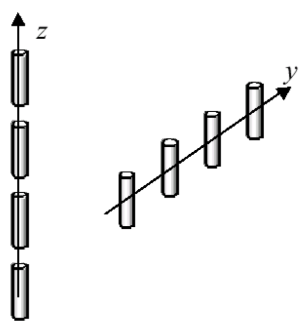
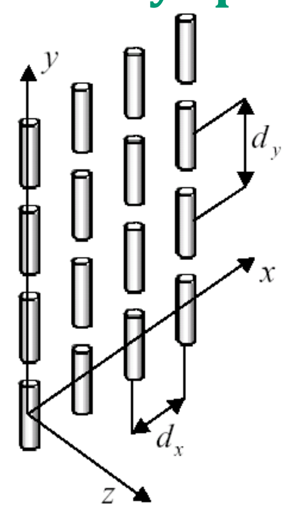
ARRAYS: Agrupaciones de antenas

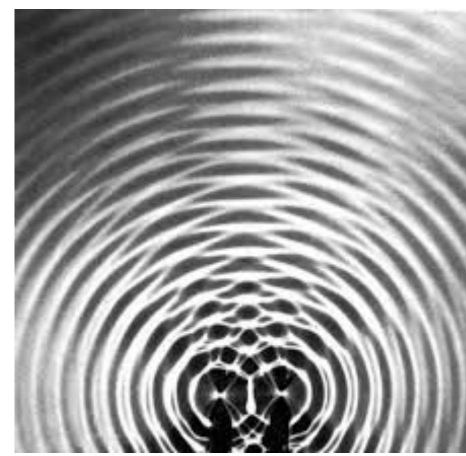
- Basado en **superposición de ondas** (misma frecuencia)
- Normalmente antenas idénticas
- Las antenas están conectadas entre sí y se considera
- como si fuese una única antena

Arrays lineales

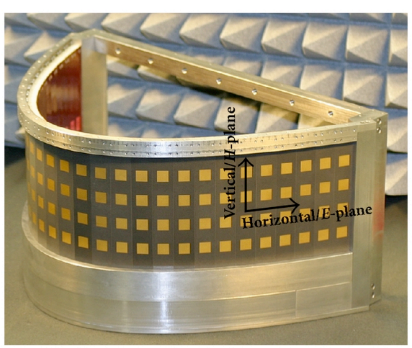


Arrays planos



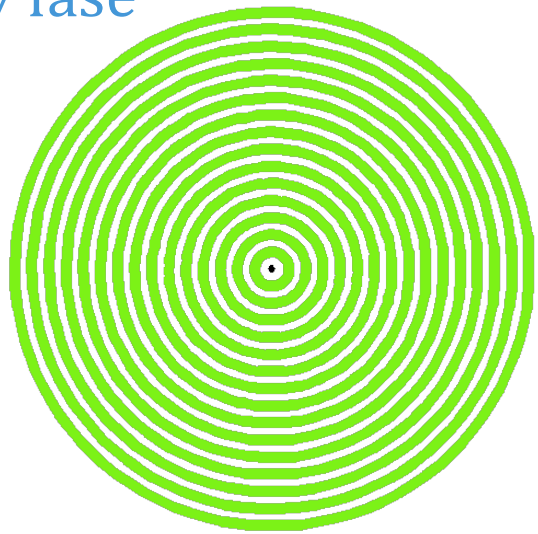


Arrays conformes

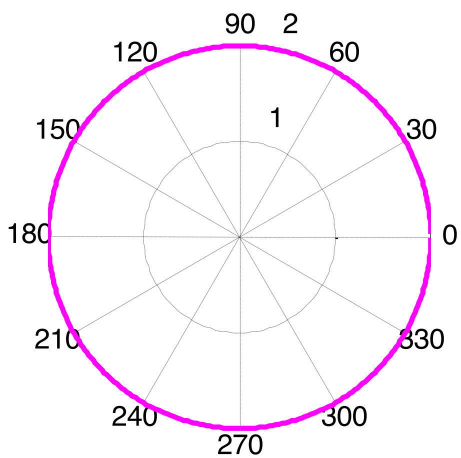


Array de **dos elementos isotrópicos** con la misma amplitud y fase

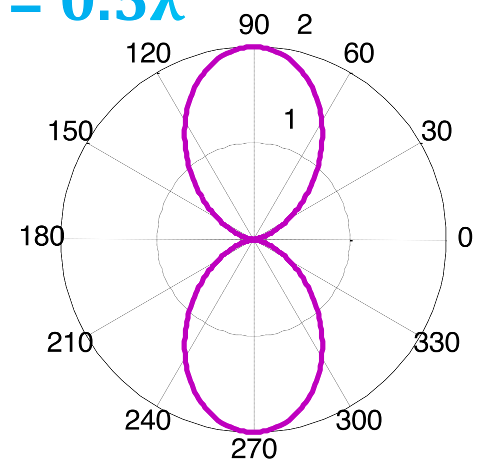
Antena isotrópica:

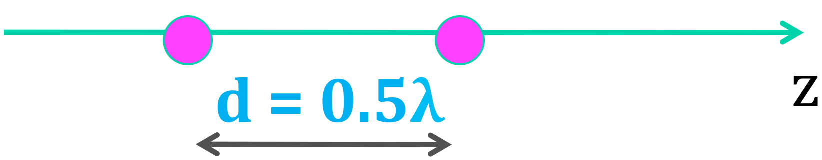


$d = 0$



$d = 0.5\lambda$

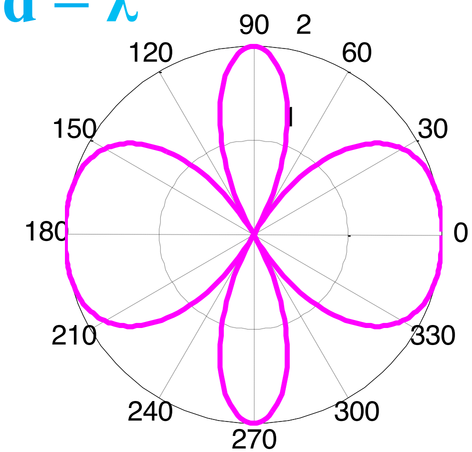




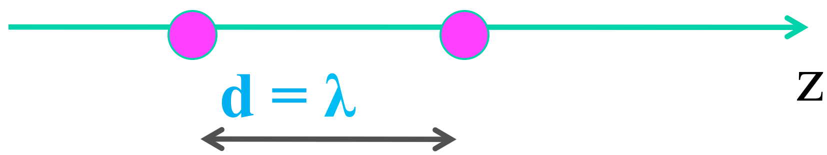
http://www.upv.es/antenas/Tema_6/videosondas_2_fase_lambda_medios.avi

Array de **dos elementos isotrópicos** con la misma amplitud y fase

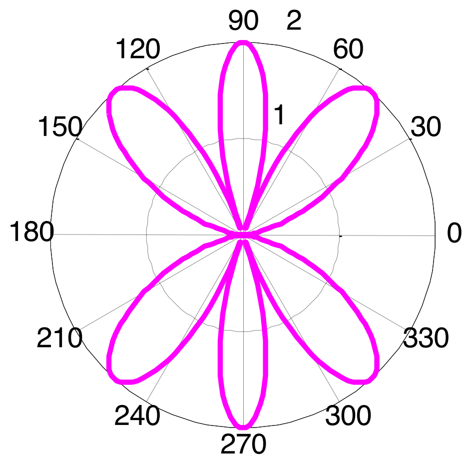
$d = \lambda$



http://www.upv.es/antenas/Tema_6/videos/ondas_2_fase_iris.avi



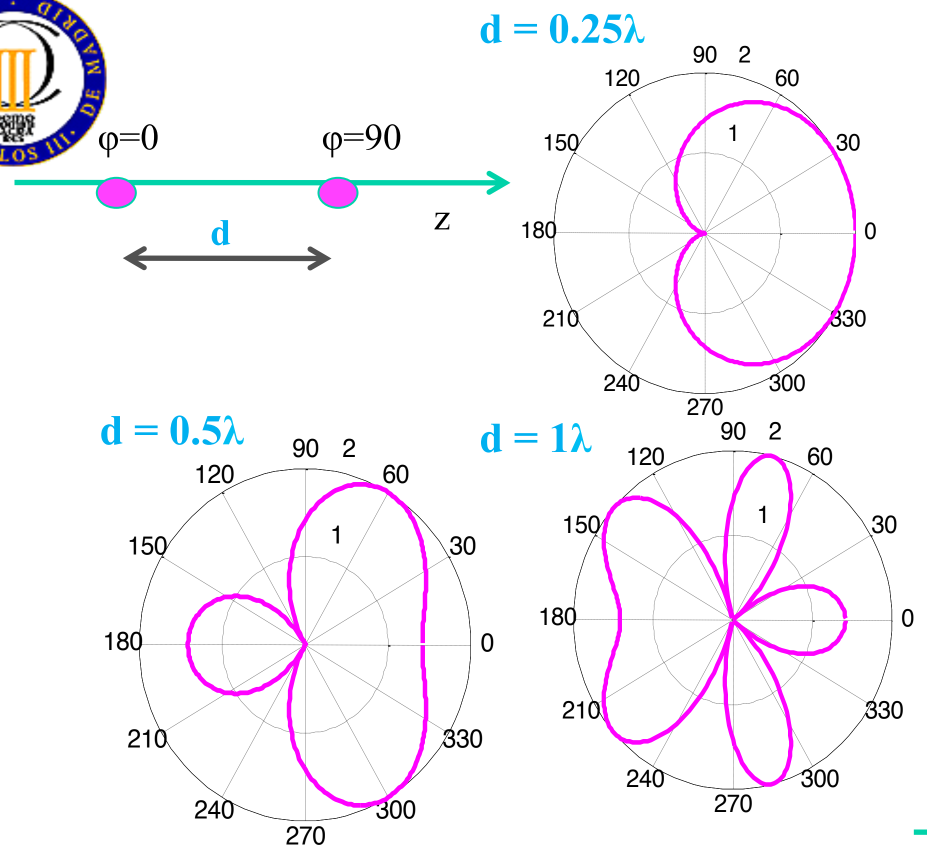
$d = 1.5\lambda$

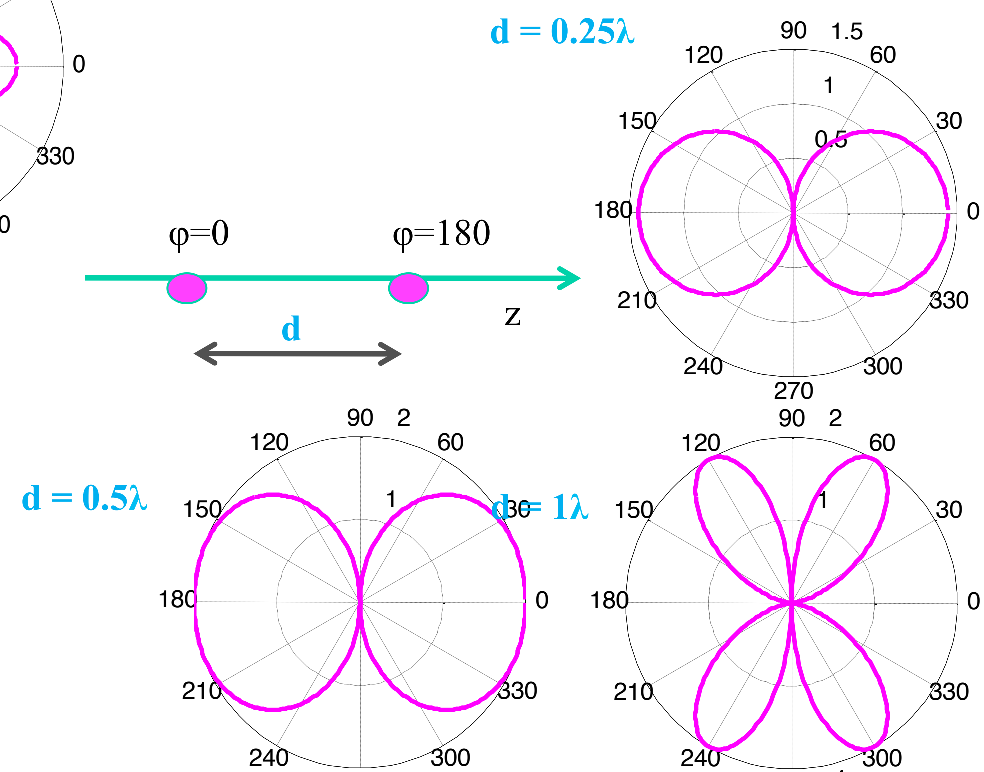


http://www.upv.es/antenas/Tema_6/videos/ondas_2_fase_3lambda_medios.avi

http://www.upv.es/antenas/Tema_6/videos/ondas_2_fase_2lambda.avi

Array de **dos elementos isotrópicos** con distinta **fase**





Superposición: N elementos

El campo radiado total es la suma del campo radiado por cada elemento (son VECTORES!!!)

$$\vec{E}(r,\theta,\phi) = \sum_{n=1}^{N} \vec{E}_n(r,\theta,\phi) = \sum_{n=1}^{N} \frac{\vec{E}_{n0}(\theta,\phi)e^{-jkr}e^{jk\vec{r}_n\cdot\hat{r}}}{r} = \frac{e^{-jkr}}{r}\sum_{n=1}^{N}\vec{E}_{n0}(\theta,\phi)e^{jk\vec{r}_n\cdot\hat{r}}$$

Si las antenas son **todas iguales**

$$\vec{E}(r,\theta,\phi) = \frac{e^{-jkr}}{r}\vec{E}_0(\theta,\phi)\sum_{n=1}^{N} A_n e^{jk\vec{r}_n\cdot\hat{r}}$$

$$A_n = a_n e^{j\varphi_n}$$

FACTOR DE ARRAY

$$FA(\theta,\phi) = \sum_{n=1}^{N} A_n e^{jk\vec{r}_n\cdot\hat{r}}$$

$$\vec{E}(r,\theta,\phi) = \vec{E}_e(r,\theta,\phi)\cdot FA(\theta,\phi)$$

Factor de array

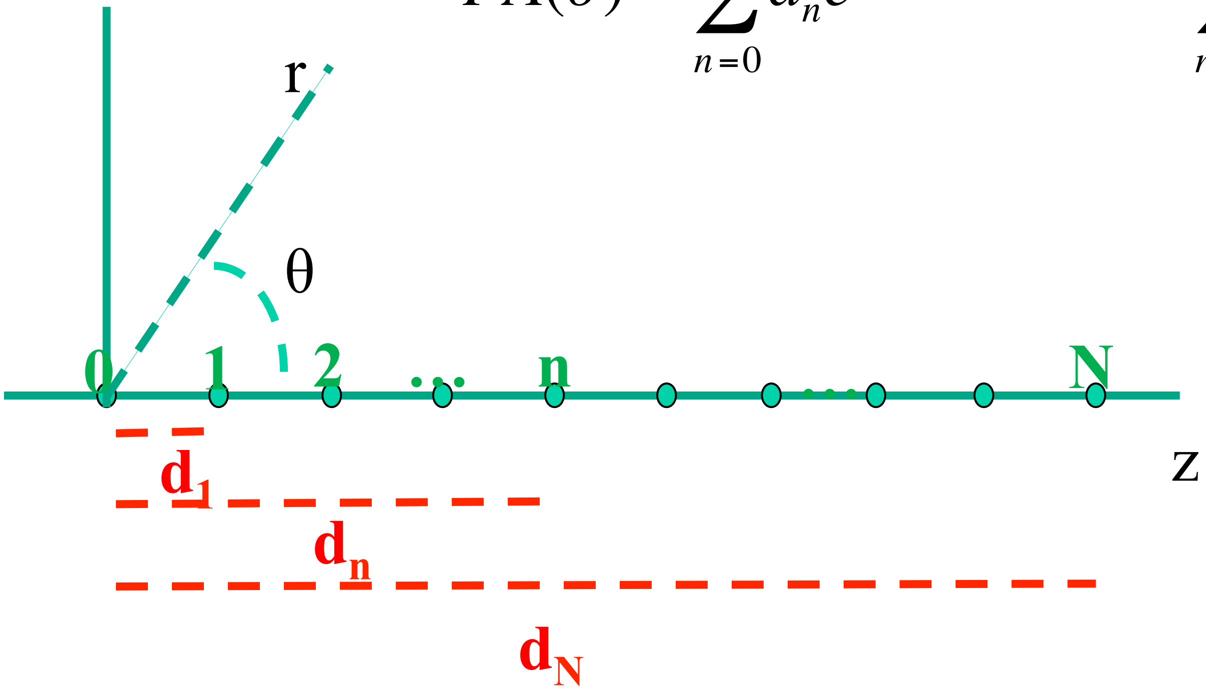
$$FA(\theta,\phi)=\sum_{n=1}^{N}A_n e^{jk\vec{r}_n\cdot\hat{r}}=\sum_{n=1}^{N}a_n e^{j\varphi_n}e^{jk\vec{r}_n\cdot\hat{r}}$$

- No depende del tipo de antena utilizado
- Depende de las posiciones relativas de las antenas (geometría del array)
- Depende de las amplitudes y fases con que se alimenten las antenas

Arrays lineales

- Supongamos que los elementos están alineados a lo largo del eje z y equiespaciados:

$$FA(\theta) = \sum_{n=0}^{N-1} a_n e^{j(kd_n \cos\theta + \varphi_n)} = \sum_{n=0}^{N-1} a_n e^{j(nkd \cos\theta + \varphi_n)}$$



Caso 1: amplitud y fase uniformes

Si los elementos están alimentados con la <u>misma fase</u>

$$\varphi_n = 0$$

$$FA(\theta) = \sum_{n=0}^{N-1} a_n e^{jn(kd\cos\theta)} = \sum_{n=0}^{N-1} a_n e^{jn\Psi} = DFT^{-1}\{a_n\}$$

$$\Psi = kd\cos\theta$$

Si además los elementos están alimentados con la <u>misma amplitud</u>

$$a_n = a_0$$

$$AF(\psi) = a_0 \sum_{n=0}^{N-1} e^{jn\Psi}$$

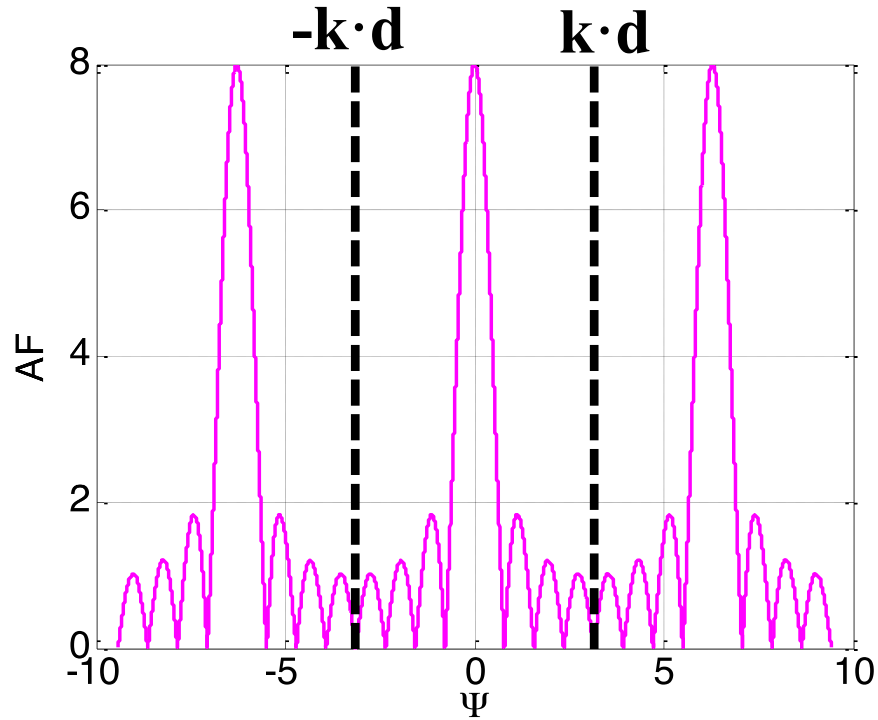
¿qué pasa si ψ=0?

Caso 1: array lineal con amplitud y fase uniformes

$$AF(\Psi) = \sum_{n=0}^{N-1} e^{jn\Psi} = \frac{e^{jN\Psi/2}}{e^{j\Psi/2}} \frac{\sin(N\Psi/2)}{\sin(\Psi/2)}$$

$$\Psi = kd\cos\theta$$

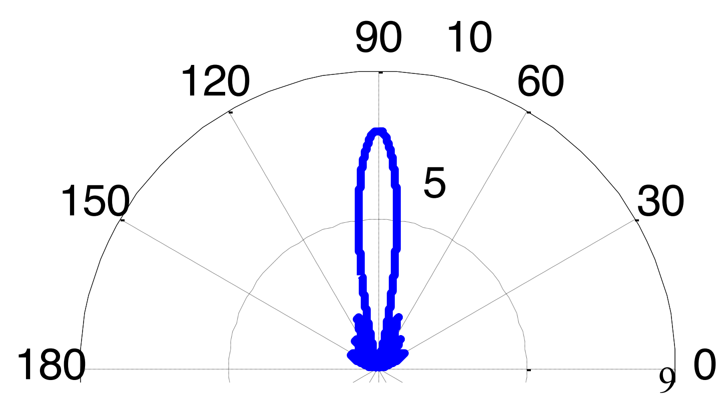
$$|AF(\Psi)| = \left|\frac{\sin(N\Psi/2)}{\sin(\Psi/2)}\right|$$



Margen visible el ángulo θ sólo puede tomar valores entre 0 y π:

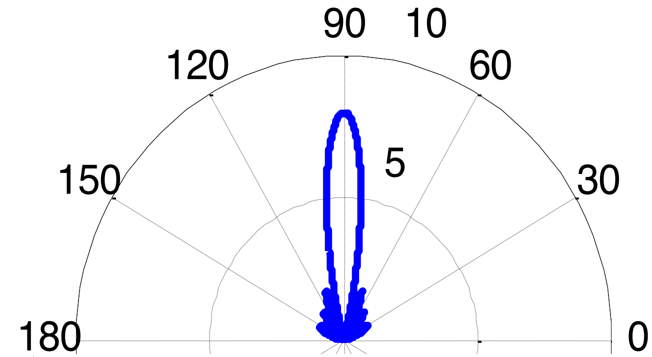
$$\theta = 0 \Rightarrow \Psi = kd$$

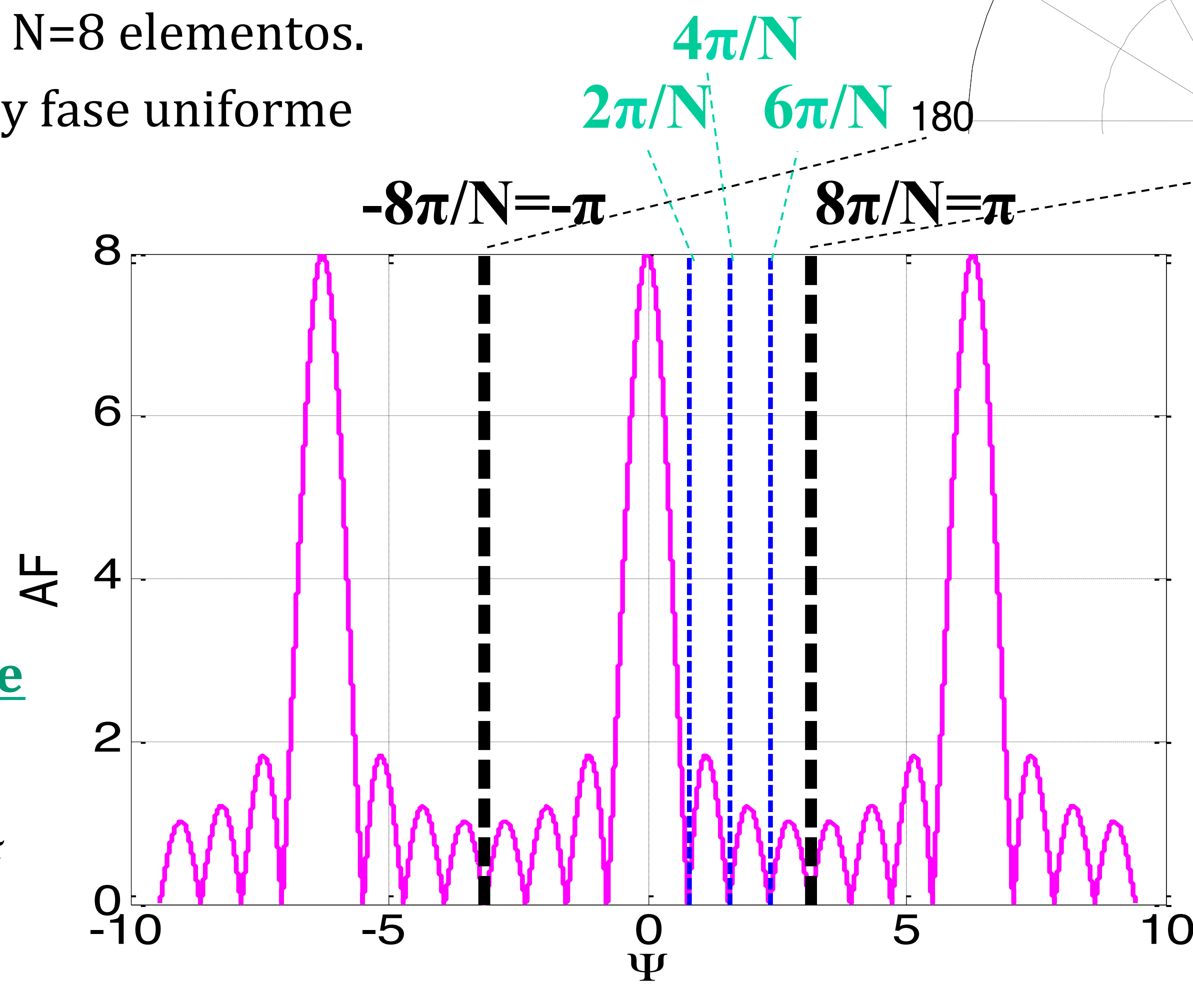
$$\theta = \pi \Rightarrow \Psi = -kd$$



Ejemplo 1

- Array con N=8 elementos.
- Amplitud y fase uniforme
- d = 0.5λ





N-1 nulos entre 2 máximos

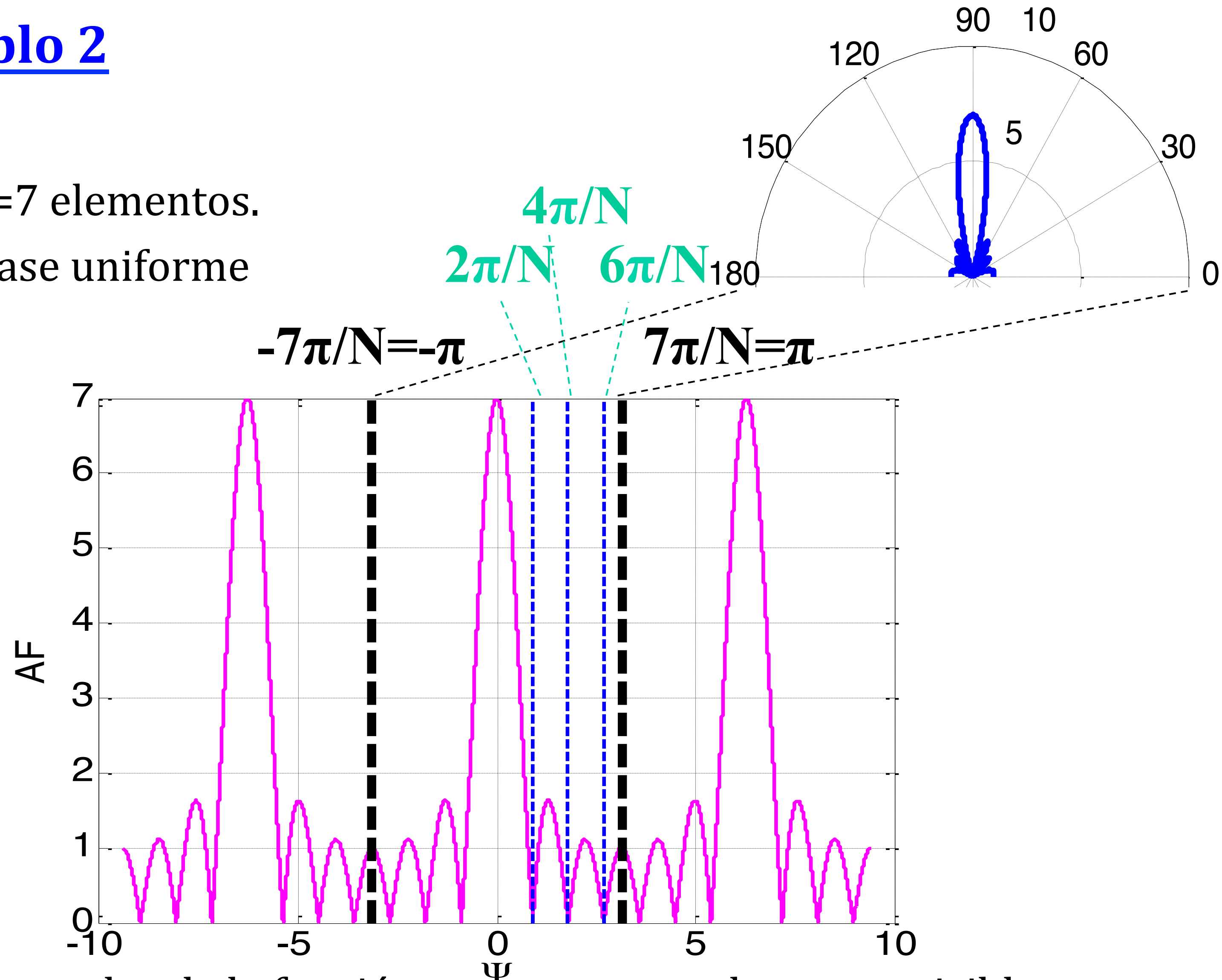
Margen visible

$$\Psi_1 = kd = \pi$$

$$\Psi_2 = -kd = -\pi$$

Ejemplo 2

- Array con N=7 elementos.
- Amplitud y fase uniforme
- d = 0.5λ



Margen visible

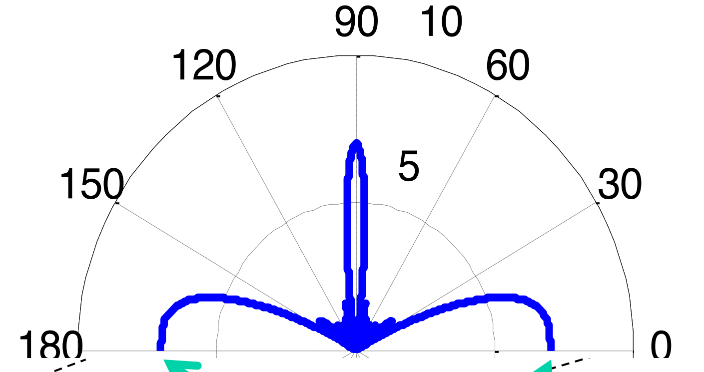
$$\Psi_1 = kd = \pi$$

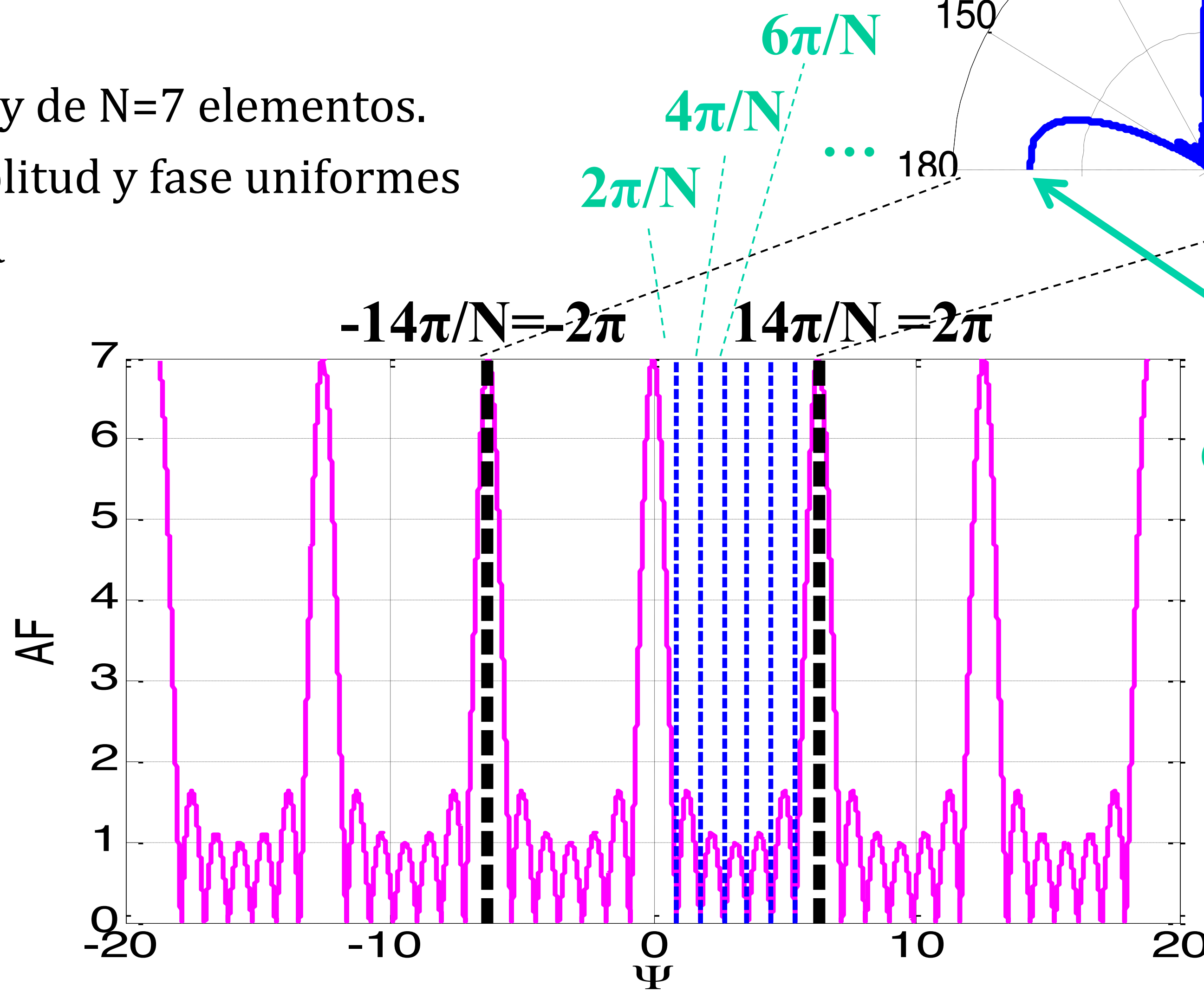
$$\Psi_2 = -kd = -\pi$$

Los nulos de la función que entran en el margen visible son los nulos de nuestro diagrama de radiación

Ejemplo 3

- Array de N=7 elementos.
- Amplitud y fase uniformes
- d = λ





Grating lobes

$$d \geq \lambda$$

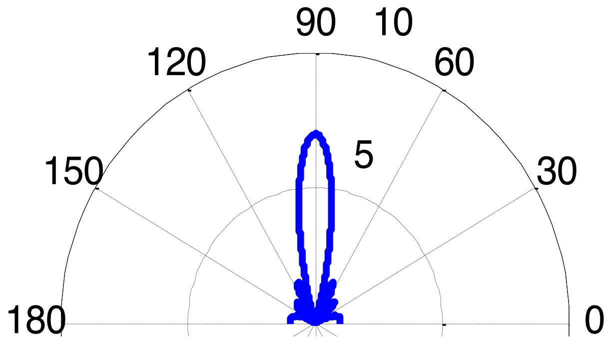
Margen visible

$$\Psi_1 = kd = 2\pi$$

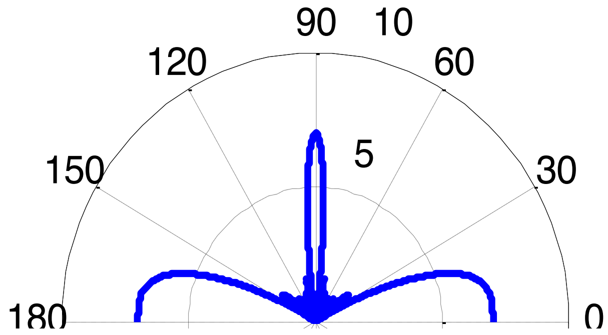
$$\Psi_2 = -kd = -2\pi$$

Consideraciones

- Si no hay cambio en la fase:
  - El diagrama de radiación es siempre **broadside**:



  - Pero, si d es muy grande puede haber **grating lobes**:



Cuestiones:

•¿qué ocurre con el ancho de haz del lóbulo principal si aumentamos el número de elementos de un array? Suponga d=λ/2 y calcúlelo para N=4,6 y 10 elementos

•¿qué pasa con la directividad?

•¿Cuál es el nivel de lóbulo secundario (SLL)?

•Si ahora mantengo N=5 y cambio la distancia entre elementos, ¿qué sucede con el ancho de haz? Calcúlelo para d=λ/2, d=0.8λ y d=1.5λ

•¿En algún caso hay 'grating lobes'? ¿En qué dirección?

•¿Cuál es la dirección de apuntamiento (o máxima radiación en todos los casos?

•Diseñe un array de 5 elementos con BW de 80º

Caso 2: array lineal con amplitud uniforme y fase progresiva (lineal)

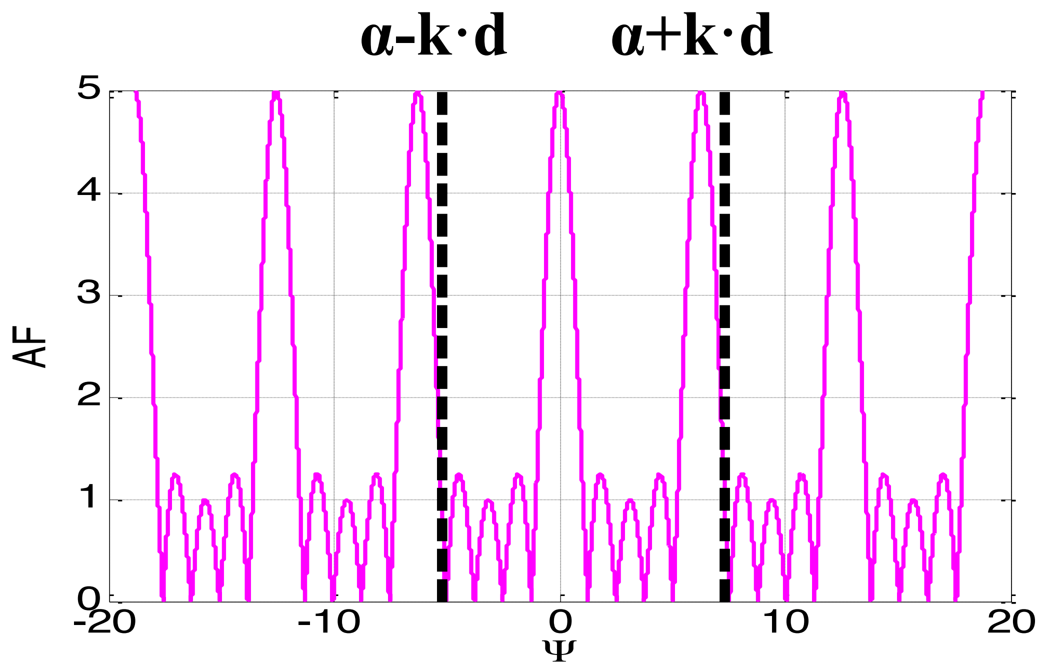
$$a_n = a_0 \qquad\qquad \varphi_n = n\alpha$$

$$FA(\theta) = a_0 \sum_{n=0}^{N-1} e^{jn(kd\cos\theta+\alpha)} = a_0 \sum_{n=0}^{N-1} e^{jn\Psi} = DFT^{-1}\{a_n\}$$

$$\Psi = kd\cos\theta + \alpha$$

$$\left|FA(\Psi)\right| = \frac{1}{N}\left|\frac{\sin(N\Psi/2)}{\sin(\Psi/2)}\right|$$

Caso 2: array lineal con amplitud uniforme y fase progresiva (lineal)



Misma función matemática pero cambia el ‘trozo’ que cogemos (Margen Visible) deja de ser simétrico respecto a 0

<u>Margen visible:</u>

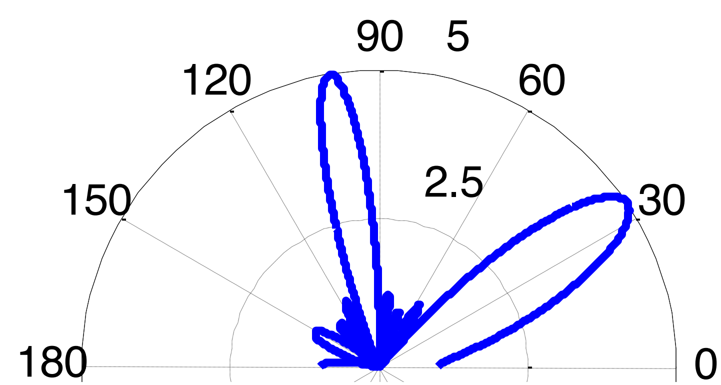
$$\theta = 0 \Rightarrow \Psi = \alpha + kd$$

$$\theta = \pi \Rightarrow \Psi = \alpha - kd$$

¡¡El array ya NO es broadside!!!!

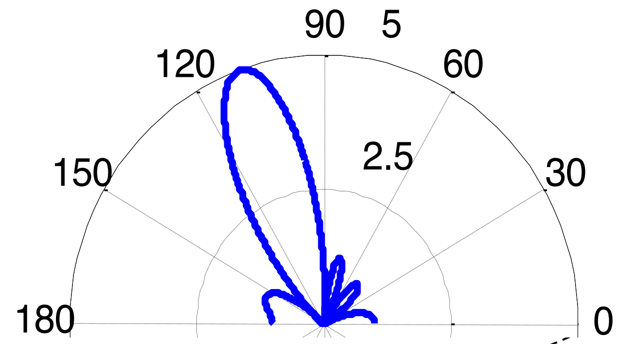
El máximo sigue obteniéndose cuando $\psi=0=kd\cos\theta_M+\alpha$

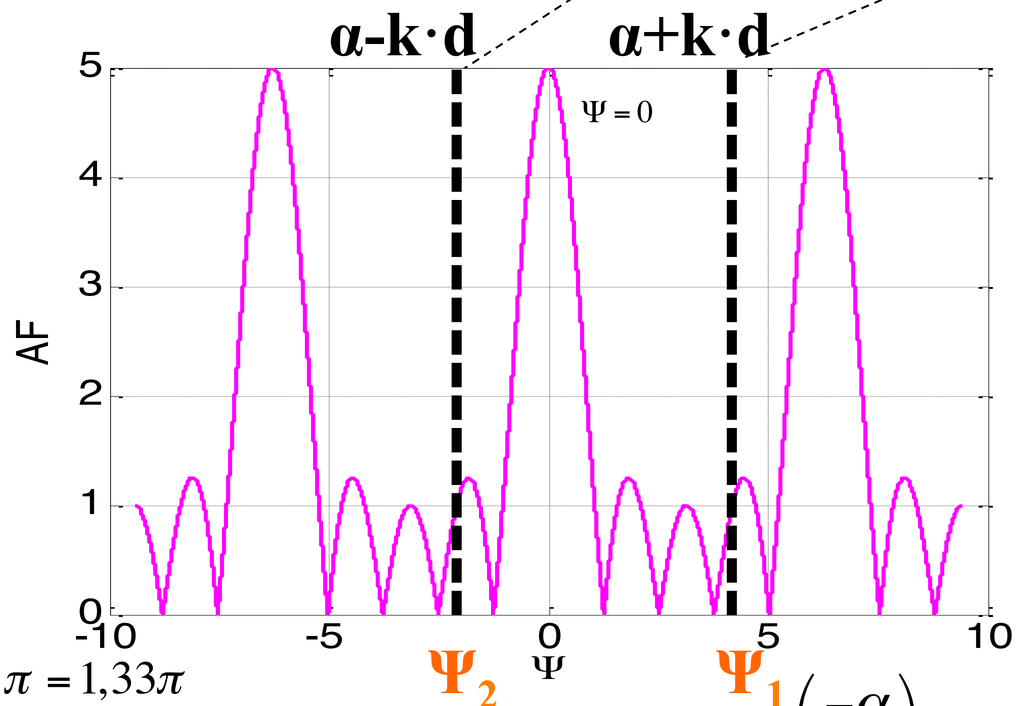
La dirección de máxima radiación $\theta_M=\cos^{-1}(-\alpha/kd)$ depende de α!!!



Ejemplo 1

- Array de N=5 elementos.
- Amplitud uniforme
- $d = 0.5\lambda$
- $\alpha = 60^{\circ}$





Dirección de máxima radiación

$$\Psi = 0$$

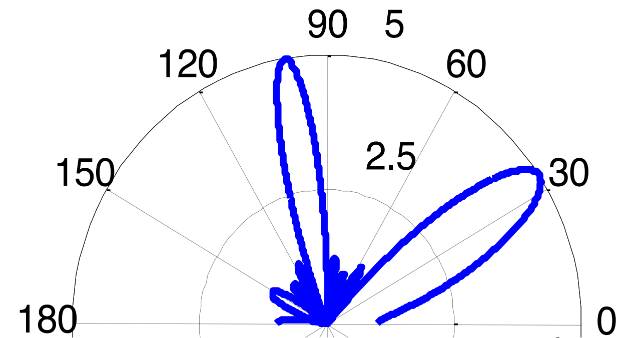
$$\Psi_1 = \alpha + kd = \frac{\pi}{3} + \pi = 1{,}33\pi$$

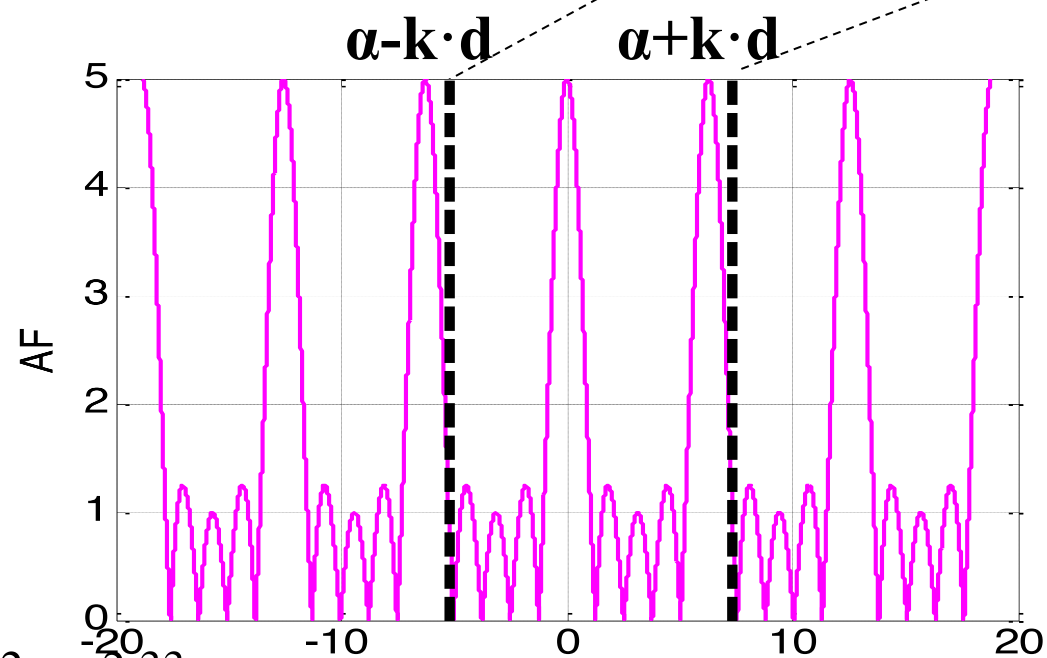
$$\Psi_2 = \alpha - kd = \frac{\pi}{3} - \pi = -0{,}66\pi$$

$$\theta_M = \arccos\left(\frac{-\alpha}{kd}\right) = \arccos\left(\frac{-\pi/3}{\pi}\right) = 109.4^{\circ}$$

Ejemplo 2

- Array de N=5 elementos.
- Amplitud uniforme
- d = λ
- α = 60º





Grating lobes si:

$$kd + |\alpha| \geq 2\pi$$

Puede haber grating lobes para d< λ

$$\Psi_1 = \alpha + kd = \frac{\pi}{3} + 2\pi = 2{,}33\pi$$

$$\Psi_2 = \alpha - kd = \frac{\pi}{3} - 2\pi = -1.66\pi$$

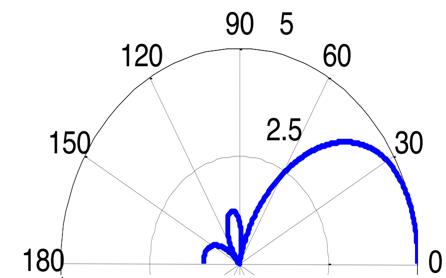
$$\theta_M = \arccos\left(\frac{-\alpha}{kd}\right) = \arccos\left(\frac{-\pi/3}{2\pi}\right) = 99.5^\circ$$

Caso particular: array endfire

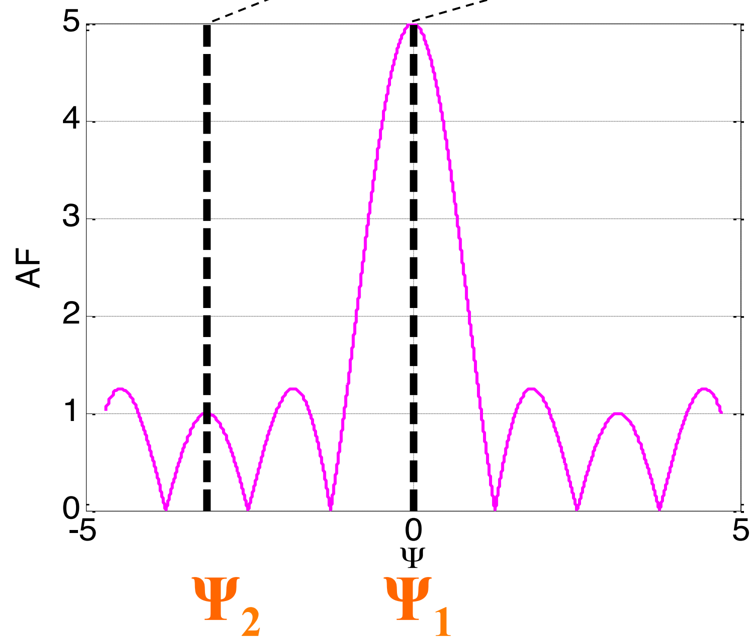
- Array con su máximo en la dirección

del eje $\theta_M = 0$ o $\theta_M = 180$

$$\alpha = -kd \qquad \alpha = kd$$



- Ejemplo N=5 elementos y $\theta_M = 0$.
- Amplitud Uniforme
- $d = 0.25\lambda$
- $\alpha = -90^o$
- $\Psi_1 = 0$
- $\Psi_2 = \pi$



RESUMEN

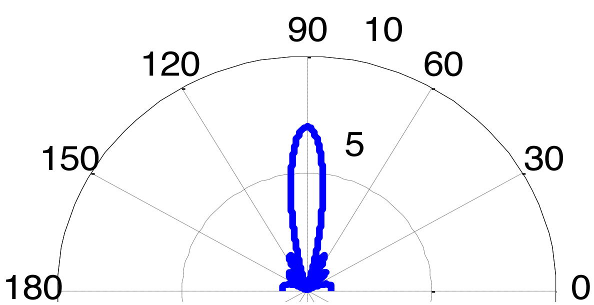
Broadside

$$\alpha = 0$$

$$\Psi = kd\cos\theta$$

$$-kd < \Psi < kd$$

$$\theta_M = 90^\circ$$



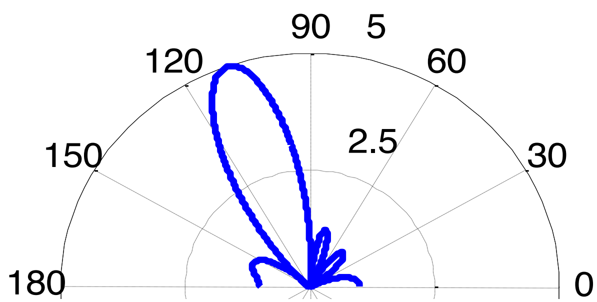
Scanning

$$\alpha \neq 0 \neq \pm kd$$

$$\Psi = kd\cos\theta + \alpha$$

$$-kd + \alpha < \Psi < kd + \alpha$$

$$\theta_M = \arccos\left(\frac{-\alpha}{kd}\right)$$



End-fire

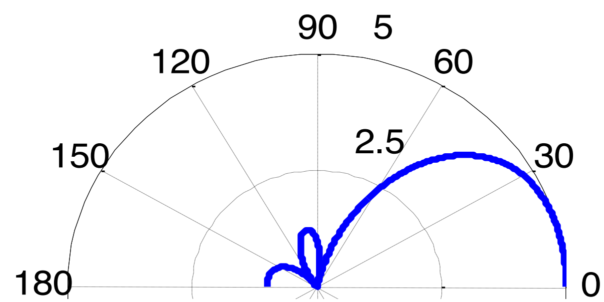
$$\alpha = \pm kd$$

$$\Psi = kd\cos\theta + \alpha$$

$$-2kd < \Psi < 0$$

$$0 < \Psi < 2kd$$

$$\theta_M = 0^\circ \quad \theta_M = 180^\circ$$



Cuestiones:

•¿cómo se consigue que un array lineal apunte a una dirección que no sea broadside?

•Si tiene un array de N=5 elementos separados $d=\lambda/2$, calcule la fase progresiva que es necesario aplicar para que el array apunte a 60º. Repita el cálculo para N=10 y extraiga conclusiones.

•Para los dos casos anteriores calcule la anchura del lóbulo principal.

•Diseñe un array endfire de 7 elementos con máxima directividad y un nulo en la dirección del eje opuesta al máximo.

•Calcule la anchura entre nulos del caso anterior.