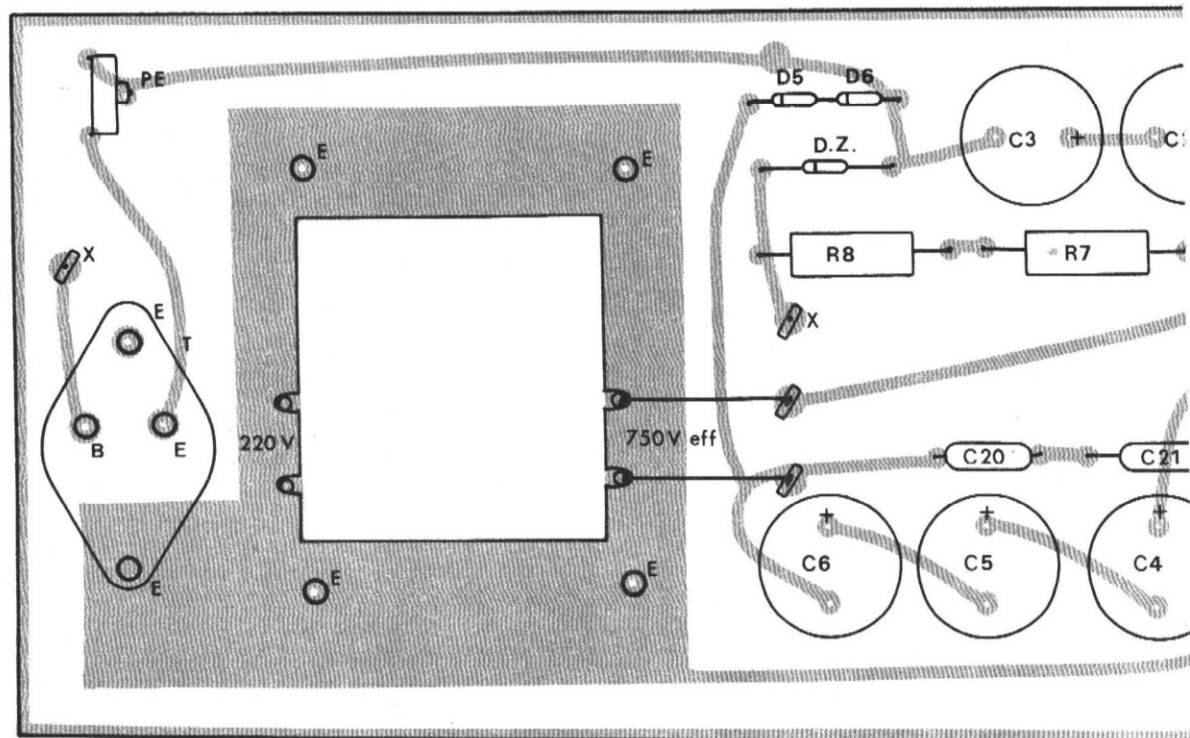
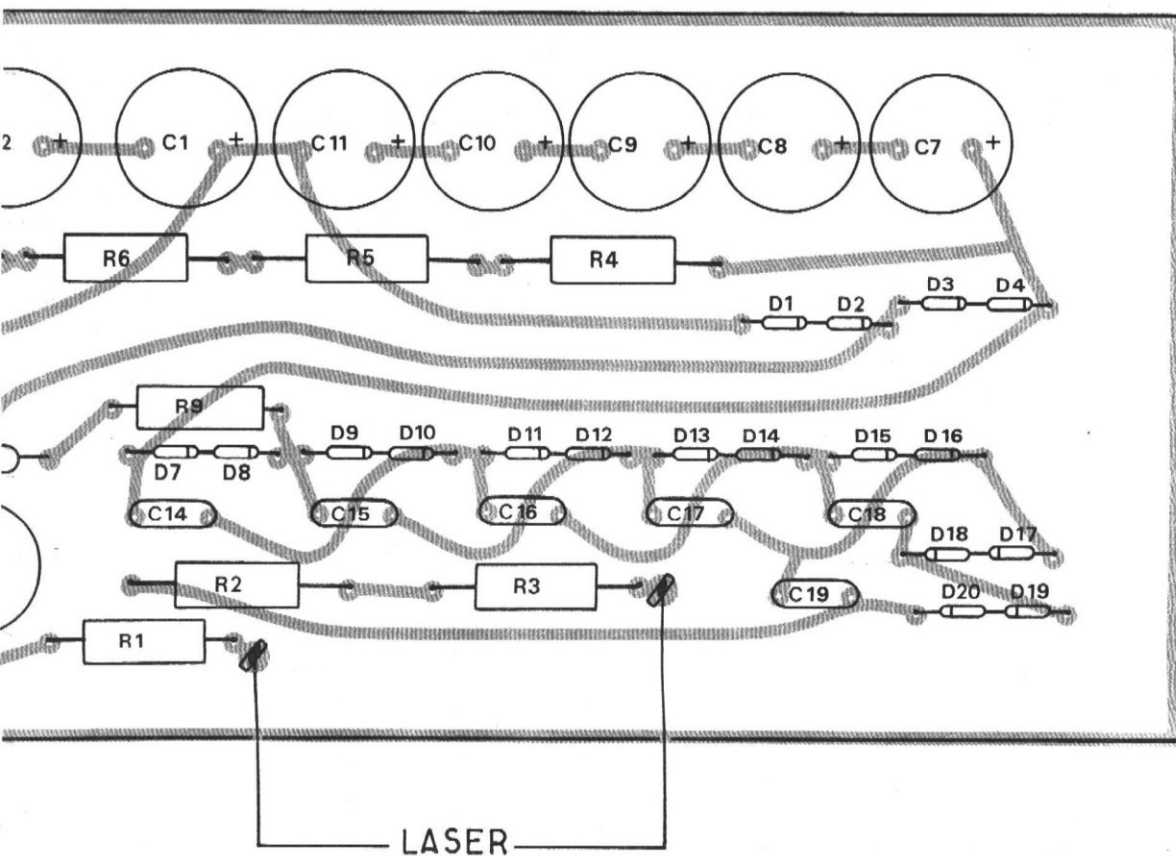
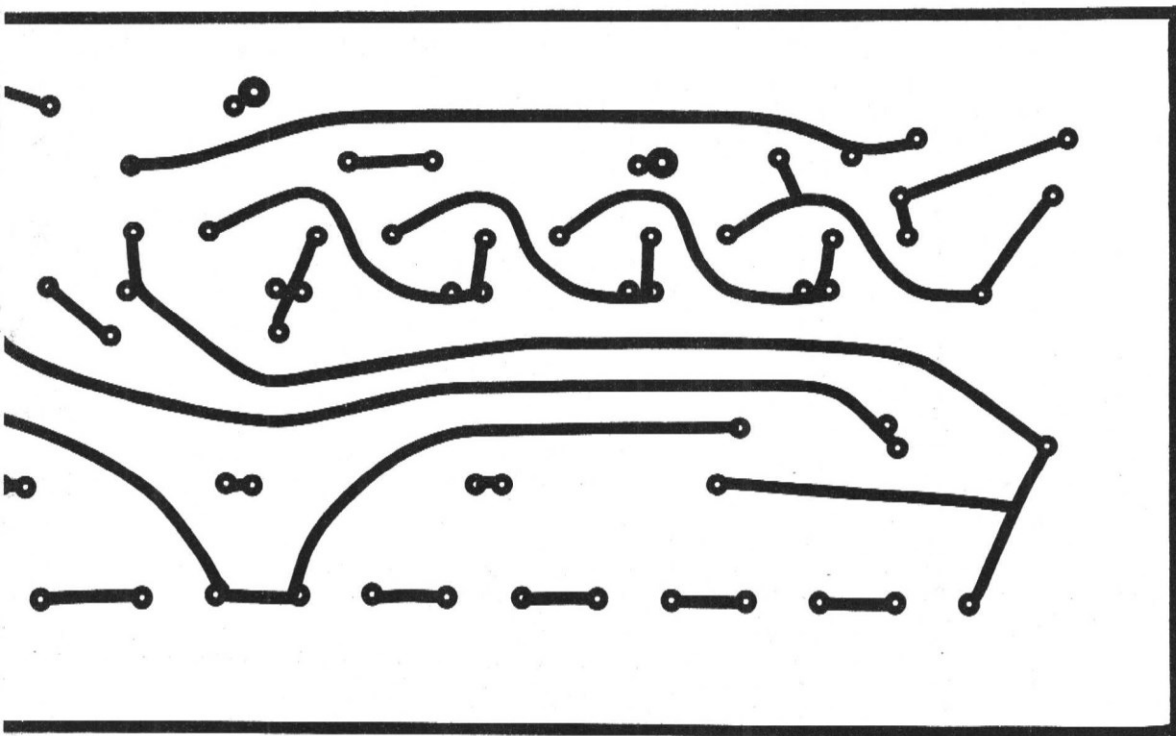


Figure 5



E: Trous Ø 3
 x: Réunir les 2 points

Figure 6



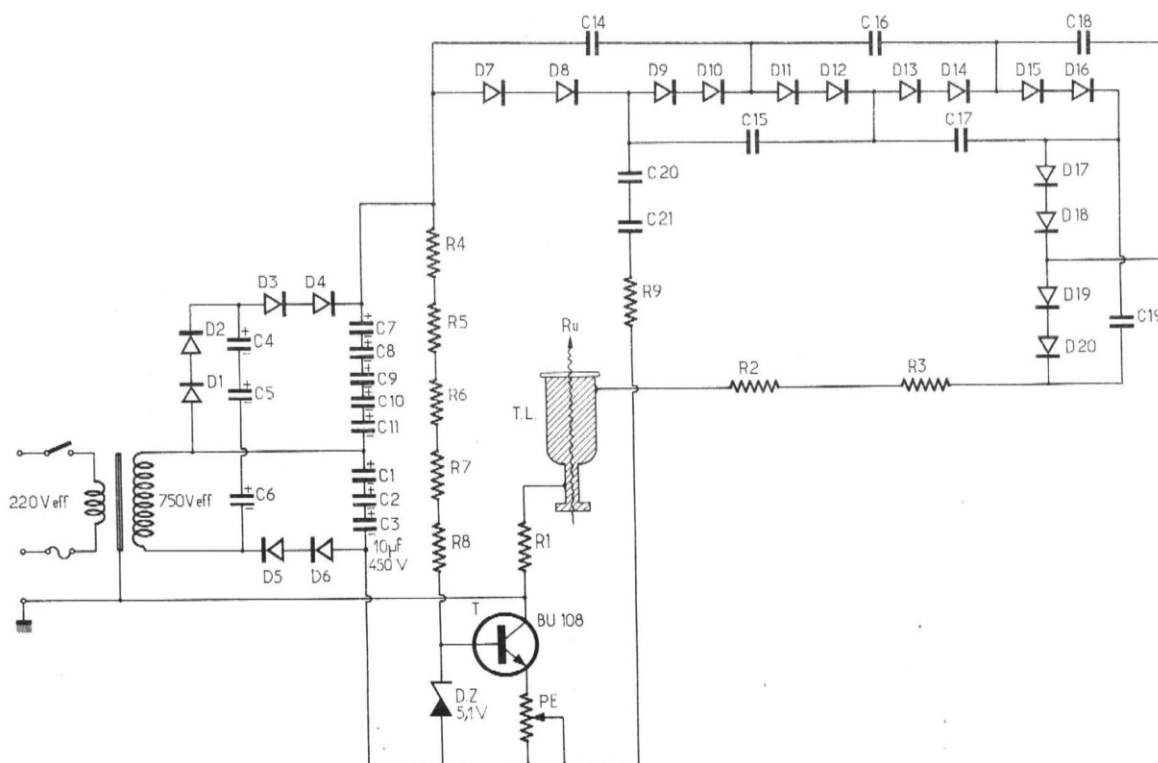


Figure 4. Schéma complet

tre du tube LASER, pour éviter des dommages à l'alimentation en cas de court-circuit.

L'emploi d'un transformateur autorise la mise à la masse d'une des bornes de l'alimentation, pour une plus grande sécurité. Eviter d'y toucher quand même et utiliser une prise-secteur munie d'une borne de terre correcte. Dans ces conditions, le potentiomètre P_E est porté à une tension négative max de - 200 - 300V par rapport à la masse. Il sera néanmoins ajusté à l'aide d'un tourne-vis **bien isolé**.

La figure 5 donne le tracé du circuit imprimé sur lequel les composants prennent les places de la figure 6.

Mise en route

Le circuit imprimé doit être protégé dans une cage en plexiglass de laquelle dépasseront : la sortie du faisceau laser et le câble d'alimentation. Ne jamais toucher quelque fil que ce soit après la mise sur secteur. L'ajustage se fera en allumant le laser, en vérifiant un fonctionnement satisfaisant **sans y toucher**. A la coupure du secteur on attendra 15 secondes au moins avant de diminuer un peu « P_E » et de recommencer, en cas de non-allumage.

Si le tube s'amorce, inutile de faire croître le courant par P_E . Le faisceau sera le même. A trop fort courant interviennent d'ailleurs des phénomènes de saturation qui en diminuent l'intensité. Il n'y a pas de liaison parfaite entre l'intensité de la lumière qui émane de la décharge dans les gaz et celle du spot - LASER émis.

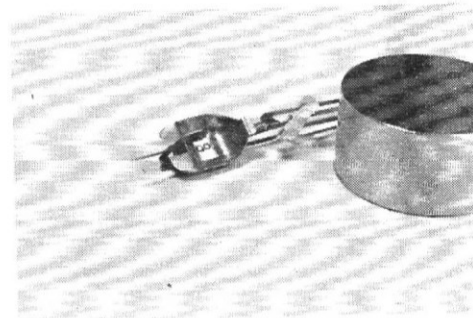
Quelques applications possibles

Des jeux de lumière, par exemple en collant un petit morceau de miroir sur un haut parleur relié à un ampli et à un oscillateur. Ou bien un miroir monté sur un système électro-magnétique (encore une fois attention à VOS yeux).

Un niveau ou un « fil à plomb » auxiliaire en faisant passer le faisceau dans deux œilletons alignés et préalablement mis de niveau ou d'aplomb.

Une ceinture d'alarme pour une grande propriété en renvoyant le faisceau par des miroirs celui-ci est toutefois visible la nuit etc.

A. Doris



Les soudures des cathodes des tubes TV et les enceintes closes (à droite) sous vide sont faites au laser.

Nomenclature

TL LTR O5. Laser Optronics. Wissous
R1 20kΩ/2 W
R2, R3 47kΩ/10 W/10 % (non bobinées.)
R4, R5.
R6, R7, R8, 220kΩ/2W/10 %
C1 à C11, 10µF/450V électrolytiques
C14 à C21 5nF/3kV plaquettes
D1 à D20 1N 4007
Dz 5,1V/0,5W Zener
 P_E 1kΩ/1W ajustable
T BU 108 (1000V, 100 mA NPN) RTC

• LES CELLULES SOLAIRES

Problèmes de rendement

Lorsqu'une pile (ou cellule) solaire reçoit les rayons du soleil, elle fournit un signal électrique continu caractérisé par sa tension U , son courant I et par conséquent sa puissance $P_o = UI$.

L'énergie solaire appliquée à une cellule peut être mesurée ainsi que la puissance correspondante P_r .

Connaissant P_o et P_r , on pourra calculer le rapport,

$$P_o/P_r$$

qui est évidemment inférieur à 1.

Il est de l'ordre de 0,1 ce qui correspond à un rendement de 10 %. En pratique, on peut trouver des cellules solaires dont le rendement est compris entre 5 % et 15 %, celui de 10 % étant la valeur courante actuelle pour la plupart des cellules de qualité. La puissance P_o dépend des facteurs suivants :

1° L'éclairement ; la puissance fournie indiquée dans les notices spécifie quelles sont les conditions dans lesquelles on l'a mesurée. En général, on indique un éclairement AM1, ce qui correspond à un éclairement de 1 kW/m². Dans nos régions ce serait un excellent éclairement, mais on ne l'a pas pendant toutes les heures de la journée. Il est évidemment diminué les jours de faible ensoleillement.

2° L'angle que fait la normale à la surface de la cellule avec les rayons solaires.

La puissance P_o est maximum lorsque la normale à la surface de la cellule, supposée plane, coïncide avec la direction des rayons solaires.

3° L'avancement des études concernant une catégorie déterminée de cellules. Ces études portent sur la composition, la pureté, la structure etc.

Voici quelques rendements pour diverses cellules solaires :

Silicium Eclairement (AM1) 9,9 % à 15,5 %

Ga As Eclairement (AM1) 12 % à 24 %

Cu₂ As Eclairement (AM1) 8,5 %

In P Eclairement (AM1) 12,5 %

Cu In Se₂ Eclairement (AM1) 12 %

Cd Te Eclairement (AM1) 8,1 % à 12 %

Ces résultats sont choisis parmi les meilleurs.

5° Le prix de revient de la cellule a une importance primordiale. Il est souvent préférable de choisir une cellule à 10 % de rendement de prix compétitif, au lieu d'une cellule donnant 15 % mais beaucoup plus chère, et parfois moins fiable.

6° La surface de la cellule n'intervient pas dans le calcul du rendement car si elle est plus grande, les puissances P_r et P_o seront proportionnellement plus grandes également. Par contre, la forme de la cellule intervient dans le calcul du rendement, non pas d'une cellule, mais d'un ensemble de cellules groupées lorsqu'on considère la puissance P_r par surface totale du groupe et non par cellule.

En effet, supposons, comme indiqué à la figure 1, quatre cellules rondes groupées dans un carré. Soit d le diamètre de la cellule. Sur une surface de $4d^2$ on ne bénéficie que d'une partie utile. Celle-ci est égale à πd^2 . En serrant bien, le rapport des surfaces est $4/3$, 14 et il peut être plus grand. C'est un phénomène analogue au **foisonnement**. Si les cellules sont carrées ou rectangulaires, la surface utile est plus proche de la surface de l'ensemble.

7° La concentration. Il s'agit d'utiliser un système optique permettant de concentrer l'énergie solaire correspondant à une surface S , sur la surface S_c plus petite de la cellule.

Ce procédé est théoriquement excellent, mais en pratique il se heurte à plusieurs objections comme on le verra plus loin.

8° La poursuite. L'angle entre la normale à la cellule et la direction des rayons solaires varie continuellement, entre 0° et $\pm 90^\circ$. Le maximum de rendement est à 0°. On peut maintenir cet angle à cette valeur nulle en imprimant au panneau support des cellules solaires un mouvement de poursuite réalisé manuellement, par moteur ou par tout autre procédé, automatique de préférence.

La concentration doit être accompagnée de la poursuite pour se maintenir. Par contre la poursuite n'exige pas la concentration.

9° La réflexion des rayons solaires sur la surface de la cellule doit être aussi faible que possible.

Plus la réflexion est réduite, plus le rendement est grand. Influencent également sur le rendement, l'échauffement de la cellule, la transparence des écrans protecteurs et leur état de propreté. Il convient aussi de soigner les connexions effectuées par soudure entre cellules et les bornes d'utilisation.

Reprenons maintenant d'une manière plus détaillée certains des problèmes posés.

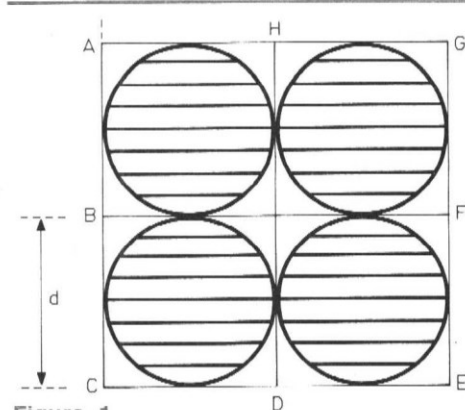


Figure 1

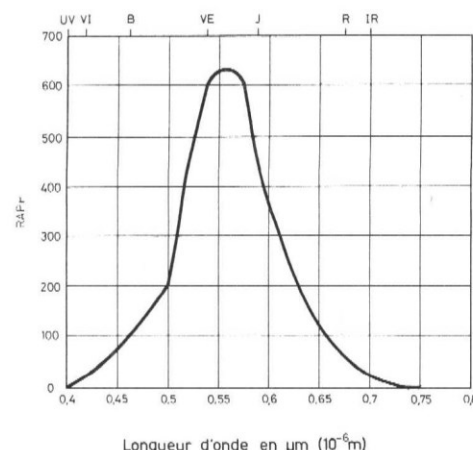


Figure 2

Eclairement et flux lumineux

En technologie, l'éclairement est souvent exprimé en W/cm^2 ou dans des rapports de multiples ou sous-multiples de W et de cm, par exemple en kW/m^2 , kW/cm^2 etc.

En optique l'éclairement s'exprime en lux. On a 1 lux = 1 lumen par mètre carré.

En comparant les deux expressions, on est amené à considérer le lumen comme une puissance.

En réalité le rapport lumen/watt est variable et dépend de la longueur d'onde de la radiation lumineuse considérée.

A la figure 2 on donne le rapport watt/lumen (en ordonnées) en fonction de la longueur d'onde, en micromètres (en abscisses).

Le maximum de ce rapport a lieu pour $\lambda = 5,5 \mu m$, avec $W/lm = 680$. A cette valeur 1 lumen correspond à $1/680 W$ ou encore 1 W correspondant à 680 lumens. 1 lumen est donc de l'ordre de grandeur du milliwatt. On voit sur la figure 2 que le rapport W/lm diminue de part et d'autre de $\lambda = 5,5 \mu m$.

Dans ce qui suit, on mesurera l'éclairement E, en fonction de la puissance P et de la surface considérée.

Deux courbes sont données : (a) cellule nue, (b) cellule recouverte d'une couche antiréfléchissante. On voit que si la cellule réfléchit moins de lumière, son rendement est meilleur car à tension égale, elle donne plus de courant, ou à courant égal elle donne plus de tension, ce qui correspond à plus de puissance.

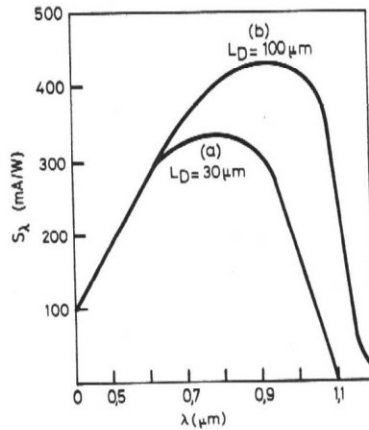


Figure 3

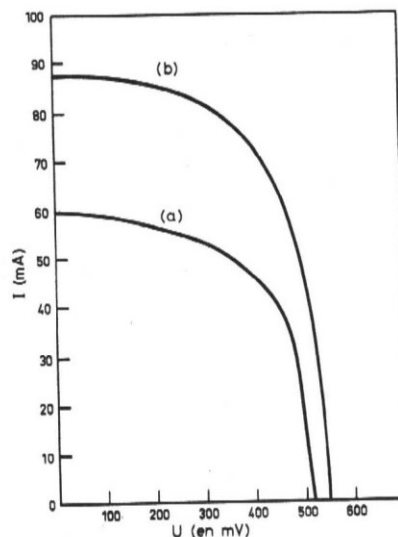


Figure 4

Angle avec la normale, des rayons solaires

A ce moment, l'inclinaison de la normale au plan avec la direction des rayons étant exprimée par l'angle φ (voir figure 5), la surface active équivalente est :

$$S_a = S \cos \varphi$$

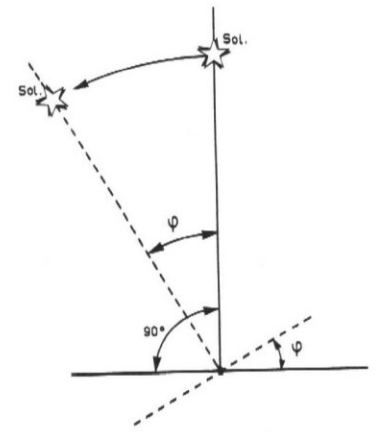


Figure 5

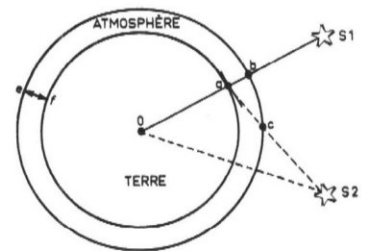


Figure 6

où S est la surface réelle de la cellule ou du panneau solaire. Lorsque $\varphi = 90^\circ$, $\cos \varphi = 0$ et lorsque $\varphi = 0^\circ$, $\cos \varphi = 1$.

Cette loi n'est toutefois exacte que si l'éclairement varie, cela ne se produirait que si l'on orientait le panneau de différentes manières au même moment, la position du soleil restant fixe.

En réalité, la variation de φ s'effectue en fonction du temps, car le panneau solaire reste fixe et c'est le soleil qui se « déplace », d'une manière relative, bien entendu (voir Galilée).

De ce fait, lorsque $\varphi = 0$, la couche d'air traversée par les rayons est plus mince que celle traversée lorsque φ est proche de 90° . Cela est montré à la figure 6 sur laquelle l'épaisseur de la couche d'air est $ef = ab$. Lorsque le soleil est en S_1 , la couche traversée par les rayons est ab . Si le soleil est en S_2 , la traversée de la couche d'air est ac et on a,

$$ac > ab$$

donc une diminution de l'éclairement E, plus grande que celle due uniquement à l'angle φ .

Nous avons omis, pour simplifier, la réflexion des rayons.

Sensibilité spectrale

La sensibilité spectrale se mesure par un rapport courant/puissance, autrement dit elle indique le courant fourni par la cellule solaire, pour une puissance reçue du soleil. Plus le courant est élevé, plus la puissance fournie sera grande, à condition que la tension de la cellule ne varie pas plus rapidement en sens inverse.

La sensibilité spectrale dépend de nombreux facteurs parmi lesquels citons les suivants : longueur d'onde de la radiation, structure de la cellule, présence ou absence d'une couche antiréfléchissante etc. Voici à la figure 3, la sensibilité S_λ , en mA/W, pour deux cellules au silicium, sans couche antiréfléchissante, réalisées avec des matériaux de base présentant $30 \mu m$ et $100 \mu m$ de longueur de diffusion L_D .

Plus L_D est grande, meilleure est la puissance fournie. En effet, à $\lambda = 0,8 \mu m$, $S_\lambda = 310$ pour $L_D = 30 \mu m$ et $S_\lambda = 380$ environ, pour $L_D = 100 \mu m$.

La tension de sortie diminue lorsque le courant débité par la cellule augmente. Cela est visible sur la figure 4 pour un éclairement solaire AM1 et une cellule de $2,6 cm^2$ de surface.

Ensoleillement et irradiation

Par ensoleillement, on entend le nombre d'heures de soleil par an, avec ciel dégagé. Le ciel est « dégagé » si le rapport entre l'éclairement et l'éclairement total (direct + diffus) dépasse 0,8.

La carte de la **figure 7** donne les courbes d'égal ensoleillement annuel de la terre. On a représenté les durées d'ensoleillement en centaines d'heures, par exemple un ensoleillement de 1200 à 200 (France) heures est désigné par les courbes 12 à 20. Le soleil est visible pendant 4380 heures, soit la moitié du nombre total d'heures annuel qui est de 8760 heures. Le facteur d'ensoleillement varie entre 0,9 (4000 heures par an) et moins de 0,2.

Il va de soi que les indications de la figure 7 ne peuvent être précises et ne peuvent que donner une idée de l'ensoleillement en diverses parties du globe.

Sur cette carte, on a indiqué les latitudes et les longitudes. L'ensoleillement est maximum au Sahara, Californie, Chili, Pérou et minimum au Pacifique Nord.

L'absence totale de nébulosité correspondrait à 4380 heures par an environ. On trouve 40 (4000 heures) en Afrique centrale.

Définissons l'**irradiation**. C'est l'énergie totale reçue par unité de surface dans un intervalle de temps donné par exemple :

Irradiation = 10^5 J/m² et par jour. Cette valeur de Irr correspond à un éclairement moyen de 116 W/m² et à une irradiation annuelle de $3,65 \cdot 10^9$ J/m².

La carte de la **figure 8** donne l'irradiation annuelle de la terre au niveau du sol. Les cotes correspondent à l'irradiation moyenne journalière exprimée en 10^5 J/m². On a les équivalences :

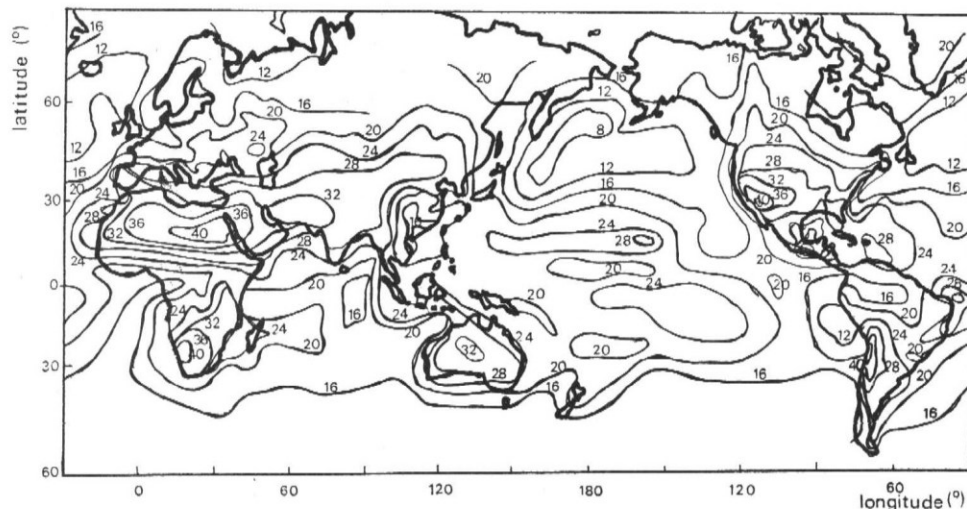
10^5 J/m² par jour
115,8 W/m²

$3,65 \cdot 10^9$ J/m², par an
le joule J étant égal au Ws (énergie).

Concentration et poursuite

La concentration de l'énergie solaire sur une surface active de cellule peut s'effectuer à l'aide de procédés classiques comme les lentilles et les miroirs.

A noter toutefois que ce problème se complique en raison du déplacement de l'orientation du soleil. Cela se voit à la **figure 9**. Lorsque le soleil est en position Sol 1, le maximum de surface réceptrice reçoit la lumière concentrée par la lentille.



Courbes d'égal ensoleillement annuel de la Terre.

Les cotes portées sont des centaines d'heures. L'absence totale de nébulosité correspondrait à 4382 heures de soleil par an.

Figure 7

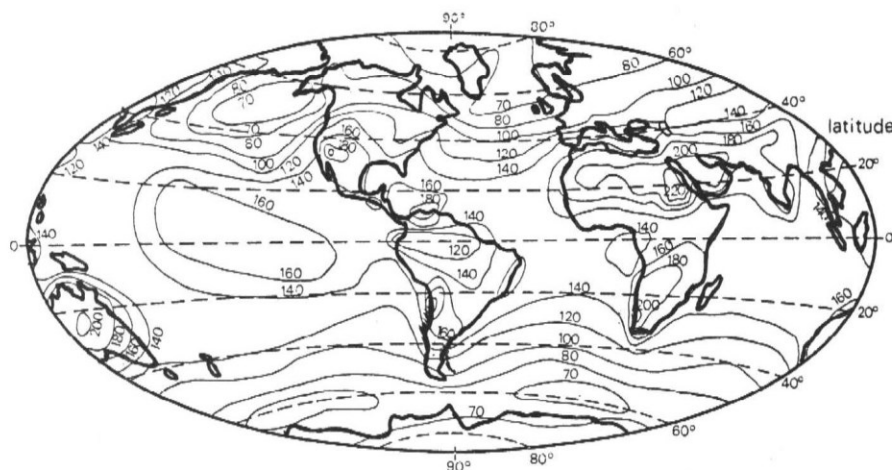


Figure 8

Si le soleil est en position Sol 2, il y a désalignement entre les trois éléments et une partie de la surface réceptrice recevra la lumière concentrée. On peut simuler cette expérience avec une lampe électrique, une lentille quelconque grossissante et un petit objet rond remplaçant la surface de la cellule. La poursuite doit par conséquent être associée à la concentration ; autrement dit, la lentille et la surface réceptrice devront tourner en même temps que le soleil. Il est intéressant de savoir que l'intérêt de la concentration réside dans l'obtention d'une même puissance électrique en diminuant la surface sensible de l'ensemble des cellules solaire.

Cette diminution est utile si la réduction des frais des cellules et l'augmentation des frais occasionnés par les concentrateurs, se traduisent par une diminution des dépenses. D'autres inconvénients sont signalés par les spécialistes. On utilise comme concentrateurs des miroirs à « échelons imageants » composés de couronnes de paraboloïdes, de miroirs coniques, ou de miroirs toriques. Les lentilles de Fresnel sont souvent adoptées dans les dispositifs de concentration. Si la concentration est maintenue, le rendement peut atteindre des valeurs très supérieures à celles obtenues sans concentration.

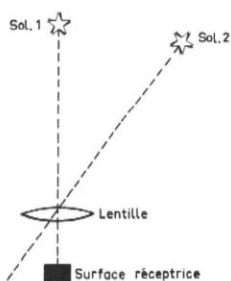


Figure 9

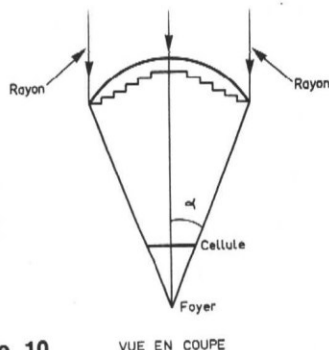


Figure 10

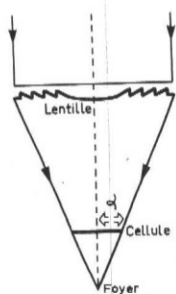


Figure 11

Indiquons aussi que les systèmes optiques donnent lieu à une perte de lumière qui, si elle est importante, peut annuler le gain de rendement obtenu.

A la figure 10 on montre un concentrateur à lentille de Fresnel plan — convexe.

A la figure 11 on montre la coupe d'un système à lentille.

Système de concentration et de poursuite

Dans une installation solaire, il faut réduire autant que possible toute dépense d'énergie afin de conserver le maximum acquis pour l'utilisation, c'est-à-dire les appareils à alimenter.

Un appareil combiné de concentration et de poursuite, dont le fonctionnement est commandé directement par l'énergie solaire a été réalisé par ITT et présenté à un récent Salon.

Une coupe de l'appareil est représentée à la figure 12. Son inventeur lui a donné le nom d'**œil solaire** (solar eyeball).

Ce module de conversion de l'énergie solaire en énergie électrique, comporte un système de cellules solaires au Ga As recevant la lumière concentrée par une lentille de Fresnel ce qui augmente le rendement de l'ensemble.

La poursuite s'effectue automatiquement grâce à un dispositif magnétique commandé par une action thermique différentielle produite par le « déplacement » du soleil.

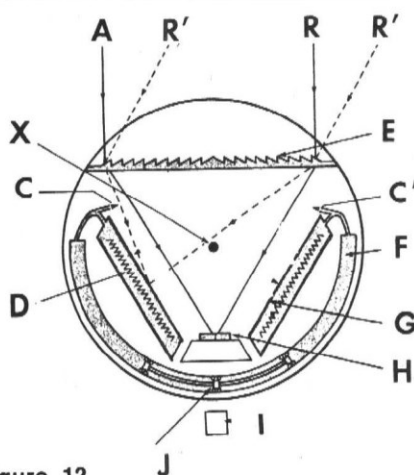


Figure 12

Sur la figure 12 on notera les parties suivantes :

- R = rayons solaires passant par l'axe
- R' = rayons solaires déviés
- X = axe de rotation du système
- C C' = branchement de la soupape
- D = Absorbant de chaleur
- E = lentille de Fresnel
- F = Tube de poursuite
- G = Fenêtre
- H = Cellules solaires sur radiateur dissipateur de chaleur
- I = Aimant permanent fixe, extérieur
- J = aimant mobile
- K = Chambre à gaz

Voici un exposé simplifié du fonctionnement de ce système automatique.

L'emploi des trois éléments : cellule au Ga As, concentrateur et poursuite, permet d'obtenir une augmentation très importante du rendement, d'autant plus que la poursuite est très correcte et de ce fait, en tout moment, on obtient le maximum de puissance de sortie, compatible avec l'énergie reçue.

Les matériaux utilisés ne sont pas chers, mais il est évident que pour le moment, ce module n'est applicable qu'à des générateurs solaires de faible puissance.

On a monté en série les deux cellules solaires H, sur radiateur. Les chambres à gaz A et B sont de grandes dimensions et possèdent des fenêtres transparentes qui laissent passer les rayons solaires. Ceux-ci échauffent le gaz de la chambre dans laquelle ils peuvent pénétrer. L'image du soleil agit par conséquent à la fois sur les cellules pour fournir l'énergie électrique d'utilisation et sur le gaz en vue de l'opération de poursuite.

Si le système est bien orienté vers le soleil, il y a équilibre entre les deux parties de gauche et de droite. Si le soleil se « déplace » une des chambres à gaz recevra plus de rayons solaires que l'autre, ce qui se traduit par une plus grande dilatation du gaz.

Le gaz dilaté sort alors en partie, de son compartiment et passe dans le tube demi-circulaire représenté en bas de la figure. Dans ce tube, à droite et à gauche, on trouve le piston magnétique et l'aimant mobile J.

De ce fait, grâce à l'aimant permanent extérieur I, le système tout entier tourne et suit par conséquent le mouvement du soleil.

Le récipient sphérique protège l'ensemble des agents atmosphériques, tels que : humidité, air salé, sable, etc. Tous les mouvements sont commandés par la chaleur du soleil.

La soupape est disposée entre les points C et C' et contribue à la poursuite du soleil par l'ensemble héliostat.

Pour plus de détails voir l'excellent exposé de D.H. MASH des laboratoires ITT de Harlow Essex (Angleterre) paru dans FUNKSCHAU (Référence 4). Le système de concentration et de poursuite est réalisé avec des matériaux peu coûteux.

Pour des systèmes utilisables avec de grandes puissances, donc à un certain nombre de panneaux solaires de grandes dimensions il est possible d'imaginer des dispositifs de poursuite différents comme par exemple le suivant.

Poursuite à moteur de commande

Ce système est proposé par C.J. NAAIJER, dans ACTA ELECTRONICA 20.2.1977, page 183. Il ne comporte pas de condensateur de lumière (Référence 5).

De ce fait, il est plus simple, peu coûteux et peut-être adapté aux panneaux existants. Voici à la figure 13 un ensemble de panneaux solaires inclinés à φ degrés par rapport au sol tandis que les rayons solaires, font un angle Φ_s avec le même sol horizontal. Les panneaux sont distants de

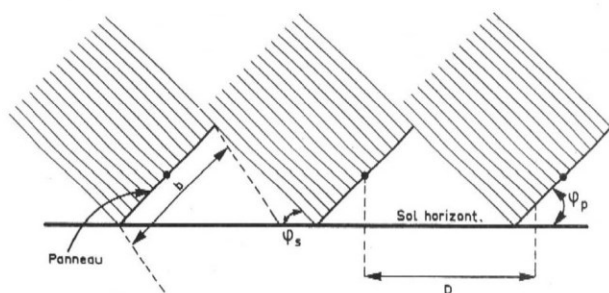
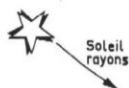


Figure 13

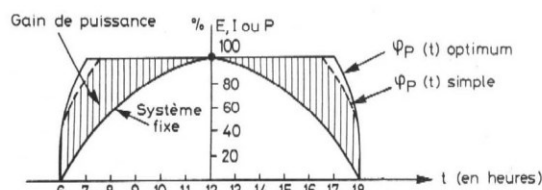


Figure 14

D. Cette distance est déterminée de manière à ce qu'un panneau n'intercepte pas les rayons solaires pouvant être reçus par le panneau suivant. Une bonne valeur de cette distance est :

$$D = 4b$$

où b est la hauteur du panneau.

Un système à moteur d'entraînement agit sur l'inclinaison ψ_p des panneaux. A 12 h les panneaux doivent être horizontaux. A la figure 14 on montre les résultats obtenus aux divers moments du jour, de 6 heures à 18 heures.

La courbe supérieure montre une puissance croissante puis décroissante, le maximum étant à 12 heures.

Si l'ensemble est à plusieurs panneaux une fonction de la puissance totale fournie par les cellules permettra d'alimenter le moteur de commande de l'inclinaison des panneaux.

Application à faible puissance

Dans l'article cité plus haut, de C.J. NAALJER, on donne également quelques schémas de principe sur divers montages à nombre réduit de cellules, permettant leur expérimentation et aussi certaines applications (Réf. 5).

Voici d'abord un convertisseur continu à continu, fonctionnant à partir d'une seule cellule photovoltaïque (figure 15).

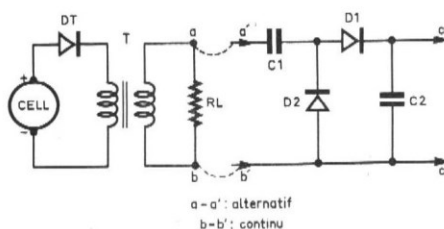


figure 15

L'oscillateur est réalisé avec une diode tunnel au germanium ou au Ga As associé à un bobinage oscillateur-transformateur donnant un signal alternatif aux bornes a-a' de R_L .

Si l'on relie a-b et a'-b', on complète le montage avec un redresseur doubleur, à diodes D_1 et D_2 et filtrage par C_2 . Le signal continu est obtenu en c-c'.

En examinant les caractéristiques des cellules avec celles des diodes tunnel, on constate que des résultats peuvent être obtenus en choisissant ces diodes grâce à leur résistance négative.

Dans ce montage, la tension de sortie est assez constante, car le rendement **diminue** lorsque l'intensité lumineuse **croît**.

Un montage analogue à deux diodes tunnel est donné à la figure 16. Dans les deux montages, le rapport du transformateur peut être choisi de manière à obtenir au secondaire la tension désirée, depuis quelques volts jusqu'à plusieurs centaines, sous faible puissance évidemment.

Avec des transistors, on pourra aussi réaliser des oscillateurs blocking, en leur associant des bobinages oscillateurs-transformateurs, comme indiqué à la figure 17. Le transistor Q_1 monté en diode, polarise la base de Q_2 .

On peut obtenir du courant continu, après le redresseur ou de l'alternatif aux bornes de S_3 après C_0 ou directement.

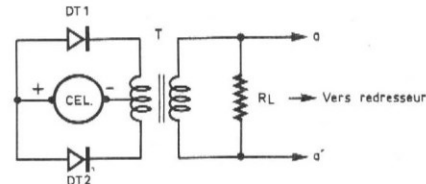


figure 16

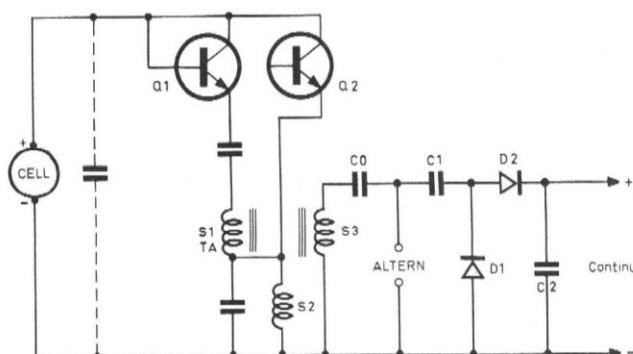


figure 17

Protection des cellules par des diodes

Lorsque le nombre des cellules doit être important, afin d'augmenter la puissance fournie, on réalise les montages série, parallèle et série-parallèle. Les diodes de protection sont nécessaires dans les trois sortes d'association des cellules (Réf. 5). Dans le cas des associations parallèles, sans diodes en série, une branche mal éclairée sera traversée par les courants produits par les autres cellules mieux éclairées.

De même, dans les associations série, sans diodes de protection en parallèle, une cellule mal éclairée est soumise à une tension trop élevée.

Références

- (1) La structure des photopiles par E. FABRE (ACTA ELECTRONICA 20.2.77)
 - (2) Le rayonnement solaire par F. DESVIGNES (ACTA ELECTRONICA 18.4.75)
 - (3) Considérations générales sur les concentrateurs simples pour cellules photovoltaïques (ACTA ELECTRONICA 20.2.77)
 - (4) Article de D.H. MASH (FUNKSCHAU, 21 avril 78 et suivant).
 - (5) Problème d'adaptation des photopiles en vue d'applications terrestres par G.J. NAAIJER (ACTA ELECTRONICA 20.2.77)
- Les sujets évoqués sont traités en détail dans les articles cités dans les « Références » ci-dessus. ■

Selectronic®

14, boulevard Carnot

59800 LILLE - tél: 55.98.98

- Composants grand public et professionnels.
- Pièces détachées - Outillage de précision.
- Rayon récupération.
- Tout montage à la demande.

CONSEILS donnés par un
INGÉNIEUR électronicien
diplômé. (I.S.E.N.)

LE NOUVEAU CATALOGUE EST PARU
ENVOI CONTRE 4 F EN TIMBRES.
Expéditions dans toute la France.

CHOISIR LE N° 1
en toute sécurité



une gamme complète touchant tous
les domaines de l'électronique

les Kts peuvent être livrés
montés (Réf. W)

*

CATALOGUE ET TARIF SUR DEMANDE
(Joindre 8 F. F. ex.)

* * *

Importé et distribué en France par:

électronique-promotion
IMPORT - EXPORT



BP 7 - ZI DES FADES 06110 LE CANNET-ROCHEVILLE
☎ (93) 45.09.30 • Telex PROSUDE 470089 F

Antenne à Paris - 22, rue de la Vega - 75012 Paris
Tél. : 343.03.38 et 307.07.27 - Télex : 211.801

Recherchons pour PARIS : professeurs
diplômés - temps partiel - en ELECTRO-
NIQUE — RADIO — TÉLÉVISION —
MICROPROCESSEURS. Envoyer C.V.
détaillé et photos à S.E.E.P., 14, rue
du Bourg-Tibourg - 75004 PARIS.

NOTE

« La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'Article 41, d'une part, que « les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants-droit ou ayants-cause, est illicite » (alinéa 1^{er} de l'Art. 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les Art. 425 et suivants du Code Pénal ».

*Quand vous écrivez
à nos annonceurs
recommandez-vous
de
RADIO-PLANS*

METEEC ETS DELZONGLE
20, rue de Belfort,
94300 VINCENNES
Tél. 374.64.01

EN STOCK : oscillos, appareils labo,
comparateurs, C.I., roues codeuses, mo-
dem, télétypes, grand choix dissipateurs
alu, 50 000 connecteurs, époxy, bakélite,
(contact 7 touches), potars, trimmers, ré-
sistances, diodes 4148, etc., C.I., transis-
tors, relais, transfos, batteries cadnickel,
fils & câbles, bandes magnétiques tous
types, platines T.D., BSR, électro stéréo,
Télé & K 7, H.P., enceintes neuves, auto-
radios, compresseurs, ventilos.

- Très importants lots de condos cé-
ramique
- Très importante quantité de matériel
à voir sur place.

MAGASINS OUVERTS DE 8 H 30 A 12 H 30
ET DE 14 H A 18 H
FERMÉ LE SAMEDI APRÈS-MIDI

Pas d'expédition, tout notre matériel est à prendre sur place.
Catalogue contre 6 F en timbres

**TOUS LES
RELAIS**
RADIO-RELAIS
18, RUE CROZATIER
75012 PARIS
Tél. 344.44.50

R.E.R. - GARE DE LYON

Ouvert tout l'été.