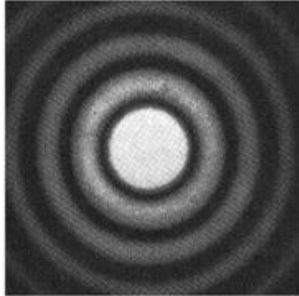


Pouvoir de résolution : document 1

### Diffraction pour une ouverture circulaire



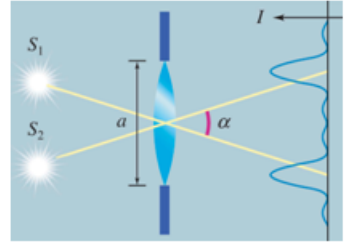
❖ Le premier minimum apparaît lorsque:

$$\sin \theta = \frac{1,22 \lambda}{a}$$

❖ où  $a$  est le diamètre de l'ouverture.

### Pouvoir de résolution

❖ En passant par un système optique, les fronts d'onde plane subissent une diffraction. L'image d'une source ponctuelle n'est donc pas un point mais une figure de diffraction. Le *pouvoir de résolution* d'un système optique, c'est-à-dire sa capacité à produire des images nettes, est limité par la diffraction.



Deux sources ponctuelles non cohérentes peuvent être séparées si leurs figures de diffraction ne se chevauchent pas.

### Le critère de Rayleigh

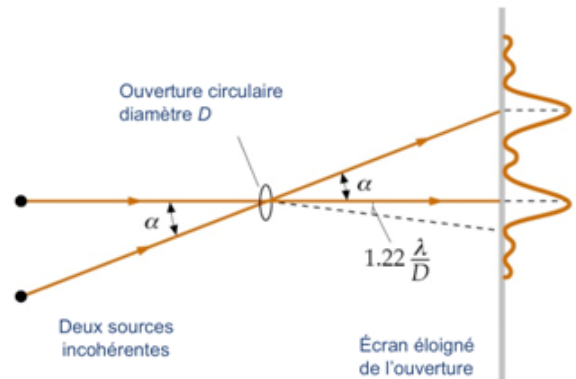
❖ Selon le critère de Rayleigh, deux images sont tout juste séparées lorsque le maximum central d'une figure coïncide avec le premier minimum de l'autre. La séparation angulaire critique entre deux sources, correspondant au critère de Rayleigh s'écrit:

$$\theta_c = \frac{1,22 \lambda}{a}$$

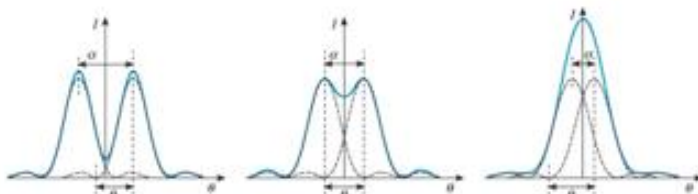
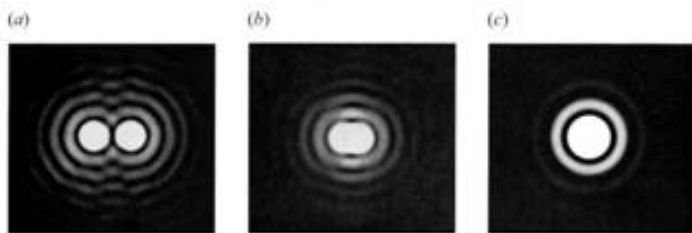


Lord Rayleigh (1842-1919)

### Pouvoir de résolution et critère de Rayleigh



### Illustration du critère de Rayleigh



Le pouvoir de résolution, ou pouvoir de séparation, ou la résolution spatiale, est la distance minimale qui doit exister entre deux points contigus pour qu'ils soient correctement discernés par un système de mesure ou d'observation. Cette notion caractérise les systèmes optiques, tel que les microscopes, les télescopes ou l'œil, mais aussi certains détecteurs, particulièrement ceux utilisés en imagerie.

La diffraction limite le pouvoir de résolution des instruments optiques (et de l'œil également) : un objet ponctuel donne une image « floue », appelée tache de diffraction. Si deux détails d'un objet sont trop proches, les taches de diffraction se chevauchent

et il devient impossible d'obtenir des images séparées de ces détails.

Pour un instrument optique de diamètre  $D$  observant à une longueur d'onde  $\lambda$ , le pouvoir de résolution maximal est :  $\theta = 1.22 \times \lambda/a$ .

## Exemples de pouvoirs de résolution : **document 2**

Outil	diamètre (m)	angle (rad)	angle (")	Détails sur la lune	Détails à 200 km
œil	0,0025	0,0002688	55,44	103 km	53 m
	0,005	0,0001342	27,68	51 km	26 m
	0,010	0,0000671	13,84	25 km	13 m
	0,020	0,0000335	6,920	12 km	6 m
Jumelles	0,050	$1,342 \times 10^{-5}$	2,768	5 km	2,7 m
	0,100	$6,71 \times 10^{-6}$	1,384	2,57 km	1,3 m
Télescope 150	0,150	$4,473 \times 10^{-6}$	0,922	1,71 km	89 cm
	0,200	$3,355 \times 10^{-6}$	0,692	1,29 km	67 cm
	0,300	$2,236 \times 10^{-6}$	0,461	859 m	44 cm
	0,600	$1,118 \times 10^{-6}$	0,230	429 m	22 cm
Télescope 1m	1,000	$6,71 \times 10^{-7}$	0,138	257 m	13 cm
Hubble	2,400	$2,795 \times 10^{-7}$	0,0576	107 m	55 mm
	4,000	$1,677 \times 10^{-7}$	0,0346	64 m	33 mm
VLT	8,000	$8,387 \times 10^{-8}$	0,0173	32 m	16 mm
	10,000	$6,71 \times 10^{-8}$	0,0138	25 m	13 mm

INSTRUMENTS du site de NANCAY	$\lambda$ étudiée
 <p>Grand radiotélescope : miroir plan 200m*40m équivalent à un diamètre de 94m</p>	21 cm
 <p>Radiohéliographe : interféromètre constitué de 24 antennes de diamètre 3m sur une distance 1250m</p>	1 m
 <p>interféromètre constitué de 16 antennes de 1.1m diamètre sur une distance de 23m</p>	3cm

### Questions :

- Dans la formule de séparation angulaire, quelles doivent être les unités de  $\theta$ ,  $\lambda$  et  $a$  ?
- Dans le document 2, pourquoi y-a-t-il plusieurs diamètres pour la pupille de l'œil ?
- Expliquer les schémas et les images du document 1 (illustration des critères de Rayleigh) et leur conséquence sur l'explication du terme « pouvoir de résolution ».
- Les résultats du document 2 ont été établis pour une longueur d'onde du domaine visible d'environ 550 nm, Retrouver la valeur de cette longueur d'onde par un calcul.
- Refaire un schéma (voir «pouvoir de résolution et critère de Rayleigh ») indiquant la pupille de l'œil, un objet situé à  $D= 200$  km, l'angle  $\theta$  et la distance de  $d$  entre 2 points à la limite de résolution.
- Retrouver que l'on ne peut distinguer des détails plus petit que 53 m si l'objet observé est à 200 km.
- Quelle distance moyenne terre/lune a été utilisée pour le tableau du document 2
- Le télescope Keck à Mauna Kea (Hawaii), possède un diamètre effectif de 10m. Calculez l'angle limite de résolution pour une longueur d'onde de 600 nm. Calculer la taille du plus petit détail observable sur la lune avec ce télescope.
- Calculer le diamètre que devrait avoir un radiotélescope pour observer à  $\lambda=21$  cm (raie de l'hydrogène atomique) pour avoir la même résolution que l'œil , puis que le télescope Keck.
- Pour obtenir un pouvoir de résolution performant en radioastronomie, on utilise l'interférométrie : Si on couple deux antennes, le pouvoir de résolution de l'ensemble est égal à celui que l'on aurait obtenu avec une antenne unique d'un diamètre égal à la distance entre les deux antennes .Depuis 2004, il est possible de traiter en temps réel les observations de radiotélescopes VLBI (Very Long Baseline Interferometry), La première démonstration mettant en œuvre ce réseau fut l'observation de l'hypergéante jaune IRC+10420 le 22 septembre 2004. Elle mit en œuvre les télescopes de l'EVN (The European VLBI Network) et le radiotélescope d'Arecibo à Porto Rico, formant une base de 8 200 km qui atteint une résolution de 20 millisecondes d'arc, 5 fois meilleure que celle de Hubble. Quelle était la longueur d'onde radio utilisée ?
- Calculer le pouvoir séparateur en radians des 3 instruments de la station de Nançay.

## Document 3 Lune ☾



Face visible de la Lune

### Caractéristiques orbitales

<b>Demi-grand axe</b>	384 399 km (0,00257 UA)
<b>Aphélie</b>	405 696 km (0,0027 UA)
<b>Périhélie</b>	363 104 km (0,0024 UA)

## Document 4