Redaktion: Dr. Peter Erni (HB9BWN), Römerstrasse 34, 5400 Baden
Packet: HB9BWN @ hb9aj Compu Serve: 100602, 1507

Apprivoisez un laser

Dr. Angel Vilaseca (HB9SLV), Chemin de Reposoir 20, 1255 Veyrier

Beaucoup d'amateurs de microondes ont été tentés un jour ou l'autre d'utiliser des ondes de longueur vraiment courte: de la lumière!
Voici une description de ce qu'ils attendaient depuis si longtemps: un émetteur DX LASER.

Lasers à semi-conducteurs
A l'heure actuelle, il est possible de se procurer des lasers à semi-conducteurs à prix favorables. On en trouve par exemple dans les pointeurs pour écran de projection. Ils ne coûtent que quelques dizaines de francs et fonctionnent avec des piles de petit format.
Le principal avantage des lasers à semi-conducteurs est d'être modulables électriquement, en variant leur courant d'alimentation. Je n'ai pas encore essayé, mais avec un circuit modulateur approprié, il devrait être théoriquement possible de transmettre de la phonie et même de la télévision par faisceau optique. Après tout, les transmissions de données par fibre optique utilisent bien des largeurs de bande largement supérieures aux 5,5 MHz d'un signal de télévision. Au chapitre des désavantages, il faut noter que le faisceau d'une diode laser ne se prête pas aussi bien que celui d'un laser à gaz à faire du DX: Les diodes fournissent un faisceau divergent et de section elliptique. Il faut donc les faire suivre d'une optique corrigeant ces deux défauts.

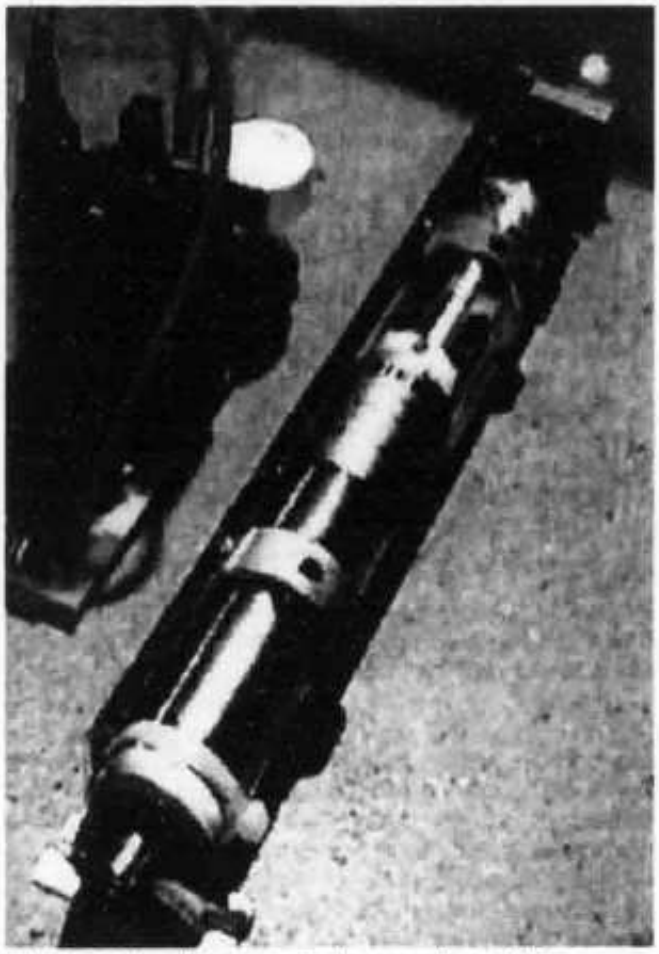

Photo 1: *Le laser muni de son alimentation.*

Lasers à gaz
Dans la réalisation décrite ici, j'ai utilisé un laser Helium-Néon de récupération, fabriqué par Siemens (Photo 1), et de type LGR 7631 A. Merci à mon ami Michel, HB9AFO, le boss très actif du groupe Swiss ATV.
Ce laser produit un faisceau lumineux de couleur rouge, avec une puissance de 5 mW. Même neuf, le prix d'un tel composant ne dépasse pas 500 Francs suisses. Il faudrait compter à peu près autant pour une alimentation. Mais c'est là que le bricoleur se réveille! Réaliser un laser Helium-Néon fiable avec des moyens amateurs est, disons, problématique (mais non impossible!) Par contre, réaliser une alimentation est tout-à-fait envisageable.
Nous allons voir quels sont les besoins d'un tube laser He-Ne standard de 5 mW. Mais d'abord, voyons comment il fonctionne:

L'enseigne au Néon
Imaginons que l'on prenne un tube en verre et qu'on le remplisse avec un gaz (ou un mélange,

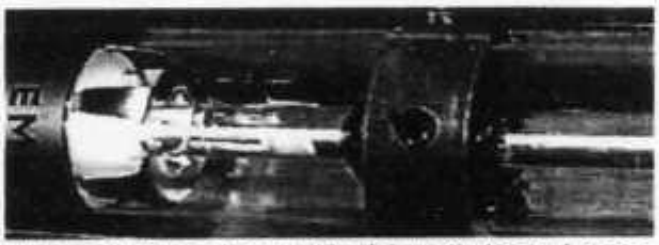

Photo 2: *Gros plan sur l'intérieur du laser: Le gaz, composé d'un mélange d'Hélium dt de Néon, se trouve dans le tube central aux parois épaisses, mais dont le conduit possède un diamètre inférieur à un millimètre. C'est le laser proprement dit. Ce tube est à sont tour contenu dans un tube de protection de 30 mm de diamètre. La longueur hors tout est de 28 centimètres.*

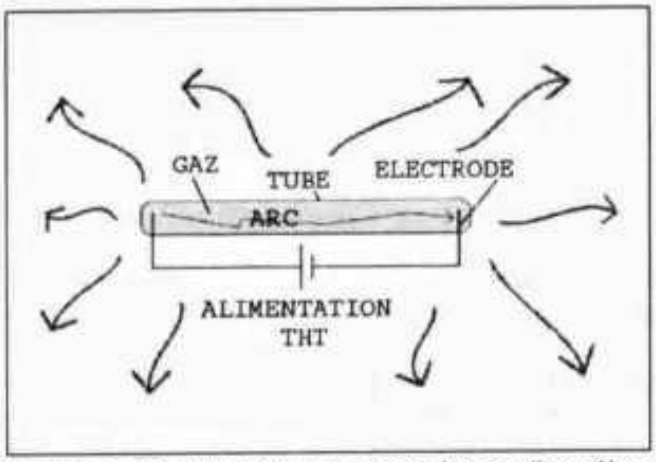

Figure 1: *De la lumière est produite par l'arc électrique qui circule dans le gaz du tube.*

par exemple de l'Hélium avec du Néon) à faible pression puis qu'on le scelle hermétiquement après avoir placé à chaque extrémité, une électrode reliée au monde extérieur (Photo 2).
Si l'on applique entre les électrodes une différence de potentiel de l'ordre de quelques milliers de volts comme indiqué dans la figure 1, le gaz dans le tube va être ionisé et va émettre une lumière. C'est comme cela que fonctionnent les enseignes dites «au Néon» (bien que le gaz qu'elles utilisent ne soit pas forcément du Néon) que l'on peut voir dans les rues, ou encore les lampes fluorescentes. Mais tous ces dispositifs ne sont pas des lasers pour autant. Pour construire un laser, il faut ajouter quelques raffinements à notre dispositif:
Pour faire un laser, il faut principalement que la cavité formée par l'intérieur du tube se comporte comme un résonnateur. Pour cela, on place en plus à chaque extrémité du tube, un miroir comme iniqué sur la figure 2. Attention! pas n'importe quel bout de miroir volé dans le sac à main de l'XYL! Il faut des miroirs à faibles pertes, qui réfléchissent la lumière à pratiquement 100% et ceci avec une absorption proche de zéro. On utilise des miroirs dits «interférentiels», construits spécialement pour la longueur d'onde utilisée par le laser. De plus, il faut absolument que les deux miroirs soient exactement parallèles entre eux et précisément perpendiculaires à l'axe longitudinal du tube. De cette manière, dès qu'un photon va essayer de s'échapper selon cet axe longitudinal, il va se heurter à l'un des miroirs et être réfléchi en sens

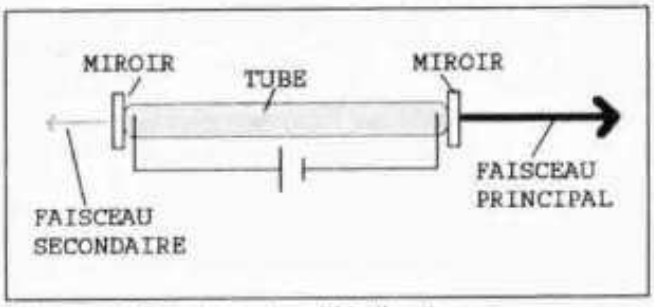

Figure 2: *Schéma simplifié d'un laser.*

inverse. Sur son passage il va rencontrer des atomes de gaz excités (le terme usuel est «pompés») par le champ éléctrique et déclencher l'émission d'autres photons, comme on le voit sur la figure 3. Ces nouveaux photons vont être en phase avec le premier et se déplacer dans la même direction que lui. On dit que l'émission des photons par les molécules de gaz est *stimulée* par le passage d'autres photons.
Ce nouveau groupe de photons va se réfléchir à son tour sur l'autre miroir, repartir en sens inverse, et la réaction en chaîne va se poursuivre. Des photons de plus en plus nombreux, copies conformes du premier photon vont accompagner celui-ci. On peut donc considérer que le photon initial va être *amplifié*. D'où l'acronyme *laser*, qui signifie Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, ou en français: Amplification de la lumière par émission stimulée de radiation.

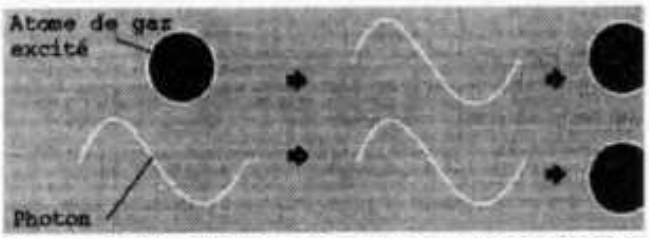

Figure 3: *Un photon rencontre un atome de gaz excité par le champ électrique. Un deuxième photon est émis par l'atome en se désexcitant. Les deux photons en phase s'en vont désexciter deux nouveaux atomes, doublant ainsi de nouveau le nombre de photons.*

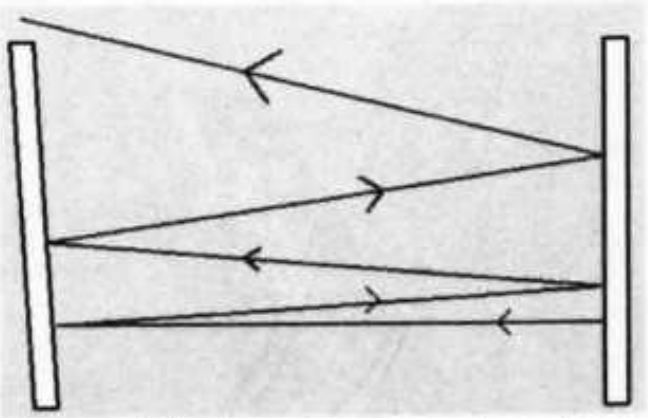

Figure 4: *Si les deux miroirs ne sont pas absolument parallèles, le faisceau laser ne peut pas rester confiné dans le résonnateur.*

On comprend maintenant l'importance d'un alignement optique parfait: si les miroirs ne sont pas parallèles, comme on le voit sur la figure 4, après quelques aller-retour, notre paquet de photons va être dévié hors du tube et la réaction en chaîne va se désamorcer. Notre oscillateur ne pourra pas «accrocher».
Le laser possède une fréquence d'oscillation pro-

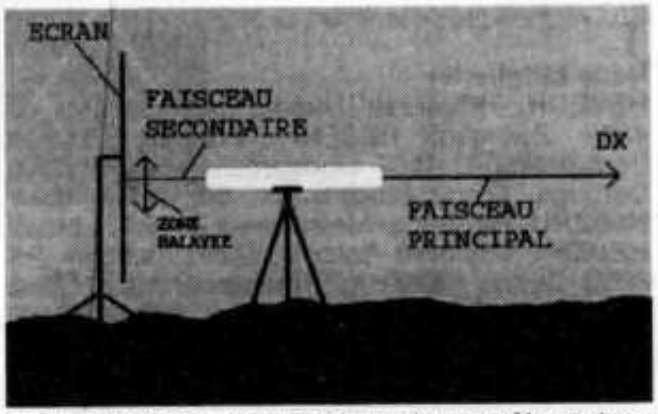

***Figure 5:** Un moyern pratique de contrôler qu'une zone donnée a bien été balayée par le faisceau laser à la recherche d'un correspondant DX.*

pre, c'est-à-dire que la lumière qu'il fournit est absolument monochrome et de plus les photons produits sont tous en phase et vont tous dans la même direction. C'est ce qui donne à la lumière laser toutes ses intéressantes propriétés. C'est une lumière «parfaite». On appelle cela de la lumière cohérente. Il s'agit d'une sinusoïde, ni plus ni moins, même si sa longueur d'onde est d'une fraction de micron Par opposition, la lumière du Soleil ou d'une lampe à incandescence est composée de photons dont la longueur d'onde, la phase et la direction sont aléatoires. C'est du bruit.

Comme on peut le contaster, il y a là une analogie avec un oscillateur électronique. Mais en voici une autre: il faut prélever une partie de l'énergie produite par notre oscillateur laser, mais pas trop, de façon à laisser la réaction en chaîne se poursuivre. Comment faire? Eh bien tout simplement en rendant un des miroirs réfléchissant non pas à 99,9%, mais «seulement» à 99%: de cette façon on prélève une petit partie de sa lumière (0,9%) à une extrémité.

Le rendement est épouvantablement faible, mais on a maintenant un faiscau de lumière disponible pour notre utilisation. Et comme dans la nature, rien n'est parfait, pas même les miroirs interférentiels, le miroir qui réfléchit à 99,9% laisse passer, lui aussi, un faisceau secondaire, dans la direction opposée au faisceau principal. Son intensité est bien évidemment beaucoup plus faible. Mais il peut être utilisé à bon escient comme on peut le voir dans la figure 5: comme on est certain que les deux faisceaux ont exactement la même orientation, on peut s'en servir comme témoin pour viser un certain point ou bien balayer une certaine région avec le faisceau principal.

La caractéristique qui nous intéresse ici avant tout pour faire du DX laser est que le faisceau d'un laser n'est pas divergent comme celui d'une lampe à incandescence. Comme on vient de le voir, tous les photons produits par le laser se propagent exactement dans la même direction. La lumière laser aura beaucoup moins de tendance à se disperser que la lumière d'une lampe ordinaire et on pourra faire en sorte que le correspondant en reçoive un maximum même s'il est très éloigné.

La puissance d'un laser dépend du nombre de photons qu'il peut fournir par seconde, comme dirait Monsieur de la Palisse. Plus le tube du laser sela long et large, plus il va contenir d'atomes de gaz qui pourront participer à la réaction en chaîne. Pour pomper tous ces atomes, il faudra bien sûr davantage de courant.

Finalement, après un début très rapide de la réaction en chaîne (il s'agit d'un phénomène exponentiel, comme dans une explosion!) un équilibre va s'établir entre deux processus stochastiques ayant lieu chacun de son côté: d'un côté le pompage qui excite les atomes de gaz. De l'autre la réaction en chaîne qui les désexcite en produisant de la lumière laser. Et on aura un faisceau d'amplitude constante, en relation directe avec le courant qui circule dans l'arc électrique.

L'alimentation

Alimenter ce laser He-Ne est on ne peut plus simple: il faut lui appliquer environ 1200 Volts (la valeur de la tension n'est pas critique) et le courant consommé est de 5 mA à peu près. Mais il faut tout d'abord amorcer l'arc éléctrique dans le tube, ce qui peut nécessiter jusqu'à 7000 Volts.

En principe, il y a une polarité à respecter. La photo 3 représente la prise d'alimentation du laser, avec sa polarité.

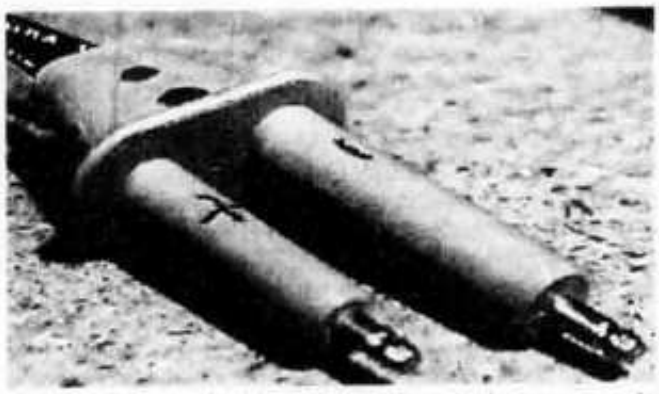

***Photo 3:** La prise d'alimentation du laser, avec la polarità que j'ai ajoutée au crayonfeutre pour éviter toute fausse manoeuvre.*

Continuation à suivre

Malediven

Vom 24. Mai 1997 bis 13. Juni 1997 wird Pierre Pasteur (HB9QQ) wiederum QRV sein und zwar von der Insel Gan aus, zirka 3° südlich des Äquators. Das Rufzeichen wird 8Q7QQ sein und er ist auf allen Bändern zwischen 3,5 und 50 MHz anzutreffen, vorwiegend in CW.

Gerätschaften: IC-706 und diverse Delta-Loop Antennen, Dipole, 5/8 vertikal, etc.

HB9CUQ