

# Les antennes

*Traduction de :*

## **The W1GHZ Online Microwave Antenna Book**

Paul Wade W1GHZ (ex-N1BWT)

1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003

Avertissement :

Je ne suis pas traducteur professionnel, je ne suis pas professeur d'anglais, j'enseigne l'électrotechnique en lycée technologique et professionnel, pratique l'électronique régulièrement.

Si des erreurs de sens ou de traduction paraissent vous sauter aux yeux, n'hésitez pas à m'en faire part, je ferai la correction avec un délai le plus court possible.

L.T.

# Chapitre 1

## Antennes, éléments fondamentaux

Paul Wade W1GHZ (ex-N1BWT)  
1994, 1997, 1998

## Introduction

Antenna gain is essential for microwave communication — since it helps both transmitting and receiving, it is doubly valuable. Practical microwave antennas provide high gain within the range of amateur fabrication skills and budgets.

Three types of microwave antennas meet these criteria: horns, lenses, and dishes. Horns are simple, foolproof, and easy to build; a 10 GHz horn with 17 dB of gain fits in the palm of a hand. Metal-plate lenses are easy to build, light in weight, and non-critical to adjust. Finally, dishes can provide extremely high gain; a 2-foot dish at 10 GHz has more than 30 dB of gain, and much larger dishes are available.

These high gains are only achievable if the antennas are properly implemented. I will try to explain the fundamentals using pictures and graphics as an aid to understanding. In addition, a computer program, HDL\_ANT, is available for the difficult calculations and details. Finally, I will discuss microwave antenna measurement, so that antenna performance may be verified.

## ANTENNA BASICS

Before we talk about specific microwave antennas, there are a few common terms that must be defined and explained:

### Aperture

The aperture of an antenna is the area that captures energy from a passing radio wave. For a dish antenna, it is not surprising that the aperture is the size of the reflector, and for a horn, the aperture is the area of the mouth of the horn. Wire antennas are not so simple — a thin dipole has almost no area, but its aperture is roughly an ellipse with an area of about  $0.13 \lambda^2$ , and Yagi-Uda antennas have even larger apertures.

## Introduction

*Le gain des antennes est essentiel dans le domaine des communications micro-ondes, et comme le gain aide à la transmission et à la réception, cette remarque est doublement valable. En pratique, les antennes micro-ondes fournissent un grand gain même avec un budget et un matériel d'amateur.*

*Trois types d'antennes micro-ondes rejoignent ce type de critère :*

*Les cornets.*

*Les lentilles.*

*Les paraboles.*

*Les cornets sont simples, fonctionnels et faciles à construire. A 10 GHz, un cornet ayant 17 dB de gain tient dans la paume de la main.*

*Les lentilles en feuilles métalliques sont simples à construire, légères et ne sont pas critiques à mettre au point.*

*Les paraboles peuvent fournir un gain extrêmement grand : une parabole de 60 cm de diamètre permet un gain supérieur à 30 dB, à une fréquence de 10 GHz, de plus grands diamètres sont utilisables.*

*Ces grands gains ne peuvent être atteints que si les antennes sont correctement mises en oeuvre. Je vais tenter d'en expliquer les points fondamentaux en utilisant des images et des graphiques comme une aide à la compréhension. En plus, un programme (HDL\_ANT) est disponible pour les calculs compliqués et les détails. Finalement, je parlerai des mesures sur les antennes micro-ondes, ainsi les performances pourront être vérifiées.*

## Base des antennes

*Avant de parler spécifiquement des antennes micro-ondes, il y a quelques termes communs qui doivent être expliqués :*

### Ouverture

*L'ouverture d'une antenne est l'aire qui capture l'énergie venant d'une onde radio. Pour une parabole, il n'est pas surprenant que l'ouverture corresponde à la taille du réflecteur et que pour un cornet il s'agit de la taille de l'ouverture du cornet.*

*Pour les antennes filaires, ce n'est pas aussi simple (un dipôle n'a pas de surface), son ouverture étant une ellipse d'aire  $\sim 0,13 \lambda^2$ . Les antennes Yagi-Uda ont une ouverture plus grande.*

## Gain

The hypothetical isotropic antenna is a point source that radiates equally in all directions. Any real antenna will radiate more energy in some directions than in others. Since it cannot create energy, the total power radiated is the same as an isotropic antenna driven from the same transmitter; in some directions it radiates more energy than an isotropic antenna, so in others it must radiate less energy. The gain of an antenna in a given direction is the amount of energy radiated in that direction compared to the energy an isotropic antenna would radiate in the same direction when driven with the same input power. Usually we are only interested in the maximum gain — the direction in which the antenna is radiating most of the power.

An antenna with a large aperture has more gain than a smaller one; just as it captures more energy from a passing radio wave, it also radiates more energy in that direction. Gain may be calculated as

$$G_{\text{dBi}} = 10 \text{ Log}_{10} \eta \frac{4 \pi A}{\lambda^2}$$

with reference to an isotropic radiator;  $\eta$  is the efficiency of the antenna.

## Efficiency

Consider a dish antenna pointed at an isotropic antenna transmitting some distance away. We know that the isotropic antenna radiates uniformly in all directions, so it is a simple (!) matter of spherical geometry to calculate how much of that power should be arriving at the dish over its whole aperture. Now we measure how much power is being received from the dish (at the electrical connection to the feed) — never greater than is arriving at the aperture. The ratio of power received to power arriving is the aperture efficiency.

## Gain

*Une antenne isotropique est une antenne imaginaire qui rayonne de façon identique dans toutes les directions. Une antenne réelle rayonne plus d'énergie dans une direction que dans une autre. Comme une antenne ne peut créer d'énergie, la puissance totale émise par une antenne réelle est la même que celle venant d'une antenne isotropique alimentée par le même émetteur. Dans certaines directions, l'antenne réelle émet plus d'énergie qu'une antenne isotropique et donc rayonne moins d'énergie dans les autres directions.*

*Le gain d'une antenne dans une direction est le surplus d'énergie émise dans cette direction (comparée à l'antenne isotropique alimentée par le même dispositif). D'habitude, nous ne sommes intéressés que par les gains maximums et la direction vers laquelle l'antenne rayonne ce maximum de puissance.*

*Une antenne ayant une grande ouverture a plus de gain qu'une antenne ayant une plus petite ouverture. De la même façon, comme elle capture plus d'énergie des ondes radio, elle émet aussi plus d'énergie dans cette direction (égalité de comportement en émission et réception).*

*Le gain peut être calculé ainsi (la référence étant l'antenne isotropique) :*

$$G_{\text{dBi}} = 10 \text{ Log}_{10} \eta \frac{4 \pi A}{\lambda^2}$$

*A : aire de l'antenne [m<sup>2</sup>]*

*$\lambda$  : longueur d'onde [m]*

*$\eta$  : efficacité de l'antenne*

*Log<sub>10</sub> : Log de base 10*

## Efficacité

*Considérons une parabole pointée sur une antenne isotropique transmettant à quelque distance de celle-ci. Nous savons qu'une telle antenne isotropique rayonne uniformément dans toutes les directions, ainsi, calculer combien de la puissance de cette antenne parvient à la parabole au travers de son ouverture totale n'est qu'un simple calcul de géométrie sphérique. Maintenant nous mesurons combien de puissance est reçue (venant de la parabole) à la connection électrique de l'alimentation : Jamais plus que ce qu'il en arrive sur l'ouverture de la parabole. Le rapport entre la puissance reçue sur l'illuminateur et la puissance arrivant à l'ouverture est appelé l'efficacité de l'ouverture.*

How much efficiency should we expect? For dishes, all the books say that 55% is reasonable, and 70 to 80% is possible with very good feeds. Several ham articles have calculated gain based on 65% efficiency, but I haven't found measured data to support any of these numbers. On the other hand, KI4VE suggests that the amateur is lucky to achieve 45-50% efficiency with a small dish and a typical "coffee-can" feed.

For horns and lenses, 50% efficiency is also cited as typical. Thus we should expect the same gain from any of these antennas if the aperture area is the same.

## Reciprocity

If we transmit alternately with a smaller and a larger dish, is there any reason that the relative power received at a distant antenna would be any different than the relative power received by the two dishes? No, but a mathematical proof is surprisingly difficult. Transmitting and receiving gains and antenna patterns are identical.

However, the relative noise received by different types of antennas may differ, even with identical antenna gains. Thus, the received signal-to-noise ratio may be better with one type of antenna compared to another.

## Directivity and Beamwidth

Suppose an antenna has 20 dB of gain in some direction. That means it is radiating 100 times as much power in that direction compared to radiation from an isotropic source, which is uniformly distributed over the surface of an arbitrarily large sphere which encloses it. If all the energy from the 20 dB gain antenna were beamed from the center of that same sphere, then it would pass through an area 100 times smaller than the total surface of the sphere. Since there are 41,253 solid degrees in a sphere, the radiation must be concentrated in 1/100th of that, or roughly 20 degrees beamwidth. The larger the gain, the smaller the beamwidth.

The directivity of an antenna is the maximum gain of the antenna compared with its gain averaged in all directions. It is calculated by calculating the gain, using the previous formula, with 100% efficiency.

## Sidelobes

No antenna is able to radiate all the energy in one preferred direction. Some is inevitably radiated in other directions. Often there are small peaks and valleys in the radiated energy as we look in different directions (Figure 1-1). The peaks are referred to as sidelobes, commonly specified in dB down from the main lobe, or preferred direction.

*Quelle efficacité pouvons nous espérer ? Tous les textes parlent de 55 %, ce qui est raisonnable et 70% à 80% est possible pour de très bon illuminateurs. Plusieurs radio-amateurs ont calculé le gain en se basant sur 65% d'efficacité, mais je n'ai pu trouver de données permettant de prouver ce chiffre. D'un autre côté, KI4VE considère qu'un amateur est chanceux quand il atteint 45-50% d'efficacité, avec une petite parabole et illuminateur de type « boîte de café »*

*Pour les cornets et les lentilles, 50% d'efficacité est citée comme typique. Donc, nous pouvons espérer le même gain pour chacune de ces antennes si la surface est la même.*

## Réciprocité

*Si vous transmettez alternativement avec une petite parabole et une grande parabole, y-a-t-il une raison pour que la puissance relative reçue par une antenne distante soit différente de la puissance relative reçue par les 2 paraboles ? Non, mais la preuve mathématique est curieusement difficile à faire. Le gain en transmission et en réception et le diagramme des antennes sont les mêmes.*

*Par contre, le bruit relatif reçu par différents types d'antennes peut être différent. Donc, le rapport signal sur bruit peut être meilleur avec un type d'antenne qu'avec un autre.*

## Directivité et largeur de lobe

*Supposons qu'une antenne donne 20 dB de gain dans une direction. Cela signifie qu'elle émet 100 fois plus de puissance dans cette direction par rapport à une antenne isotropique (la source isotropique émet une puissance uniformément répartie sur la grande sphère arbitraire qui l'englobe). Si toute l'énergie venant de l'antenne ayant un gain de 20 dB était distribuée à partir du centre de la même sphère, alors cette énergie passerait à travers une surface 100 fois plus petite que la surface totale de la sphère. Comme il y a 42,253 degrés d'angle solide dans une sphère, le rayonnement devra être concentré dans 1/100<sup>ème</sup> de cela, soit approximativement un lobe de 20°. Plus le gain est grand, plus le lobe est petit.*

*La directivité d'une antenne correspond au maximum de gain de l'antenne comparé au gain moyen de l'antenne dans toutes les directions.*

## Lobes latéraux

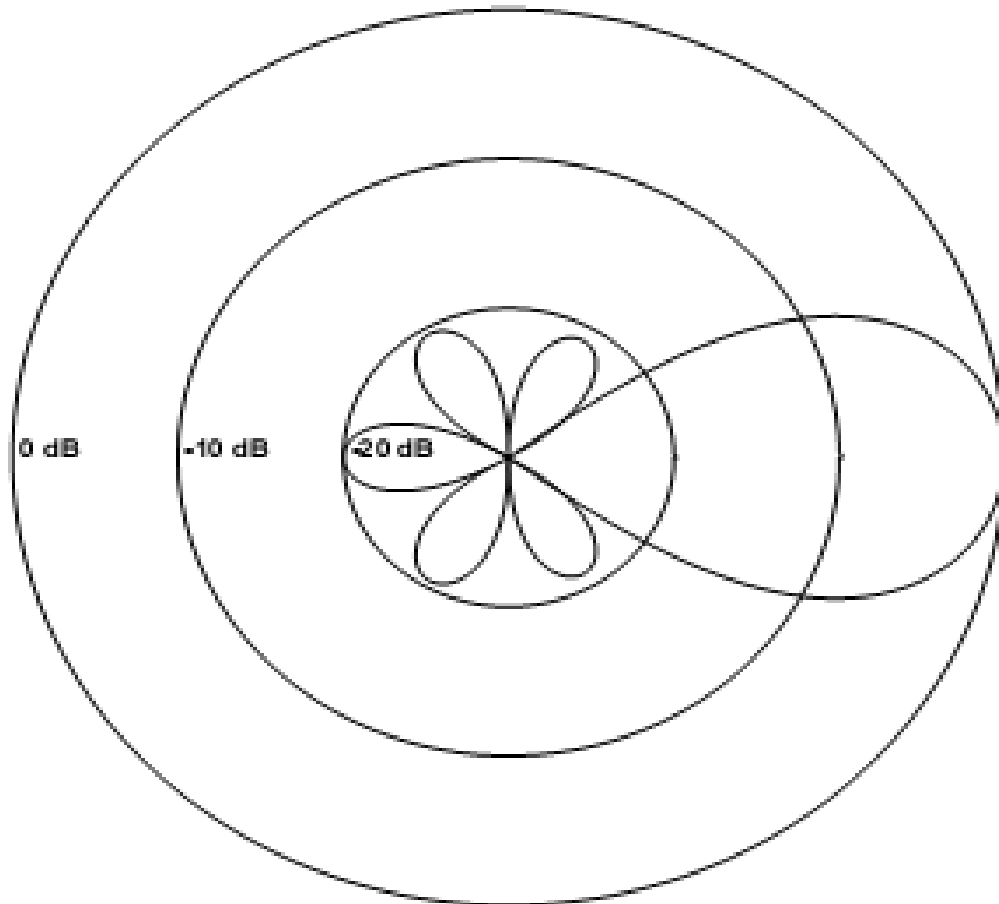
*Aucune antenne n'est capable de rayonner toute son énergie dans une direction unique. Un peu de rayonnement est inévitablement dispersé dans d'autres directions. Souvent, il y a quelques crêtes et creux dans l'énergie rayonnée comme nous le voyons dans la **figure 1-1**.*

The peaks are referred to as sidelobes, commonly specified in dB down from the main lobe, or preferred direction.

Are sidelobes important? Let's suppose that we could make an antenna with a 1 degree beamwidth, and in all other directions the average radiation was 40 dB down from the main lobe. This seems like a pretty good antenna! Yet when we do the calculation, only 19.5% of the energy is in the main lobe, with the rest in the other 41252 / 41253 of a sphere. Obviously the maximum efficiency this antenna can have is 19.5%.

*Les crêtes sont identifiées aux lobes latéraux, habituellement précisés en dB (négatifs) par rapport au lobe principal, ou par rapport à la direction principale.*

*Les lobes latéraux sont-ils importants ? Supposons que nous puissions faire une antenne ayant 1° de largeur de lobe. Cela semble une très bonne antenne ! Cependant, quand nous faisons les calculs, seulement 19,5% de l'énergie se trouve dans le lobe principal, le reste étant situé dans l'autre 41252 / 41253 de la sphère. Évidemment, l'efficacité maximum que peut avoir cette antenne est de 19,5%.*



**Typical Antenna Pattern with Sidelobes**

**Figure 1-1**

## E-plane and H-plane

An antenna is a transducer which converts voltage and current on a transmission line into an electromagnetic field in space, consisting of an electric field and a magnetic field travelling at right angles to each other. An ordinary dipole creates electric field, creating a pattern with larger amplitude in planes which include the dipole. The electric field travels in the E-plane; the H-plane, perpendicular to it, is the field in which the magnetic field travels. When we refer to polarization of an antenna, we are referring to the E-plane. However, for three-dimensional antennas like horns, dishes, and lenses, it is important to consider both the E-plane and the H-plane, in order to fully utilize the antenna and achieve maximum gain.

## Phase Center

The antenna pattern in Figure 1-1, and most other illustrations of antenna patterns, shows only amplitude, or average power. This is all we need to consider for most applications, but for antennas which are like optical systems, like lenses and dishes, we must also be concerned with phase, the variation in the signal as a function of time. RF and microwave signals are AC, alternating current, with voltage and current that vary sinusoidally (like waves) with time. Figure 1-2a shows several sine waves, all at the same frequency, the rate at which they vary with time.

Let's think about a simple example: a child's swing. We've all both ridden and pushed one at some time. If we push the swing just as it starts to move away from us, it swings higher each time. If we add a second pusher at the other end, it will increase faster. Now if we tie a rope to the swing seat and each pusher takes an end, we can try to add energy to the swing throughout its cycle. This will work as long as we keep the pulling synchronized with the motion of the swing, but if we get *out of phase*, we will drag it down rather than sending it higher.

The motion of a swing is periodic, and the height of the swing varies with time in a pattern similar to a sine wave of voltage or current. Look at a sine wave in Figure 1-2a, considering the highest point of the waveform the height the swing travels forward, and the lowest point as the height the swing travels backward, both repeating with time.

## Plan électrique et plan magnétique

*Une antenne est un transformateur qui converti le voltage et le courant d'une ligne de transmission en un champ électromagnétique dans l'espace, champ électromagnétique composé d'un champ électrique et d'un champ magnétique positionnés à angle droit l'un par rapport à l'autre. Un dipôle ordinaire crée un champ électrique, qui crée un diagramme ayant une plus grande amplitude dans le plan incluant le dipôle. Le champ électrique est situé dans le plan-E et le plan-H (magnétique), perpendiculaire au plan-E, est le plan où le champ magnétique se situe. Quand on parle de polarisation d'une antenne, on se réfère au plan-E. (plus précisément du plan dans lequel varie l'intensité du signal ntd). Cependant, pour les antennes tri-dimensionnelles telles que les cornets, les paraboles et les lentilles, il est important de considérer le champ-E et le champ-H ensemble, de façon à utiliser à plein l'antenne et à obtenir le maximum de gain.*

## Le centre de phase

*Le diagramme de l'antenne de la figure 1-1 et bien d'autres illustrations de diagrammes d'antennes montrent seulement l'amplitude ou la puissance moyenne. Il s'agit là de tout ce dont nous avons besoin pour beaucoup d'applications, mais pour les antennes qui fonctionnent en mode quasi-optique, comme les lentilles et les paraboles, nous avons aussi besoin de données comme la phase, comme la variation du signal en fonction du temps. Les radio-fréquences et les micro-ondes sont des signaux alternatifs, avec la tension et le courant qui varient sinusoidalement (comme des ondes), en fonction du temps. La figure 1-2 montre plusieurs ondes sinusoidales, toutes à la même fréquence, avec un taux variation dépendant du temps.*

*Réfléchissons sur un exemple simple :Un enfant se balance. Si nous poussons la balance juste comme elle commence à se déplacer au delà de nous, elle se balance de plus en plus fort. Si nous ajoutons une seconde personne de l'autre coté, le balancement sera de plus en plus fort. Maintenant, si nous attachons une corde à la balance, chaque pousseur en ayant une extrémité, nous pouvons essayer d'ajouter de l'énergie à la balance tout au long du cycle. Cela fonctionnera tant que l'on poussera de façon synchrone avec le mouvement de la balançoire, mais si nous le faisons de façon déphasée, nous ralentirons le mouvement d'autant plus que la balançoire est haute.*

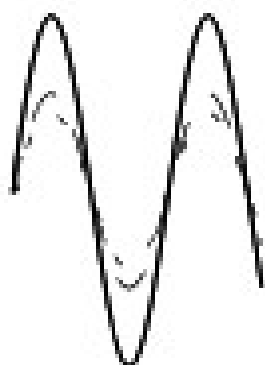
*Le mouvement de la balance est périodique, et la hauteur du balancement varie avec le temps avec un comportement similaire à une onde sinusoidale de tension ou de courant. Regardons la sinusoidale de la figure 1-2a, le point haut de l'onde correspond au point maximum du balancement avant et le point bas au maximum du balancement arrière, ces deux point se répétant dans le temps.*

If there are two swings side-by-side and both swings arrive at their peak at the same time, they are in phase, as in Figure 1-2a.

When two electromagnetic waves arrive at a point in space and impinge on an antenna, their relative phase is combined to create a voltage. If they have the same phase, their voltages add together; in Figure 1-2a, the two dashed waveforms are in phase and add together to form the solid waveform. On the other hand, when signals are exactly out of phase, the addition of positive voltage to negative voltage leaves only the difference, as shown in Figure 1-2b. If the phase difference between the two signals is partially out of phase, then the resultant waveform is found by adding the voltage of each at each point in time; one example is shown in Figure 1-2c. Notice that the amplitude of the resultant waveform is dependent on the phase difference between the two signals.

*Si il y a deux balancements côte à côte et que les deux balancements ont leur pic en même temps, les balancements sont en phase, comme dans la figure 1-2a.*

*Quand deux ondes électromagnétiques arrivent sur un point de l'espace et sont captées par une antenne, leurs phases relatives se combine pour créer une tension. Si elles ont la même phase, leurs voltages s'additionnent; sur la figure 1-2a, les deux ondes en pointillé sont en phase et s'additionnent pour former l'onde en trait continu. D'un autre côté, quand les signaux sont exactement en opposition de phase, de l'addition d'une voltage positif avec un voltage négatif, il ne reste que la différence d'amplitudes, comme montré sur la figure 1-2b. Si la différence de phase entre les deux signaux est partiellement déphasée, alors l'onde résultante est trouvée en additionnant la tension point à point dans le temps; un exemple est donné avec la figure 1-2c. Notons que l'amplitude de l'onde résultante est dépendante de la différence de phase entre les deux signaux.*



(a) In phase - addition

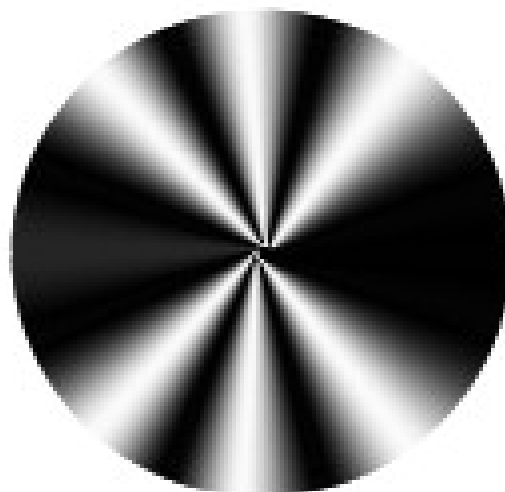


(b) Out of phase - cancellation



(c) 120 degree phase difference

(d) Point source - single phase center



(e) Two sources - interference pattern

Figure 1-2. Phase and Phase Center  
ANSI#7 1224



If our signal source is a point source, then all waves are coming from that one point in space. Each wave has a wavefront, like a wave arriving on a beach. The wavefront from the perfect point source has a spherical shape. Consider its amplitude. First, we place an antenna and power meter at some distance from the source and take a reading, then when we move the antenna around to other places that create exactly the same power reading, we will draw a sphere around the source. Thus, the amplitude has a uniform distribution like Figure 1-2d; dark areas have higher amplitude than lighter areas, and the amplitude decreases as we move away from the source according to the inverse square law described below (the shading is shown in steps for emphasis, but is really a continuous smooth function).

The phase of this wavefront as it propagates in space appears to also have a spherical shape. If frozen in time, one sphere would represent a positive peak of a sine wave. One half wavelength inside would be another sphere representing a negative peak of the sine wave, and another half wave inside again is a positive peak. The phase center of an antenna is the apparent place from which the signal emanates based on the center of a sphere of constant phase.

However, no real antenna is small enough to be a point source, so the radiation must appear to emanate from a larger area. If we consider a simple case, where the radiation appears to come from two points, then two signals will arrive at each point in space. A point in space is typically farther from one radiating point than from the other, and since the time it takes for each signal to arrive depends on the distance to each of the radiating points, there will be a phase difference between the two signals. This phase difference will be different at each point in space, depending on the relative distances, and the amplitude of the resultant signal at each point depends on the phase difference. An example of a pattern created by two radiating sources is shown in Figure 1-2e, where the dark areas have the greatest amplitude due to the two signals arriving in phase and the light areas are areas where phase cancellation, like Figure 1-2b, has reduced the amplitude.

A well designed feed for a dish or lens has a single phase center, so the radiation appears to emanate from a single point source. This must be so, for at least the main beam, the part of the pattern that illuminates the dish or lens. Away from this main beam, the phase center may move around and appear as multiple points, due to stray reflections and surface currents affecting the radiation pattern. However, since these other directions do not illuminate the dish or lens, they can be ignored.

*Si notre source de signal est une source ponctuelle, toutes les ondes arrivent de ce point de l'espace. Chaque onde a un front, comme une vague arrivant sur une plage. Le front d'onde venant d'une source ponctuelle a une forme sphérique. Considérons son amplitude. Premièrement, on place une antenne et un wattmètre à quelque distance de la source et nous faisons un relevé, et ensuite nous déplaçons l'antenne afin de créer exactement la même lecture, nous pourrions dessiner une sphère autour de la source. Donc, l'amplitude a une distribution uniforme, comme sur la figure 1-2d; les zones sombres ont une amplitude plus fortes que les zones claires, et l'amplitude décroît au fur et à mesure que l'on s'écarte de la source, en suivant une loi correspondant à l'inverse du carré qui sera décrite plus loin (le dégradé montré est fait par degré mais en fait, il s'agit d'une fonction continue)*

*La phase de ce front d'onde, dans sa façon de se propager dans l'espace, semble avoir aussi une forme sphérique. Si nous arrêtons le temps, une sphère représente la crête d'une onde sphérique. Une demi-onde intérieure peut représenter une crête négative de l'onde sinusoïdale, et une autre demi-onde intérieure étant une crête positive. Le centre de phase d'une antenne est le lieu apparent d'où le signal est émis, en se basant sur le centre de la sphère de phase constante.*

*Cependant, aucune antenne réelle n'est suffisamment petite pour être une source ponctuelle, et donc le rayonnement apparaît venir d'une grande surface. Si nous considérons un cas simple où un rayonnement apparaît venir de deux points distincts, alors les deux signaux arrivent en chaque point de l'espace. Quand un point de l'espace est plus loin que l'autre, et comme le temps mis par chaque pour arriver dépend de la distance séparant les points de rayonnement, il y aura une différence de phase entre les deux signaux. Cette différence de phase sera différente pour chaque point de l'espace, ceci dépendant de la distance relative, et l'amplitude résultante en chaque point dépend de la différence de phase. Un exemple de diagramme créé par 2 sources de rayonnement est montré dans la figure 1-2e, où l'aire sombre a une amplitude plus grande, ceci étant du aux deux signaux arrivant en phase, les aires claires correspondant à l'annulation de phase, comme sur la figure 1-2b, ce qui réduit l'amplitude.*

*Un illuminateur de parabole ou de lentille correctement dessiné a un centre de phase unique, et donc le rayonnement apparaît venir d'une unique source ponctuelle. La partie du diagramme qui illumine la parabole ou la lentille doit répondre à ce critère, pour au moins le lobe principal. Autour du lobe principal, le centre de phase se déplace et apparaît comme une multitude de points, ceci étant du à des réflexions parasites et aux défauts de surface affectant le diagramme de rayonnement. Pourtant, comme ces rayonnements n'illuminent pas la parabole ou la lentille, ils peuvent être ignorés.*

## Inverse Square Law

As two antennas are moved farther apart, received power decreases in proportion to the square of the distance between them; when the distance is doubled, only 1/4 as much power is received, a reduction of 6 dB. This is because the area illuminated by a given beamwidth angle increases as the square of the distance from the source, so the power per unit area must decrease by the same ratio, the square of the distance. Since the area of the receiving antenna has not changed, the received power must decrease proportionally. The phase center pattern in Figure 1-2e does not include the effect of inverse square law in the pattern, in order to emphasize the phase cancellation. The effect of including inverse square law would be to lighten the pattern as distance from the phase center increased.

## Path Loss

We can estimate the path loss between two antennas, a transmitting antenna (gain = **GT**) and a receiving antenna (gain = **GR**), using a convenient form of the Friis transmission loss equation :

$$\text{Loss (dB)} = 10 \cdot \log \left( \frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2 - G_T (\text{dBi}) - G_R (\text{dBi})$$

where the path length **d** is the distance between the two antennas.

## Free Lunch

Since gain is proportional to aperture, larger antennas have more gain than smaller antennas, and poor efficiency can only make a small antenna worse. In spite of various dubious claims by antenna designers and manufacturers, "There's no such thing as a free lunch."

However, a large antenna with poor efficiency is a waste of metal and money.

## Recommended Reading

For those interested in pursuing a deeper understanding of antennas, a number of books are available. A good starting point is the The ARRL Antenna Book and The ARRL UHF/Microwave Experimenter's Manual. Then there are the classic antenna books, by Kraus 2, Silver 4, and Jasik 8. Lo and Lee 5 have edited a more recent antenna handbook, and Love has compiled most of the significant papers on horns 9 and dishes 10,11 For those interested in computer programming for antenna design, Sletten 11 provides a number of routines. Be warned that the math gets pretty dense once you get beyond the ARRL books.

## Loi de l'inverse du carré

*Quand 2 antennes sont écartées l'une de l'autre, la puissance reçue décroît proportionnellement au carré de la distance qui les sépare. Quand la distance est doublée, un quart au plus de la puissance émise est reçue, la réduction étant de 6dB. La cause en est que la surface illuminée par l'angle du lobe varie comme le carré de la distance à la source, et donc la puissance par unité de surface varie selon la même loi : le carré de la distance. Comme la surface de l'antenne réceptrice n'a pas changée, la puissance reçue doit décroître proportionnellement. Le diagramme de centre de phase de la figure 1-2e n'inclue pas l'effet de la loi de l'inverse du carré sur le diagramme, de façon à ne pas augmenter l'annulation de phase. L'inclusion de l'inverse du carré aura pour effet d'éclaircir le diagramme au fur et à mesure que la distance du centre de phase augmente.*

## Pertes en lignes

*On peut estimer les pertes en lignes entre 2 antennes, une antenne de transmission (de gain GT) et une antenne de réception (de gain GR), en utilisant une forme adéquate de l'équation de Friis (équation des pertes de transmission) :*

$$\text{Loss (dB)} = 10 \cdot \log \left( \frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2 - G_T (\text{dBi}) - G_R (\text{dBi})$$

*où d est la distance entre les 2 antennes.*

.....

*Comme le gain est proportionnel à l'ouverture, les antennes à grande ouverture ont plus de gain que les antennes plus petites, alors que seule une faible efficacité peut détériorer la qualité une petite antenne.*

*Enfin, une grande antenne avec une faible efficacité n'est qu'un gouffre à ferraille et à argent.*

## Lectures recommandées

*Pour ceux qui sont intéressés par une compréhension plus profonde des antennes, il existe un certain nombre de livres :*

*The ARRL Antenna Book*

*The ARRL UHF/Microwave Experimenter's Manual.*

*ANTENNA BOOK (Kraus)*

*Silver and Jasik*

*Lo and Lee antenna hand-book*

*Attention, l'étude des livres de l'ARRL nécessite de solides connaissances en mathématiques.*

## Summary

This concludes our quick tour through basic antenna concepts and definitions. Now let's apply these concepts to understanding actual microwave antennas, starting with horns.

## HDL\_ANT Computer Program

The intent of the HDL\_ANT program is to aid in design of microwave antennas, not to be a whizzy graphics program. The program does the necessary calculations needed to implement a horn, dish, or lens antenna, or to design an antenna range and correct the gain measurements. The basic data is entered interactively and results are presented in tabular form. If you like the results, a table of data or a template may be saved to a file for printing or further processing; if not, try another run with new data.

The C++ source code is also included, for those who wish to enhance it or simply to examine the more complex calculations not shown in the text. It has been compiled with Borland C++ version 3.1 and version 4.5, and is available for downloading.

## References

1. P. Wade, N1BWT, and M. Reilly, KB1VC, "Metal Lens Antennas for 10 GHz," *Proceedings of the 18th Eastern VHF/UHF Conference*, ARRL, May 1992, pp. 71-78.
2. John Kraus (W8JK), *Antennas*, McGraw Hill, 1956.
3. M. Ralston, KI4VE, "Design Considerations for Amateur Microwave Antennas," *Proceedings of Microwave Update '88*, ARRL, 1988, pp. 57-59.
4. Samuel Silver, *Microwave Antenna Theory and Design*, McGraw-Hill, 1949. (Volume 12 of Radiation Laboratory Series, reprinted 1984)
5. Y. T. Lo and S.W. Lee, editors, *Antenna Handbook: theory, applications, and design*, Van Nostrand Reinhold, 1988.
6. H. Jasik, *Antenna Engineering Handbook*, First Edition, McGraw-Hill, 1961, p. 33-3.
7. Attributed to economist Milton Friedman
8. Henry Jasik and Richard C. Johnson, *Antenna Engineering Handbook*, McGraw-Hill, 1984. (Also first edition, 1961)
9. A.W. Love, *Electromagnetic Horn Antennas*, IEEE Press, 1976.
10. A.W. Love, *Reflector Antennas*, IEEE Press, 1978.
11. Carlyle J. Sletten (W1YLV), *Reflector and Lens Antennas*, Artech House, 1988.

## Résumé

Ceci conclut notre tour rapide autour des concepts de base des antennes et des définitions. Maintenant nous allons appliquer ces concepts pour comprendre les antennes micro-ondes actuelles, en commençant par les cornets.

## Programme HDL\_ANT

Le but du programme HDL\_ANT est d'aider à la conception des antennes micro-onde et non d'être un programme graphique. Le programme fait les calculs nécessaires afin de concevoir un cornet, une parabole, une lentille ou permet de concevoir une gamme d'antenne, et de corriger les mesures de gain. Les données de base sont entrées interactivement et les résultats sont présentés sous forme de tableau. Si les données vous conviennent, une table de données ou un exemple peut être sauvegardé sous forme d'un fichier afin d'être imprimé ou pour une utilisation ultérieure; sinon, on peut tenter un nouvel essai avec de nouvelles données.

Le code source (en C++) est aussi inclus, pour ceux qui souhaiteraient améliorer ce programme ou pour simplement examiner les calculs les plus complexes non montrés dans le texte. Ce programme a été compilé avec le compilateur Borland C++ version 3.1 et version 3.5 et il est possible de le télécharger.