

PSF et MTF

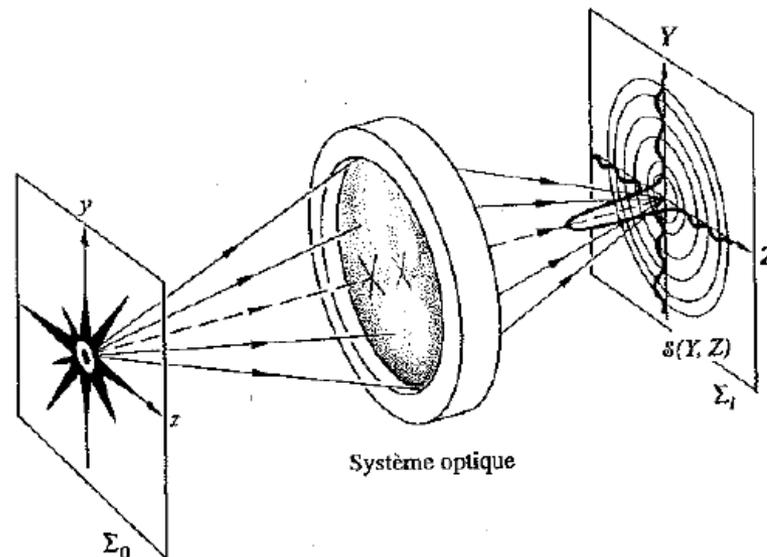
PSF et MTF

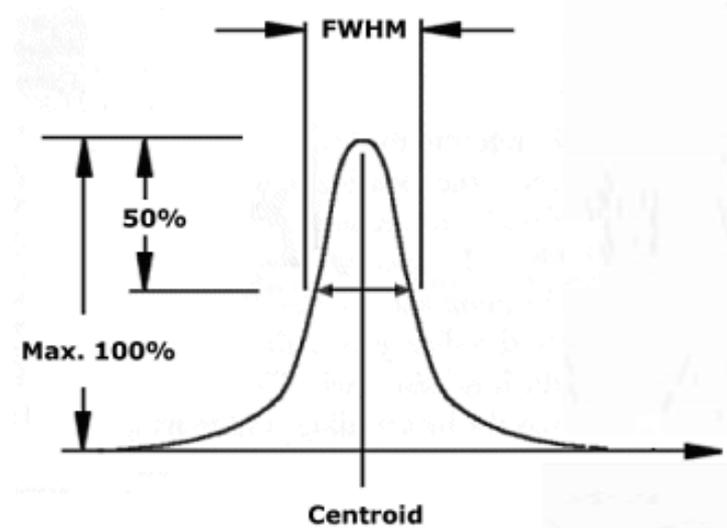
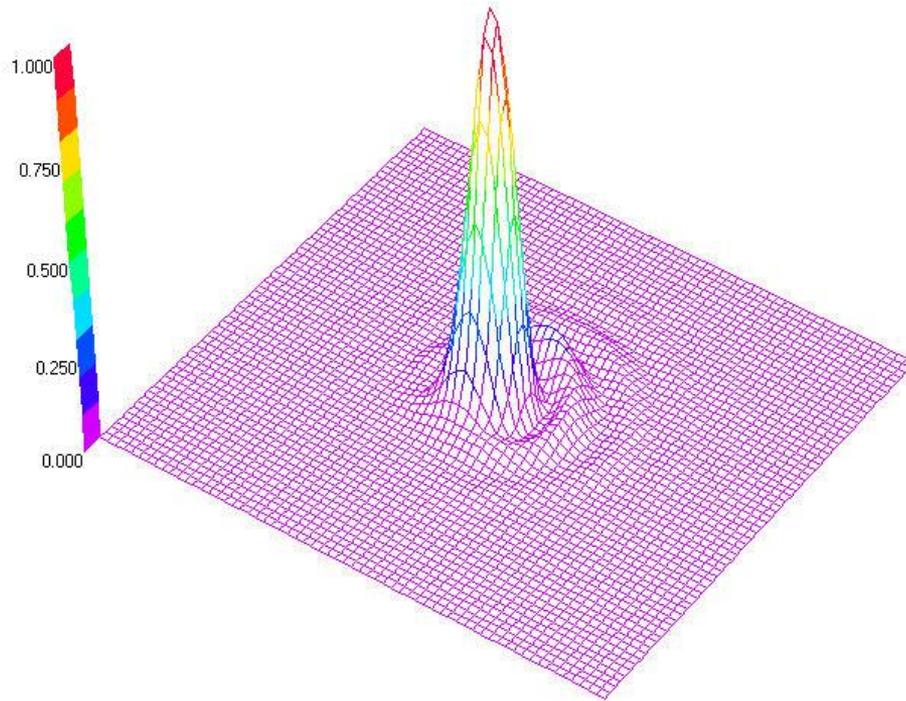
- La **fonction d'étalement du point** (*Point Spread Function* ou *PSF* en anglais) est une fonction mathématique décrivant la réponse d'un système d'imagerie à une source ponctuelle.
- La **fonction de transfert de modulation**, FTM en français ou *MTF (Modulation Transfer Function)* en anglais, est une fonction qui donne une présentation synthétique du contraste et de la résolution d'un système optique.

Fonction d'étalement du point

(*Point Spread Function*, ou *PSF*)

- La PSF décrit la réponse d'un système d'imagerie à une **source ponctuelle**. La PSF est l'équivalent bidimensionnel de la réponse impulsionnelle utilisée en traitement du signal.
- La PSF quantifie l'**étalement** du point lumineux dans l'image, considéré comme un défaut. Pour un système optique sans aberrations (i.e. stigmatique) la PSF correspond au profil de diffraction de l'image.





Exemple de PSF et définition de la largeur à mi hauteur
(*Full Width Half Maximum - FWHM*).

Importance de la PSF

- En astronomie, la largeur de la PSF d'une étoile sur une image permet de calculer la valeur du seeing.
- La nature de la PSF dépend généralement de l'appareil optique, mais en ce qui concerne l'observation du ciel, ce sont les perturbations atmosphériques qui dominent sur les effets de diffraction.
- En microscopie, la PSF permet entre autres de déterminer la résolution ou des aberrations optiques. Elle peut être trouvée expérimentalement en enregistrant une image d'un objet avec une taille inférieure à la longueur d'onde utilisée. Dans le spectre visible ceci est difficile et des nano-billes fluorescentes ou des nanocristaux sont souvent utilisés.



Fonction de Transfert de Modulation

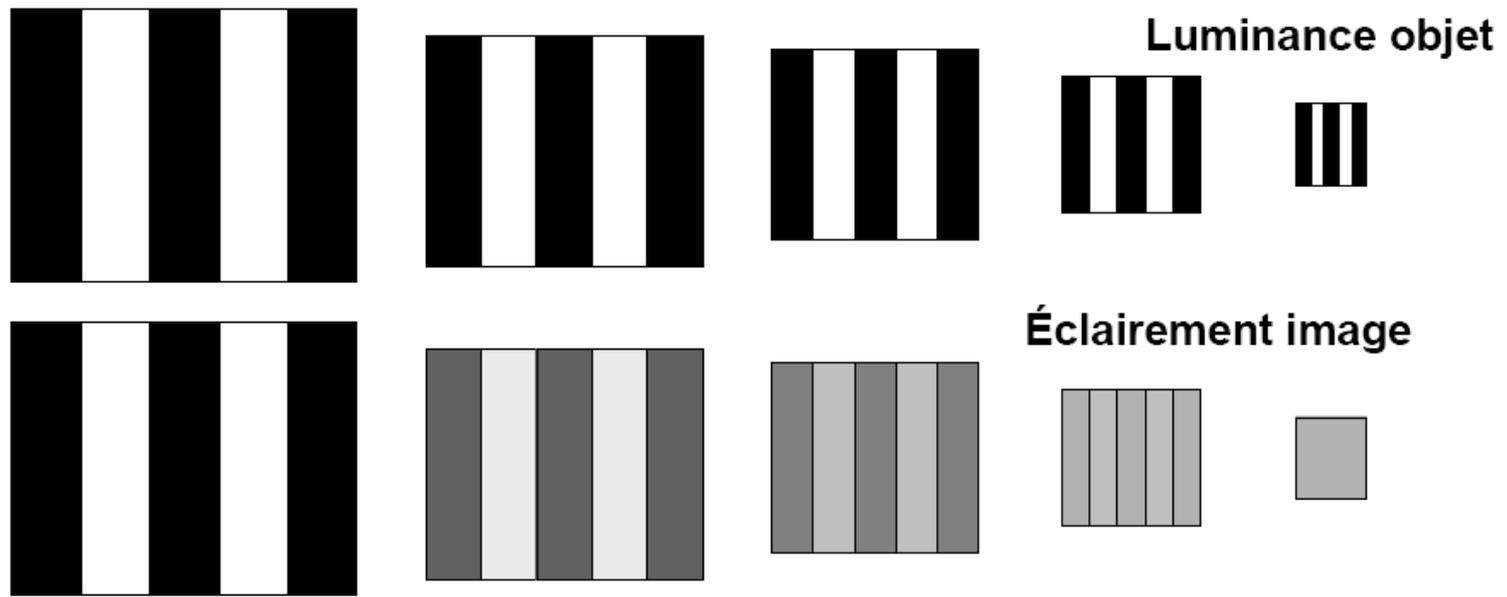
(*Modulation Transfer Function*, ou *MTF*)

La **fonction de transfert de modulation**, FTM en français ou *MTF (Modulation Transfer Function)* en anglais, est une fonction qui donne une présentation synthétique du contraste et de la résolution d'un système optique.

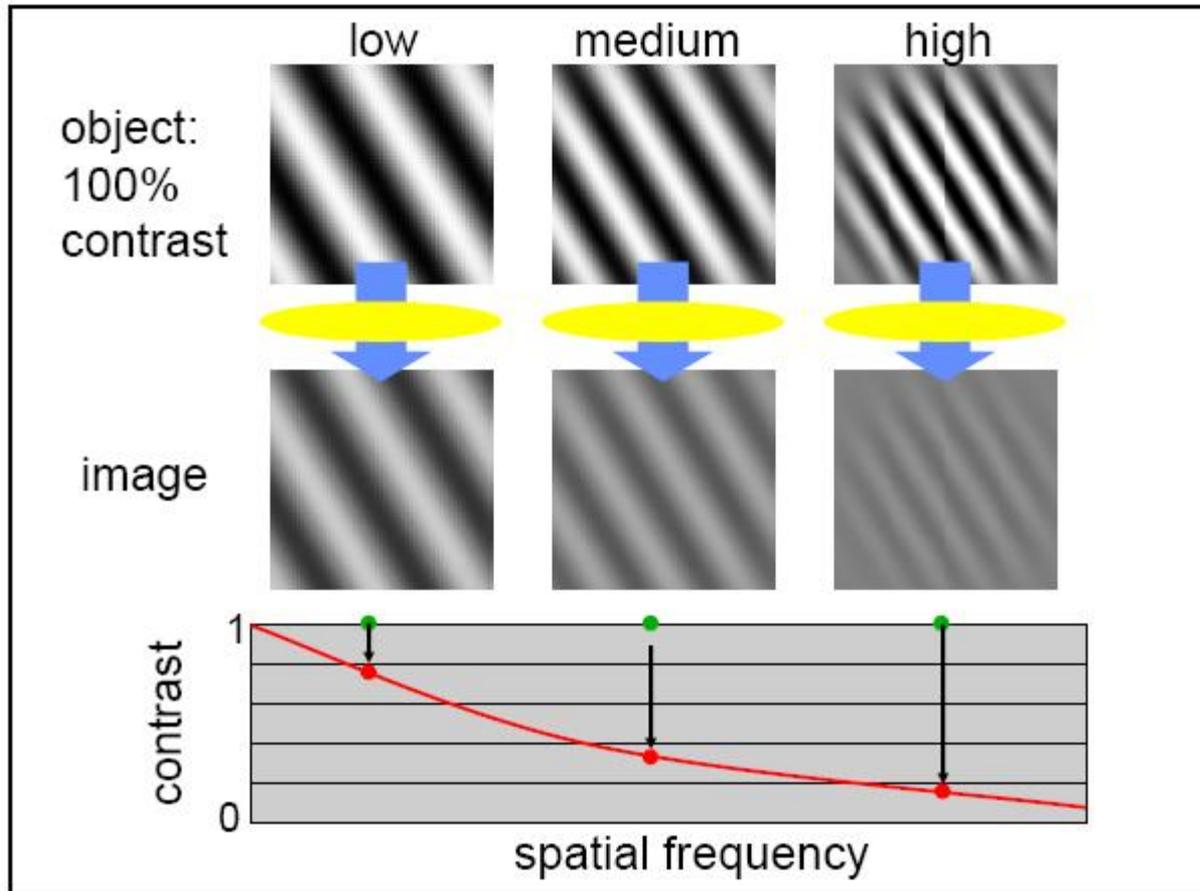
Fonction de Transfert de Modulation

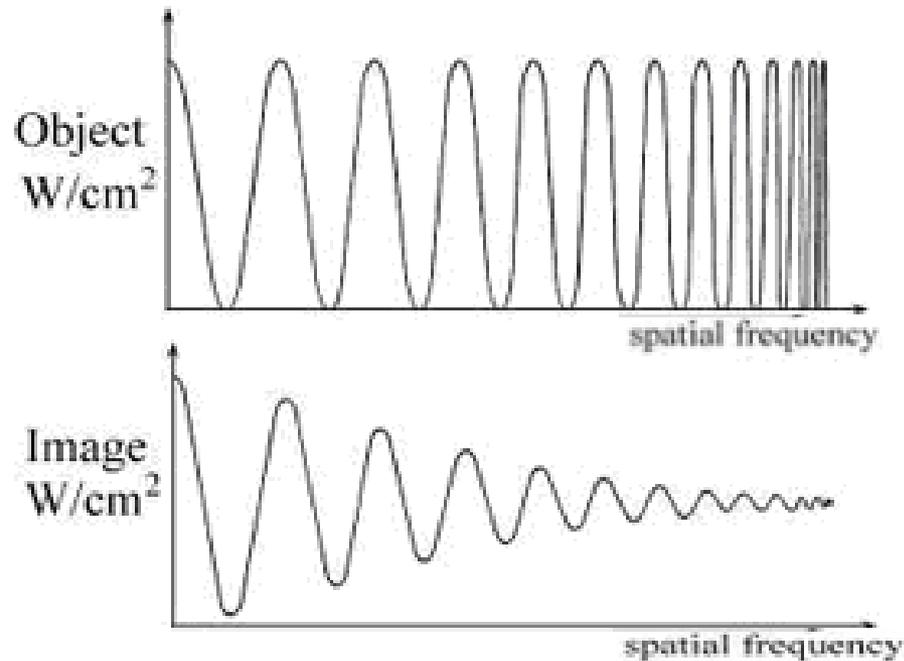
(*Modulation Transfer Function*, ou *MTF*)

Pour comprendre la **fonction de transfert de modulation** (*Modulation Transfer Function*, ou *MTF* en anglais) considérons plusieurs mires périodiques en luminance et de fréquence spatiale croissante.

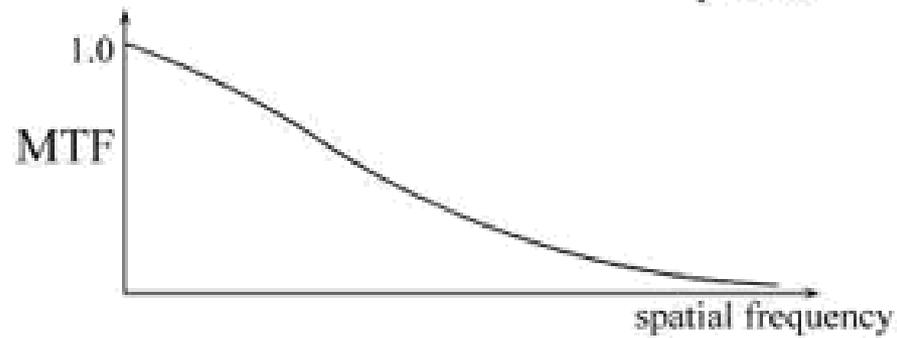


On notera que le contraste dans l'image générée par un système optique diminue pour des grandes fréquences spatiales.



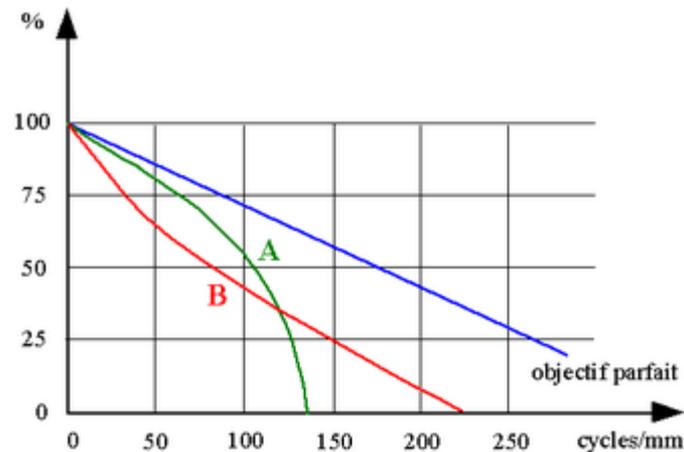


La MTF est le rapport des amplitudes de luminosité image/objet en fonction de la fréquence spatiale.



Il se trouve que la *MTF* est l'amplitude de la transformée de Fourier de la *PSF*.

- Si on appelle I_0 l'amplitude constante des variations de densité de la mire et I l'amplitude variable des densités de l'image, le rapport I/I_0 , qui diminue progressivement lorsque les traits se resserrent, caractérise la dégradation progressive du contraste de l'image et permet d'évaluer l'aptitude éventuelle d'un système optique à fournir des images riches en détails visibles.



- Un système optique « parfait » fournit des images dont la qualité baisse graduellement en raison de la diffraction. La courbe A est celle d'un objectif capable de restituer un contraste élevé malgré un pouvoir séparateur moyen. La courbe B caractérise au contraire un objectif dont le pouvoir séparateur est très bon mais qui donnera cependant à l'usage des images beaucoup plus « molles » que le premier ...
- La fréquence spatiale au-delà de laquelle aucune information n'est transmise dans l'espace image et appelée **fréquence de coupure de l'optique**.

- Il se trouve que la *MTF* est l'amplitude de la transformée de Fourier de la *PSF*.
- La MTF est influencée à la fois par la diffraction du système optique (donc le diamètre de son diaphragme):

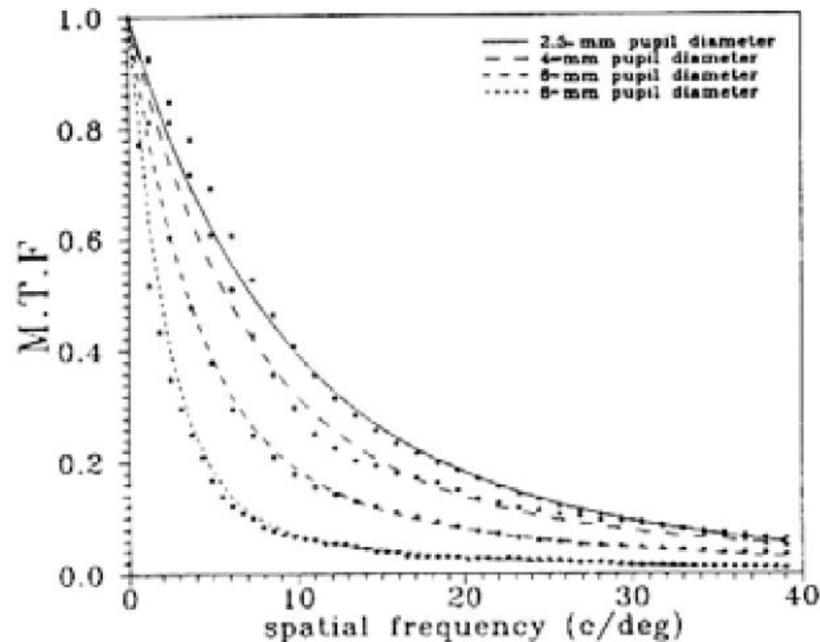


Fig. 3. Average MTF's for four pupil diameters (symbols) and the analytical approximations (curves).

... et par les aberrations optiques (astigmatisme, coma, etc.).

Importance de la MTF

- La MTF est une donnée très importante dans l'évaluation de la qualité de tout système d'imagerie, tel que par exemple un instrument astronomique.
- Les photographes utilisent en priorité la MTF pour l'évaluation des optiques photographiques. Les valeurs de référence sont :
 - -La MTF à 10 et 30 cycles par mm : c'est la valeur de la courbe de MTF pour ces valeurs.
 - -La MTF50 qui donne le nombre de cycles par mm pour un contraste de 0,5.
- Voici par exemple les courbes pour un objectif photographique mesuré sur une diagonale de 21mm. Les courbes donnent les MTF10 et 30 sur les deux axes.

