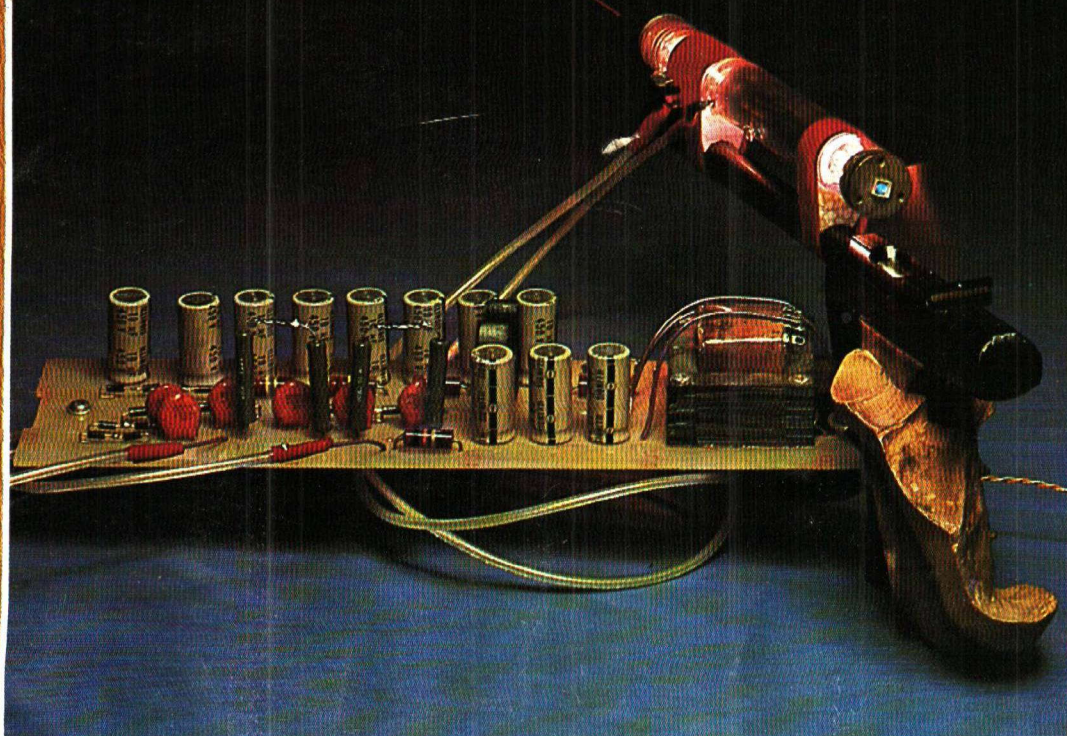
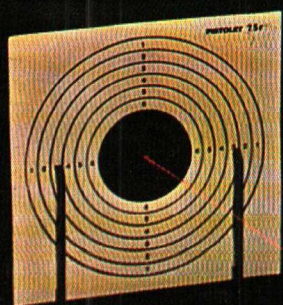


RADIO PLANS

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)

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

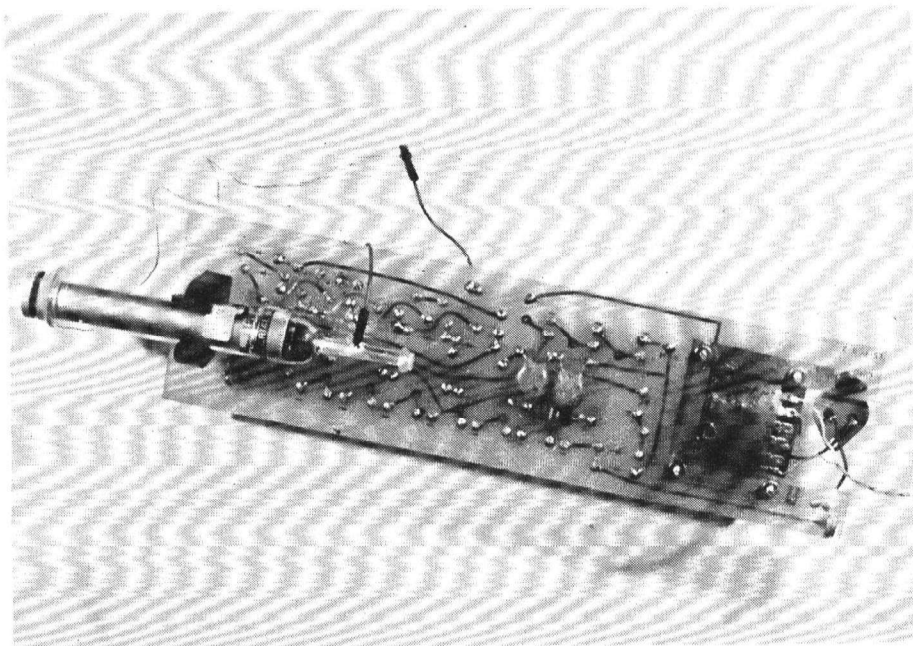


REALISATION D'UNE ALIMENTATION POUR LASER

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 CO₂N₂ - 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.

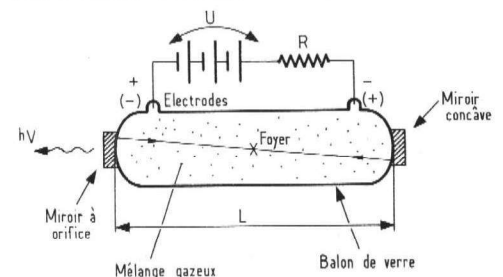


Figure 1. Structure d'un laser gazeux

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.

Sa caractéristique statique a une forme de « S », comme celle de tous les tubes à décharge dans les gaz. Pour atteindre le point « M » de fonctionnement nous devons contourner une tension crête V_p , correspondant à un courant J_p généralement très faible : moins de 1mA, parfois $100\mu A$.

Si l'on se donne une tension d'alimentation E_a , après l'amorçage, le tube s'installera dans un point stable de fonctionnement M.

Si la droite de charge R pointait le point « N » (« E_a » 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, est une autre position stable à tube éteint.

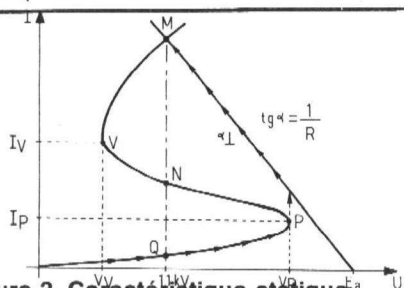
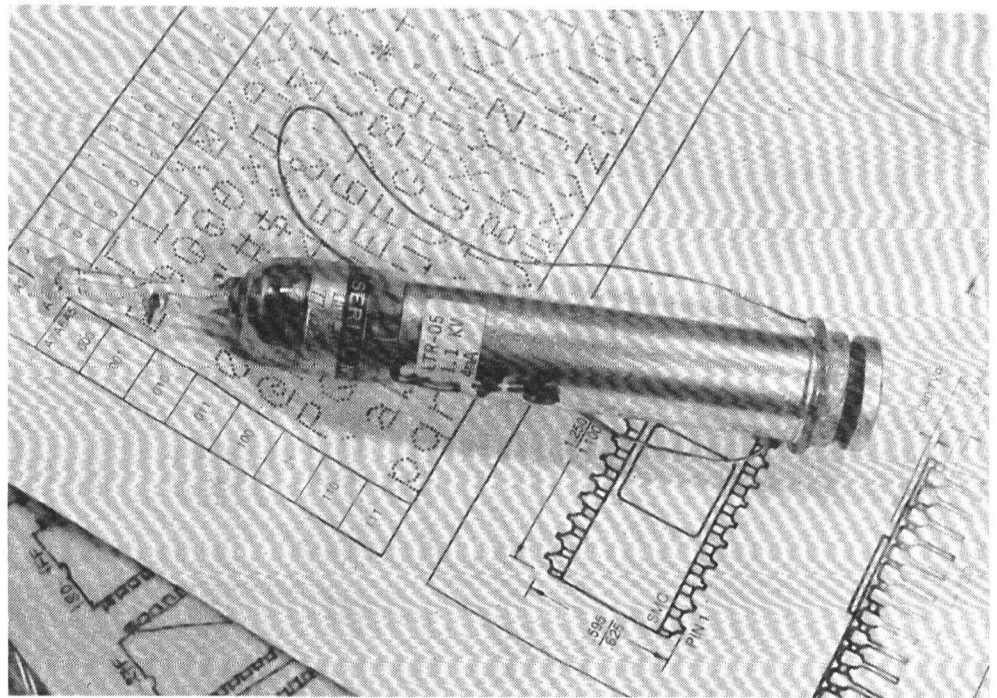


Figure 2. Caractéristique statique

Le désavantage d'une droite de charge purement résistive est lié à la dissipation de puissance dans cette résistance. Pour amorcer le tube, E_a doit dépasser V_p . Après l'allumage, R pourrait diminuer pratiquement de moitié, si elle ne pouvait pas être rendue variable, la résistance R aurait à ses bornes une tension égale à celle aux bornes du tube, de quoi faire fonctionner deux tubes en série...

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.

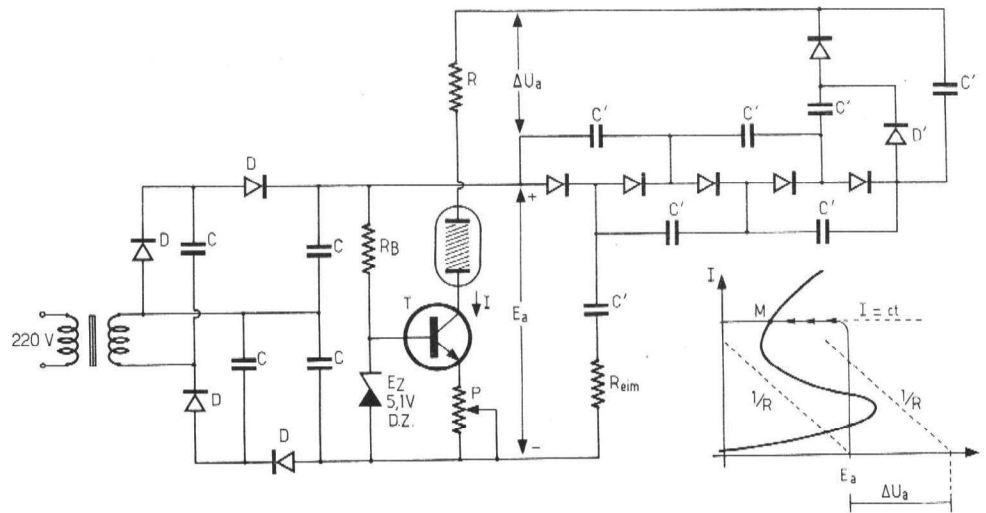


Figure 3. Schéma de principe de l'alimentation HT régulée en courant

La **régulation en courant** est réduite pourtant à sa plus simple expression. Le transistor T est caractérisé par une tension $U_{BE} \approx 0,5V$. Si la base est portée à une tension fixe, égale à Ez, le courant d'émetteur devra être :

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

Si $E_z = 5,1V$, on obtient 10mA de courant stabilisé pour $P = 460 \Omega$.

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

rant de pompage dans le multiplicateur de tension d'amorçage.

Réalisation

En raison de la haute tension nous avons dû 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, R_1, R_2, R_3 , d'un côté et de l'au-

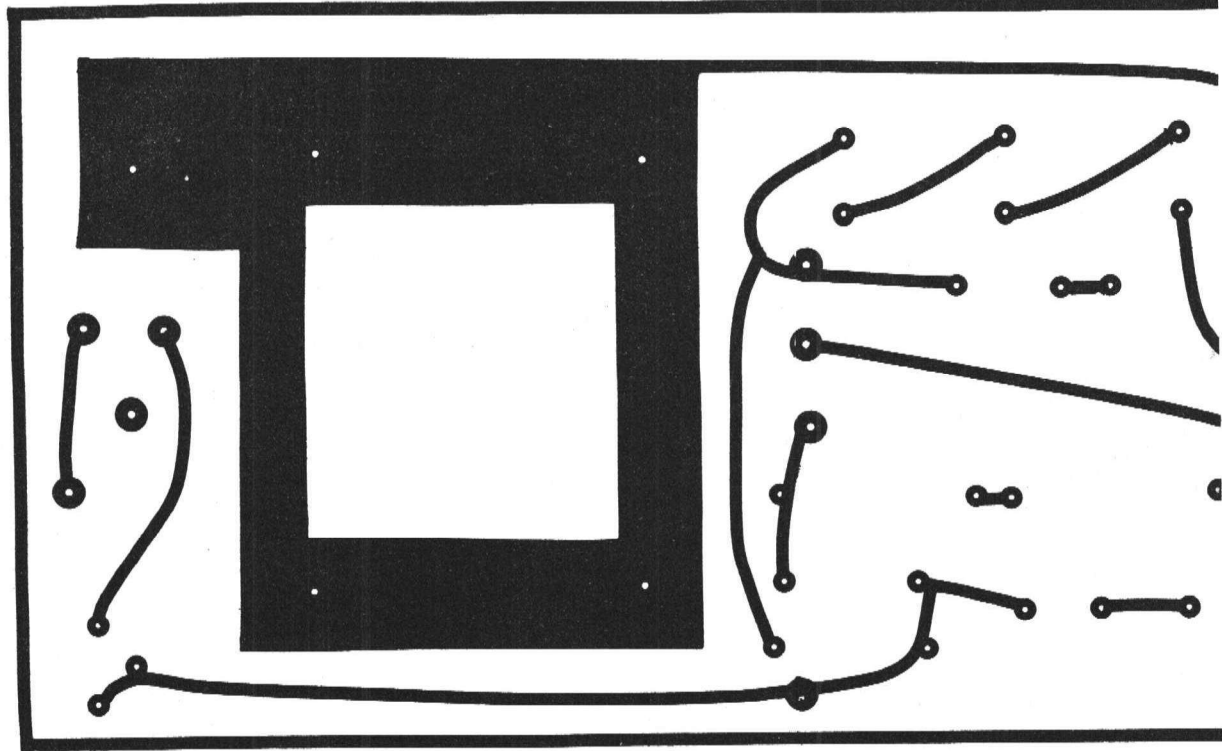
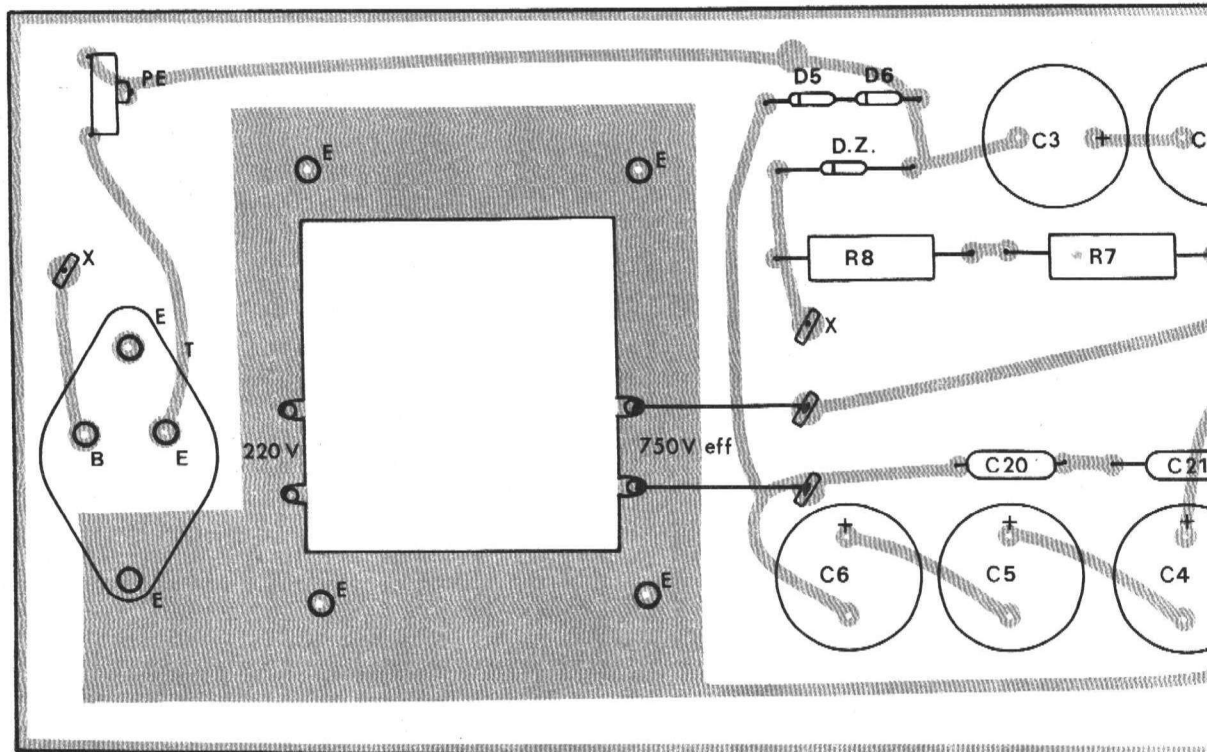
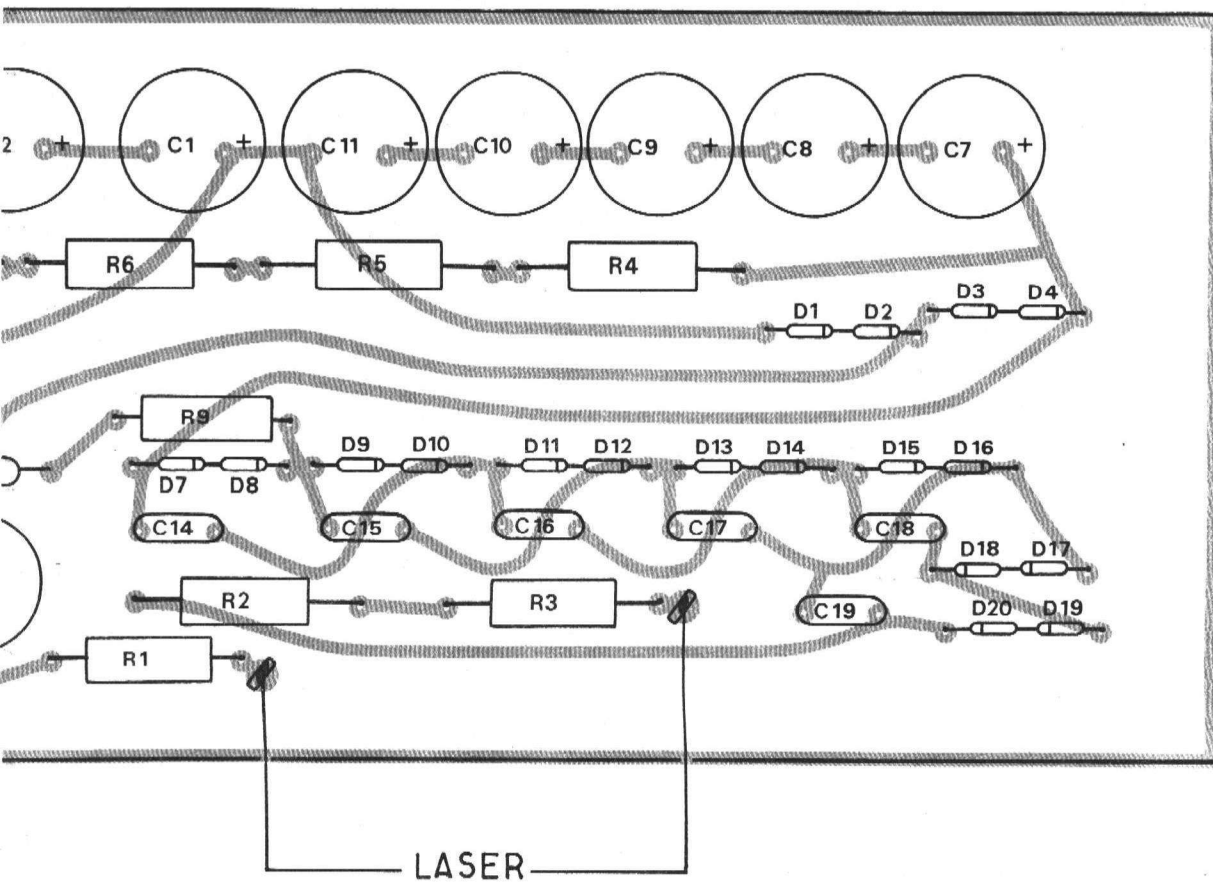
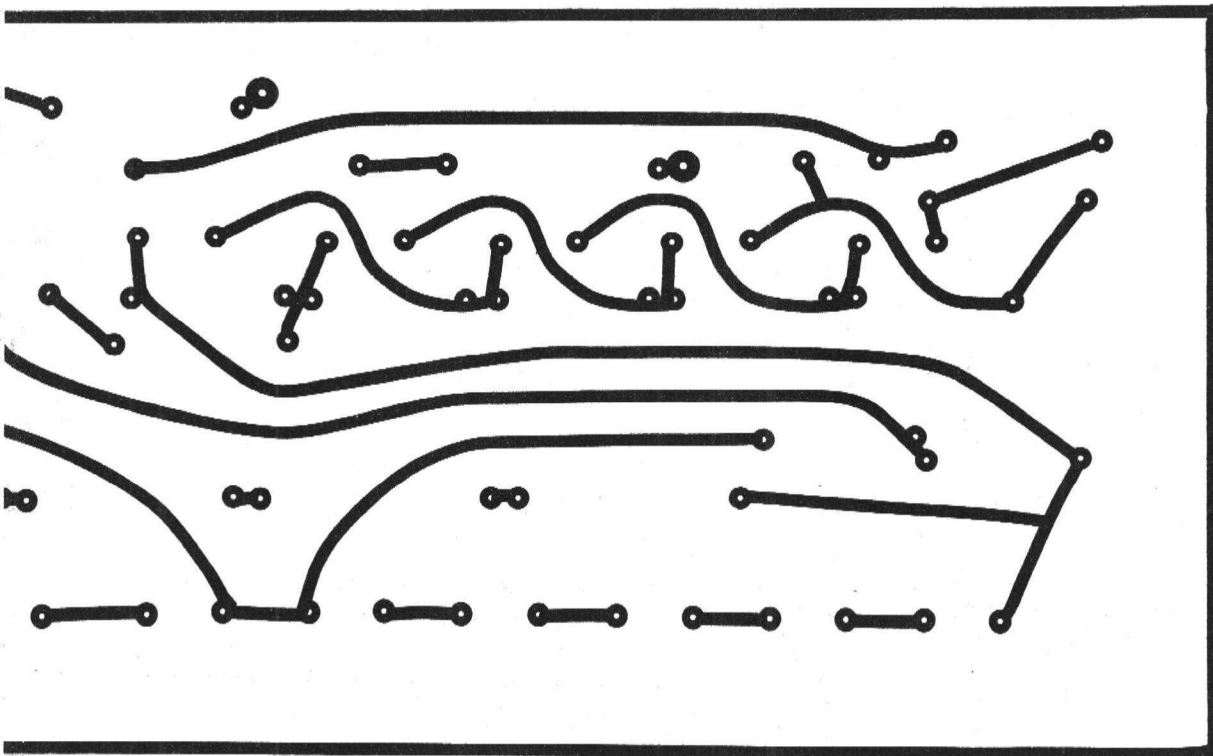


Figure 5



E: Trous $\varnothing 3$
 x: Réunir les 2 points

Figure 6



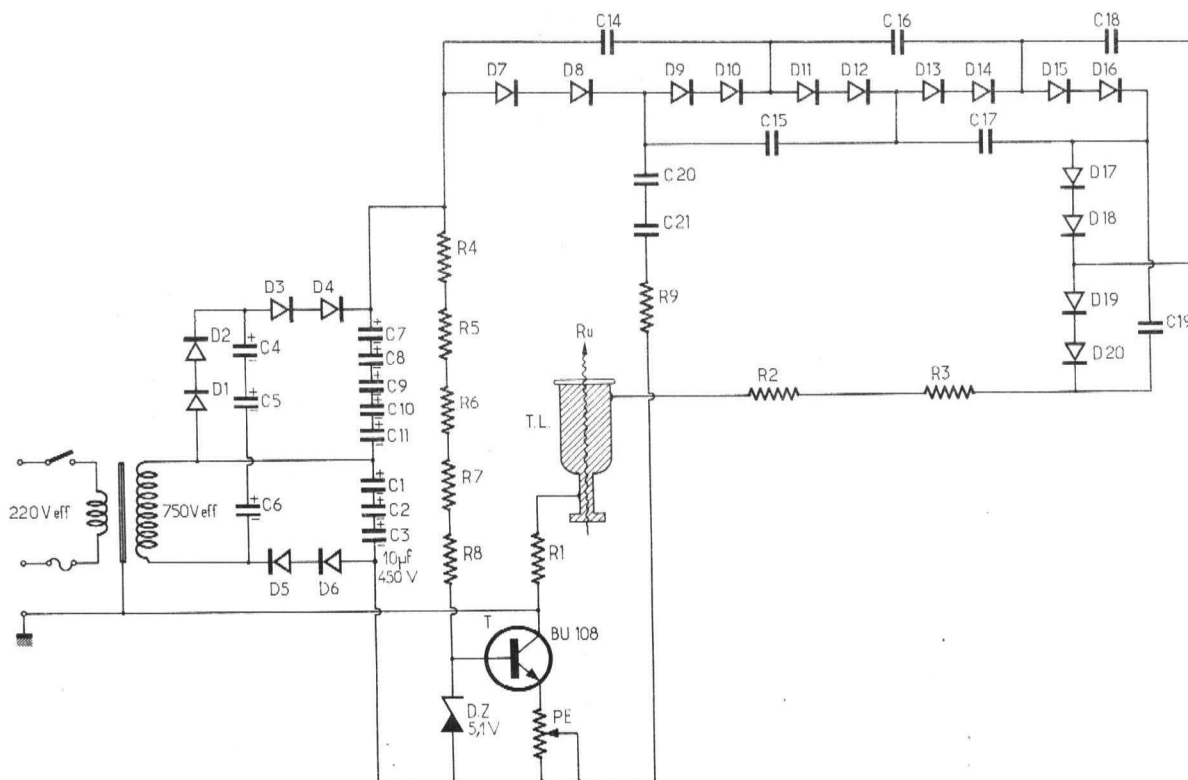


Figure 4. Schéma complet

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 PE 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 « PE » et de recommencer, en cas de non-allumage.

Si le tube s'amorce, inutile de faire croître le courant par PE. 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.

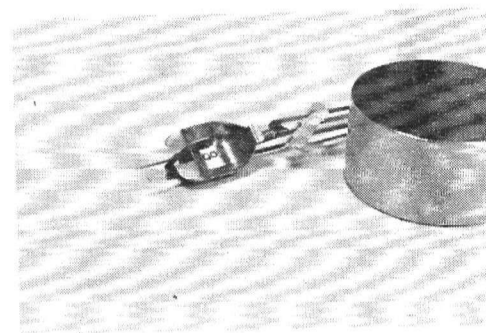
Quelques applications possibles

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
 PE 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 $P_0 = UI$.

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

Connaissant P_0 et P_r , on pourra calculer le rapport,

$$P_0/P_r$$

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_0 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_0 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_0 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 ± 90°. 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. Influent 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.

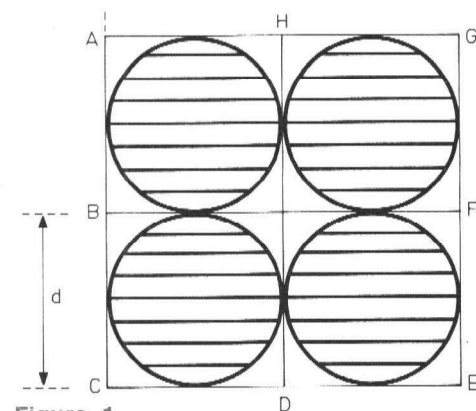


Figure 1

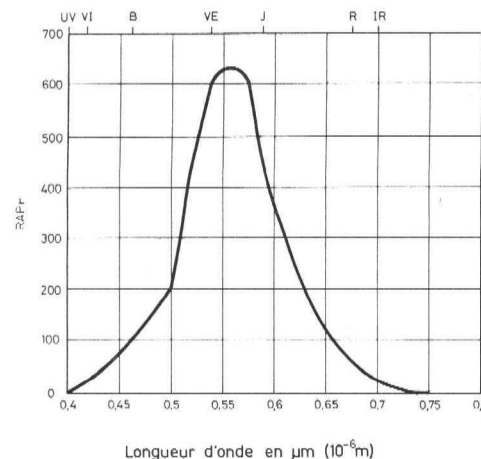


Figure 2

Eclairage et flux lumineux

En technologie, l'éclairage 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'éclairage s'exprime en lux. On a $1 \text{ lux} = 1 \text{ lumen par mètre carré}$.

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'éclairage E , en fonction de la puissance P et de la surface considérée.

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 éclairage solaire AM1 et une cellule de $2,6 \text{ cm}^2$ de surface.

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.

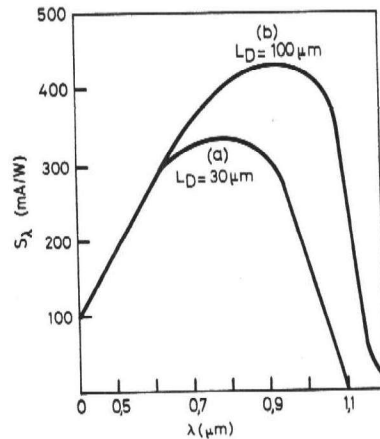


Figure 3

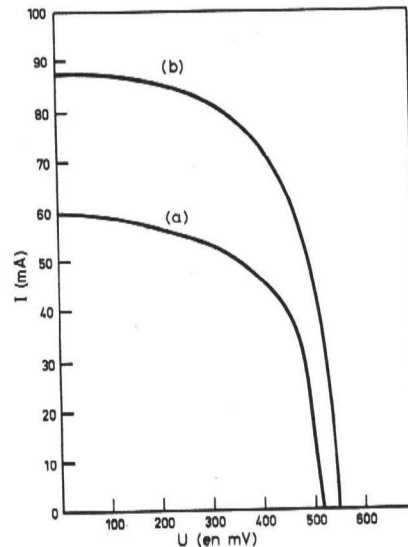


Figure 4

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 :

$$S_a = S \cos \varphi$$

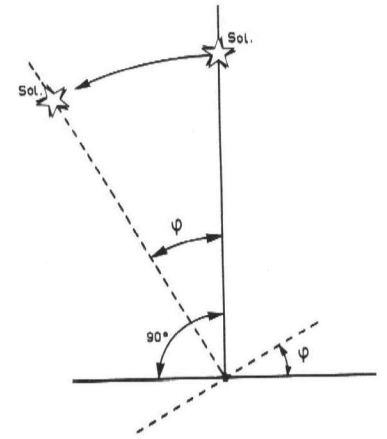


Figure 5

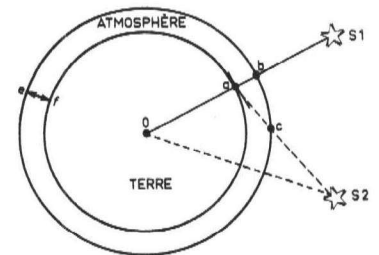


Figure 6

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'éclairage 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'éclairage E , plus grande que celle due uniquement à l'angle φ .

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

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

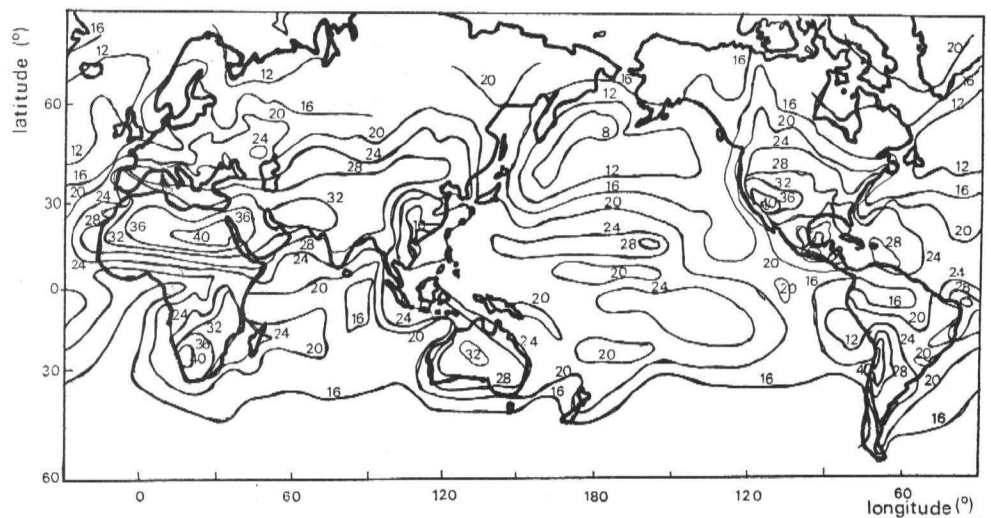
$3,65 \cdot 10^9$ J/m², par an

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

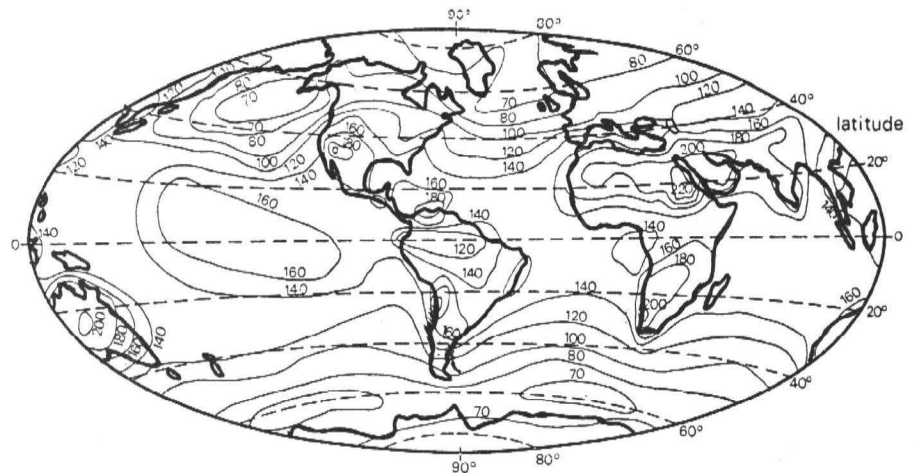


Figure 8

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.

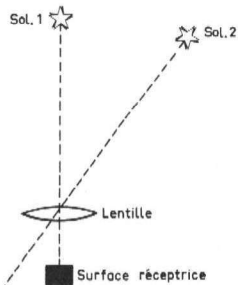


Figure 9

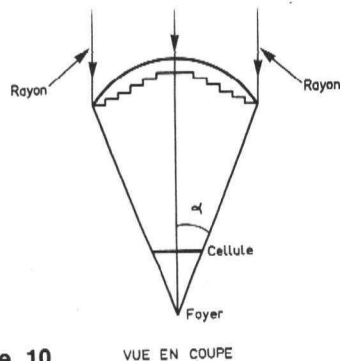


Figure 10

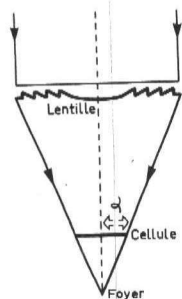


Figure 11

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.

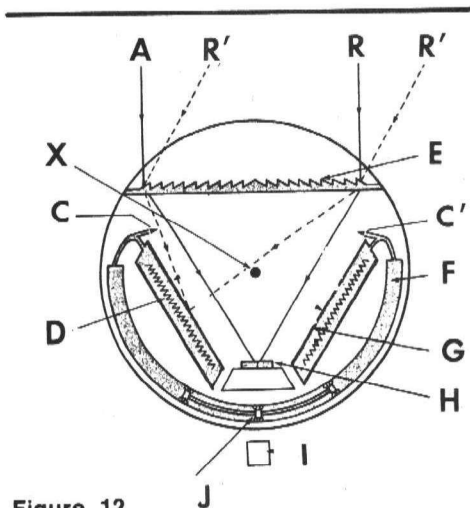


Figure 12

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_P 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

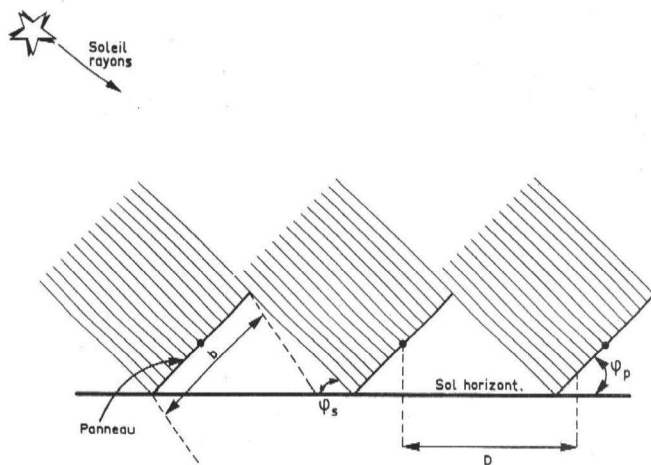


Figure 13

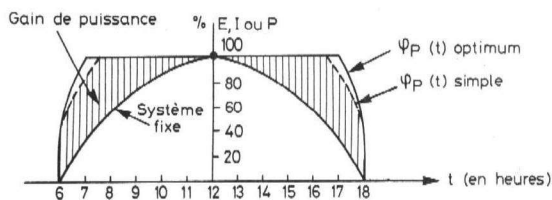


Figure 14

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).

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 RL.

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.

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

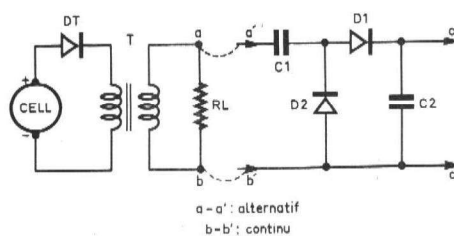


figure 15

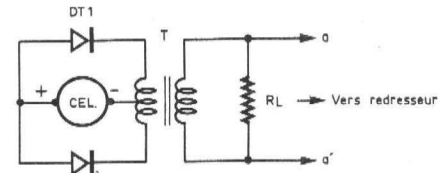


figure 16

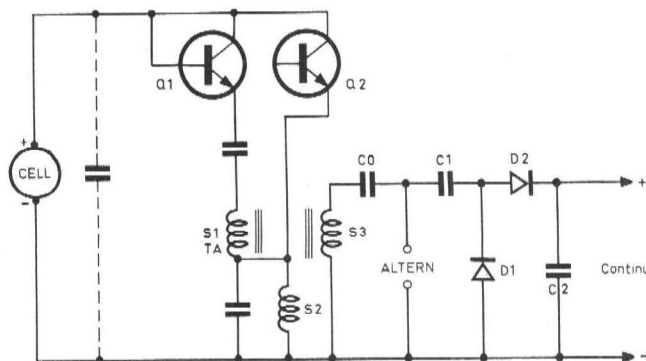


figure 17

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 Kits  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



8 P 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

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

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

— Très importants lots de condos céramique
— 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.