

## ANTENNE YAGI

L'**antenne Yagi** ou **antenne Yagi-Uda** (du nom de ses inventeurs, Hidetsugu Yagi et Shintaro Uda) est une antenne à éléments parasites utilisable des HF aux UHF.

Mécaniquement simple à réaliser, elle est très utilisée en télévision terrestre, en liaisons point à point et par les radioamateurs.

Elle fut inventée peu avant la Seconde Guerre mondiale.

### Histoire

**Hidetsugu Yagi** (28 janvier 1886 à Osaka, Japon - 19 janvier 1976) est un ingénieur électricien japonais.

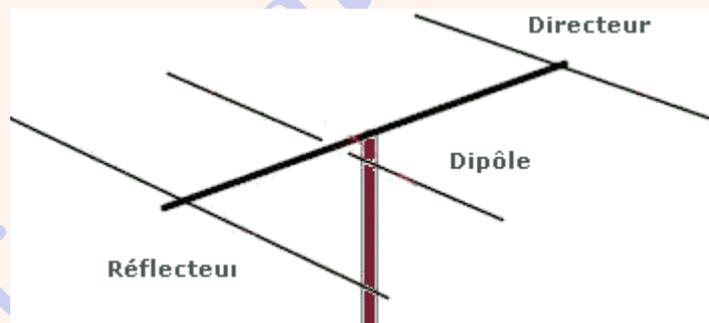
Travaillant à l'université du Tōhoku, il rédige plusieurs articles en anglais qui introduisent les principes d'un nouveau type d'antenne mis au point par son collègue Shintarō Uda.

L'antenne Yagi, brevetée en 1926 au Japon, permet les communications directionnelles à l'aide d'ondes électromagnétiques.

Au début du XXI<sup>e</sup> siècle, cette antenne est installée dans des millions de résidences de par le monde, servant à la réception des ondes radio et de télévision.

### Schéma d'une antenne Yagi.

Réflecteur	Élément le plus long
Dipôle ou radiateur	Élément alimenté, raccordement du coaxial
Directeur (s)	Éléments de plus en plus petits



### Principe de fonctionnement

Une antenne Yagi peut être assimilée à une antenne réseau dont les éléments seraient alimentés par induction mutuelle.

Si les espacements et longueurs des brins sont optimaux, le diagramme de rayonnement et le gain est celui d'un réseau.

Une autre image simplifiée est celle d'une focalisation : l'ensemble des éléments parasites se comporte comme une lentille diélectrique.

On peut démontrer que les propriétés (impédance, gain, etc.) d'une antenne quelconque sont les mêmes en émission qu'en réception.

### **Fonctionnement en émission**

Une antenne Yagi-Uda est formée par un élément alimenté (en général un simple dipôle ou un « trombone ») plus un ou plusieurs éléments isolés (de simples baguettes métalliques) et non alimentés.

Ces éléments reçoivent le nom injuste d'éléments « directeurs ».

Le courant électrique qui circule dans l'élément alimenté produit par rayonnement un champ électromagnétique, lequel induit des courants dans les autres éléments.

Le courant induit dans les éléments parasites produit à son tour d'autres champs rayonnés qui induisent du courant dans les autres éléments y compris sur l'élément alimenté.

Finalement le courant qui circule dans chaque élément est le résultat de l'interaction entre tous les éléments.

Ce courant dépend de la position et de ses dimensions.

Le champ électromagnétique rayonné par l'antenne dans une direction donnée sera la somme des champs rayonnés par chacun des éléments.

Cette somme est compliquée par le fait que l'amplitude et la phase du courant qui circule dans chaque élément est différente.

De plus, comme la distance à chaque élément dépend de la direction dans laquelle se situe le point de mesure du champ, la phase des différents champs et, en conséquence, leur somme dépendra de la direction.

### **Yagi élémentaire à deux éléments**

Prenons l'exemple le plus simple :

Une antenne avec un élément alimenté et un seul élément directeur.

Nous prendrons comme repère de phase le courant dans l'élément alimenté.

La phase du courant qui circulera sur l'élément directeur dépendra de la distance entre les deux éléments et de la longueur et de la grosseur de l'élément parasite.

L'amplitude du courant dépendra aussi de la position et de la longueur, mais elle est, en général, comparable au courant dans l'élément alimenté.

### **Antenne yagi à multiples éléments**

Ce type d'élément parasite placé vers l'avant de l'antenne et qui renforce le champ vers l'avant s'appelle un « directeur ».

Les éléments situés à l'arrière de l'antenne mais qui ont le même effet de renforcer le champ vers l'avant s'appellent « réflecteurs ».

Mais il ne faut pas les confondre avec des surfaces ou des grillages réflecteurs utilisés dans d'autres types d'antennes.

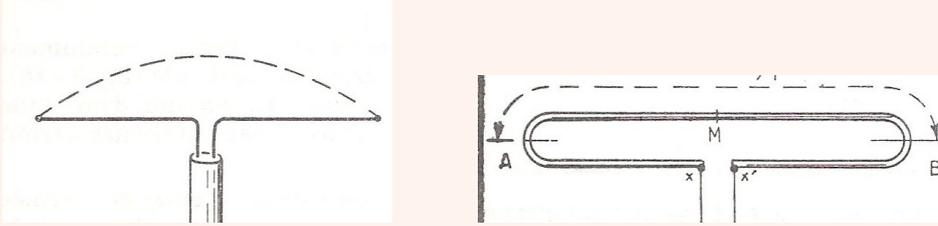
On ajoute, en général, un seul réflecteur et plusieurs directeurs.

Leurs positions et leurs longueurs sont calculés de sorte que les phases des courants résultants soient telles que l'addition des champs soit minimale vers l'arrière et maximale vers l'avant.

Électriquement, le prix à payer pour cette directivité est une diminution de la partie résistive de l'impédance de l'antenne.

Pour un même courant d'alimentation, le champ rayonné est plus faible.

On le compense en remplaçant le dipôle simple alimenté par un dipôle double dit « trombone ».



Mécaniquement, les éléments de l'antenne sont fixés sur le "boom".

L'antenne Yagi-Uda a été optimisée par le radioamateur Rainer Bertelsmeier (indicatif DJ9BV) sous le principe de la "long Yagi DJ9BV".

A une longueur de boom équivalente, elle comporte moins d'éléments qu'une antenne Yagi-Uda classique.

L'antenne DJ9BV a des performances améliorées, notamment sur le gain.

### Antenne Yagi multibande



**Antenne Yagi HF tribande**

Une antenne Yagi fonctionnant sur plusieurs bandes de fréquence peut être réalisée, par exemple comme antenne de réception VHF et UHF pour la télévision terrestre, ou pour plusieurs bandes radioamateur.

Des éléments de longueur adaptés aux bandes à utiliser sont montés autour d'un élément radiateur commun, ou les éléments sont rendus multi-bande par des circuits accordés série (ou trappes).

Un exemple courant est l'antenne Yagi tri-bande des radioamateurs, avec trois ou quatre éléments pour 14 MHz 21 MHz et 28 MHz.

### **Modélisation**

La détermination des espacements et longueurs de brins d'une antenne Yagi à plusieurs éléments peut s'effectuer avec des logiciels spécialisés, éventuellement libres comme MMANA.

Une antenne Yagi comporte minimalement trois éléments: le dipôle, un directeur et un réflecteur.

La longueur des parasites doit différer de celle du dipôle pour ne pas avoir la même fréquence de résonance.

L'espacement entre les éléments n'est pas uniforme non plus afin que les ondes transmises par le dipôle et par les éléments parasites soient en phase dans la direction désirée mais hors-phase dans la direction opposée.

Si le parasite est plus long que l'antenne dipôle, habituellement de 15 %, il aura une inductance et travaillera comme un réflecteur pour l'onde vers le dipôle. Les parasites plus courts, généralement de 5 % pour chaque brin successif, agiront comme une capacité dans un circuit et seront appelés « directeurs » car ils semblent diriger l'onde du dipôle vers la direction désirée tout en l'amplifiant.

**En général**, plus le nombre d'éléments parasites utilisé est important, plus le gain et la capacité à focaliser sont grands. Cependant, en augmentant ce nombre, on diminue la bande passante.

Pour comprendre le fonctionnement de l'antenne, prenons **le dipôle avec un seul parasite** plus court (directeur). L'onde du dipôle crée une onde par induction sur le parasite. Celle-ci aura un délai par rapport à l'onde incidente à cause du temps de réaction de la capacité du parasite en tension et courant. Si la distance est bien choisie, soit une distance entre les éléments égale au délai, les deux ondes seront en phase et s'additionneront dans la direction du directeur et se soustrairont dans la direction inverse car elle y seront hors-phase.

Cet assemblage simple peut être amélioré en ajoutant **un élément réflecteur dans la direction opposée au directeur**. En choisissant bien la distance au dipôle et la longueur de cet élément, son onde sera additive avec celle du directeur dans la direction désirée et minimisera le signal dans la direction opposée. Si on raccourci légèrement la longueur du directeur et si on le place à une distance plus faible que la demi-longueur d'onde du signal, on peut augmenter le gain jusqu'à 6 dB en synchronisant la phase des trois ondes produites.

### Antenne multi éléments

L'ajout d'éléments directeurs à l'antenne Yagi-Uda se fait en optimisant la distance de ceux-ci pour amplifier le signal sortant.

Pour un nombre raisonnable d'éléments, le gain est plus ou moins proportionnel à celui-ci mais l'effet diminue en augmentant le nombre de brins.

### Par exemple,

Une antenne Yagi à trois éléments a un gain de 5 à 6 dB mais en ajoutant un brin, on augmente le gain de seulement 2dB.

Électriquement, le prix à payer pour cette directivité est une diminution de la partie résistive de l'impédance de l'antenne.

Pour un même courant d'alimentation, le champ rayonné est plus faible.

On le compense en remplaçant le dipôle simple alimenté par un dipôle double dit « trombone ».

L'antenne-réseau ainsi créée est une antenne à onde progressive, c'est-à-dire une antenne où l'onde se propage dans une seule direction d'un élément à l'autre et sans réflexion à son extrémité.

L'onde initiée par le dipôle se propage vers les directeurs et le courant induit dans ceux-ci est à peu près le même de l'un à l'autre mais l'onde qu'ils réémettent à un délai temporel progressif.

Cette propagation du signal dans l'antenne est d'environ 0,7 à 0,9 fois la vitesse de la lumière.