

- NOTIONS TECHNIQUES
- RADIOGRAPHIE
- FLUOROSCOPIE

# INSTALLATION RADIOLOGIQUE

- tube à rayons X + “récepteur”
- tube à rayons X + grille + “récepteur”
- tube à rayon X ± grille + “récepteur” + “cellule”\*

\* cellule = *contrôle automatique d'exposition*

# TUBE à RAYONS X

- vide
- cathode (-)
- anode (+) : molybdène, tungstène, rhodium, ...
- *différence de potentiel (kV)*  
*intensité de courant (mA)*  
*temps (sec)*
- foyer radiologique
- production de chaleur
- hétérogénéité du spectre d'émission

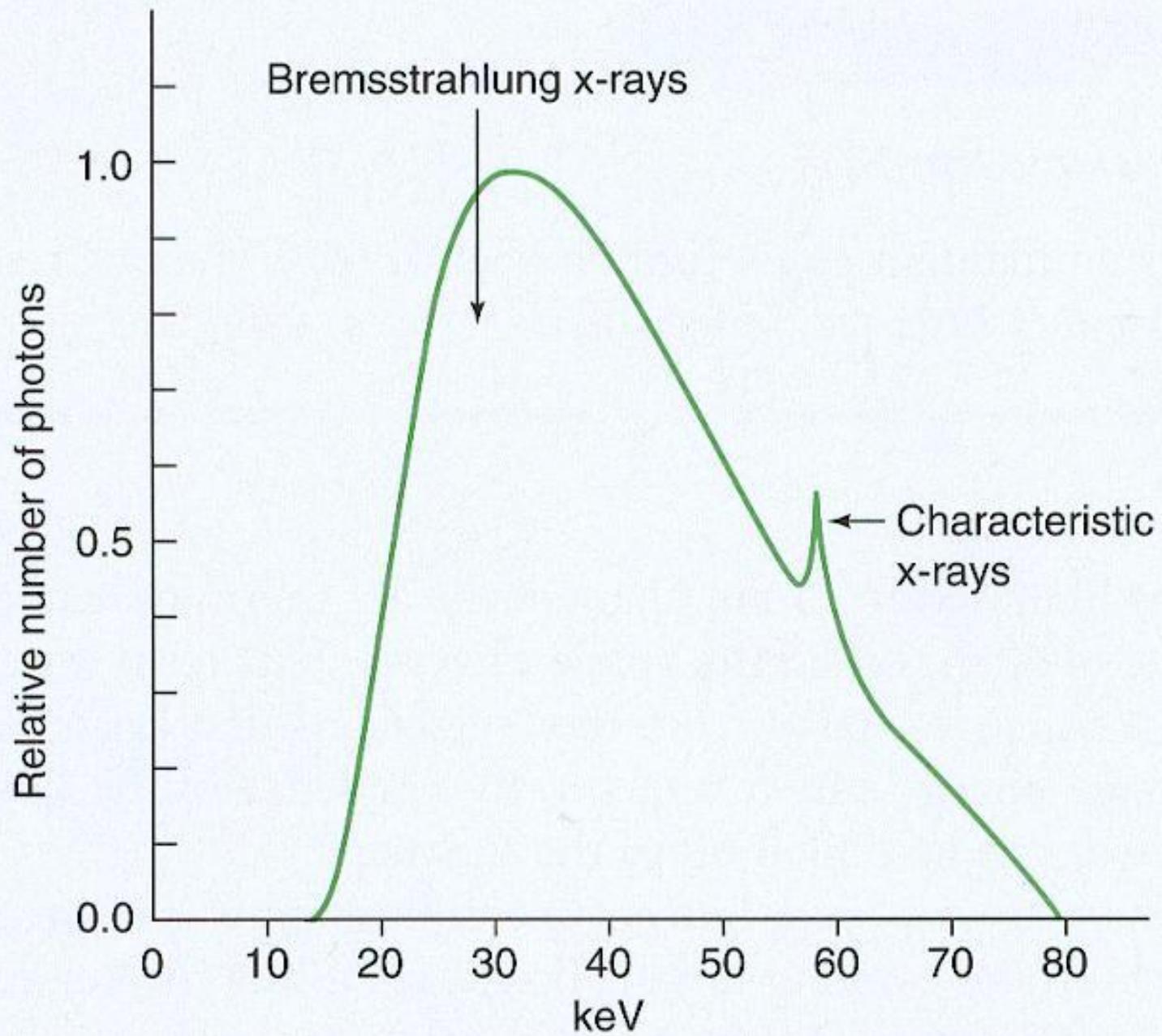
# TUBE à rayons X

- collimateur
- centreur lumineux
- diaphragmes
- filtration inhérente  $\approx 2.5$  mm Al

filtration additionnelle (Aluminium – Cuivre)

# PRODUCTION de RX

- “**Bremsstrahlung**” : phénomène de freinage
  - $< 70 \text{ kV} \rightarrow 100 \% \text{ RX} = \text{bremsstrahlung}$
  - $> 70 \text{ kV} \rightarrow 85 \% \text{ RX} = \text{bremsstrahlung}$
- interactions caractéristiques :
  - $< 70 \text{ kV} \rightarrow 0 \% \text{ du faisceau RX}$
  - $> 70 \text{ kV} \rightarrow 15 \% \text{ du faisceau RX}$



# ATTENUATION FAISCEAU RX

- effet photoélectrique
  - absorption du photon incident
  - émission de rayonnement diffusé
- effet Compton
  - pas absorption mais perte énergie
  - éjection électron périphérique (électron secondaire ou Compton)
  - changement de direction photon incident (diffusion)

# FORMATION de l'IMAGE radiologique

- production de chaleur
- hétérogénéité du spectre d'émission
- faisceau de rayons X
  - rayonnement direct
  - rayonnement diffusé
- grille anti-diffusé / air gap

# CARACTERISTIQUES des RX

- invisibles
- électriquement neutres
- pas de masse
- vitesse de la lumière dans le vide
- pas de focalisation optique
- faisceau hétérogène et polyénergétique
- déplacement en ligne droite

# CARACTERISTIQUES des RX

- permet fluorescence de certaines substances
- modifications chimiques → film (radio ou photo)
- pénétration du corps humain
- absorption ou diffusion par corps humain
- production rayonnement secondaire
- dommage aux tissus vivants

# RECEPTEUR (à rayons X)

## STATIQUE

(graphie)

- *analogique* :
  - 📁 émulsion → film
  - 📁 écrans renforçateurs → cassette
  - 📁 couple film – écran  
(classe 100-200-400-800...terres rares)
- *numérique* :
  - 📁 écrans phosphores
  - 📁 détecteurs plans (photodiodes)

## DYNAMIQUE

(scopie)

- *analogique* :
  - 📁 écran photoluminescent
  - 📁 amplificateur de brillance
- *numérique* :
  - 📁 amplificateur de brillance (plumbicon)
  - 📁 détecteur plan

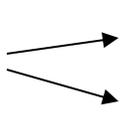
# QUANTIFICATION RADIATIONS IONISANTES

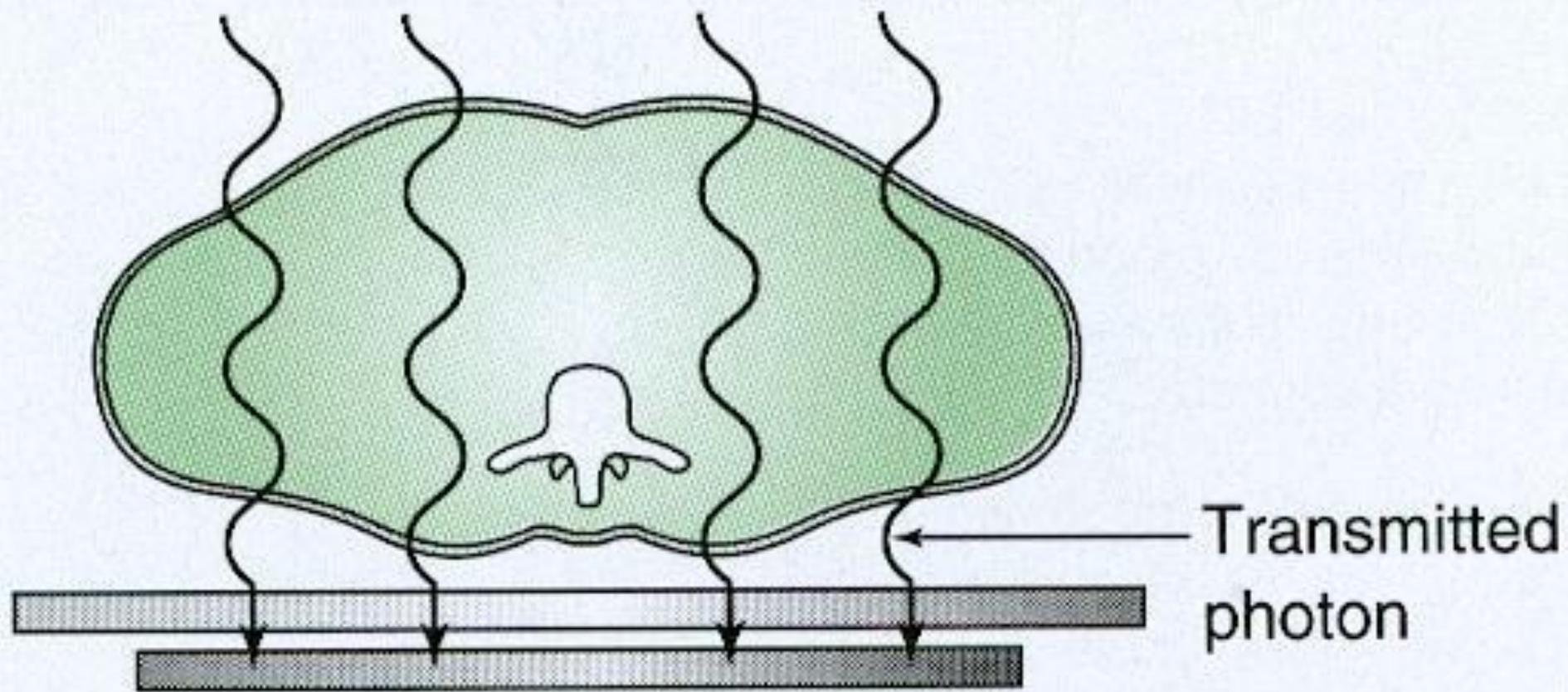
- **KERMA** (kinetic energy released per unit mass)
  - quantification énergie transférée à particules chargées par rayon photonique
  - unité = Gray (Gy)
  - 1 Gy de Kerma équivaut 1 J/kg
  - pour air 1 Gy de Kerma = 115 R exposition  
1 cGy  $\cong$  1 R
- **DOSE ABSORBÉE** (unité : Gy)
  - radiodiagnostic : équivalence dose absorbée / Kerma
- **DOSE ORGANE**
  - énergie totale absorbée par unité de masse d'organe

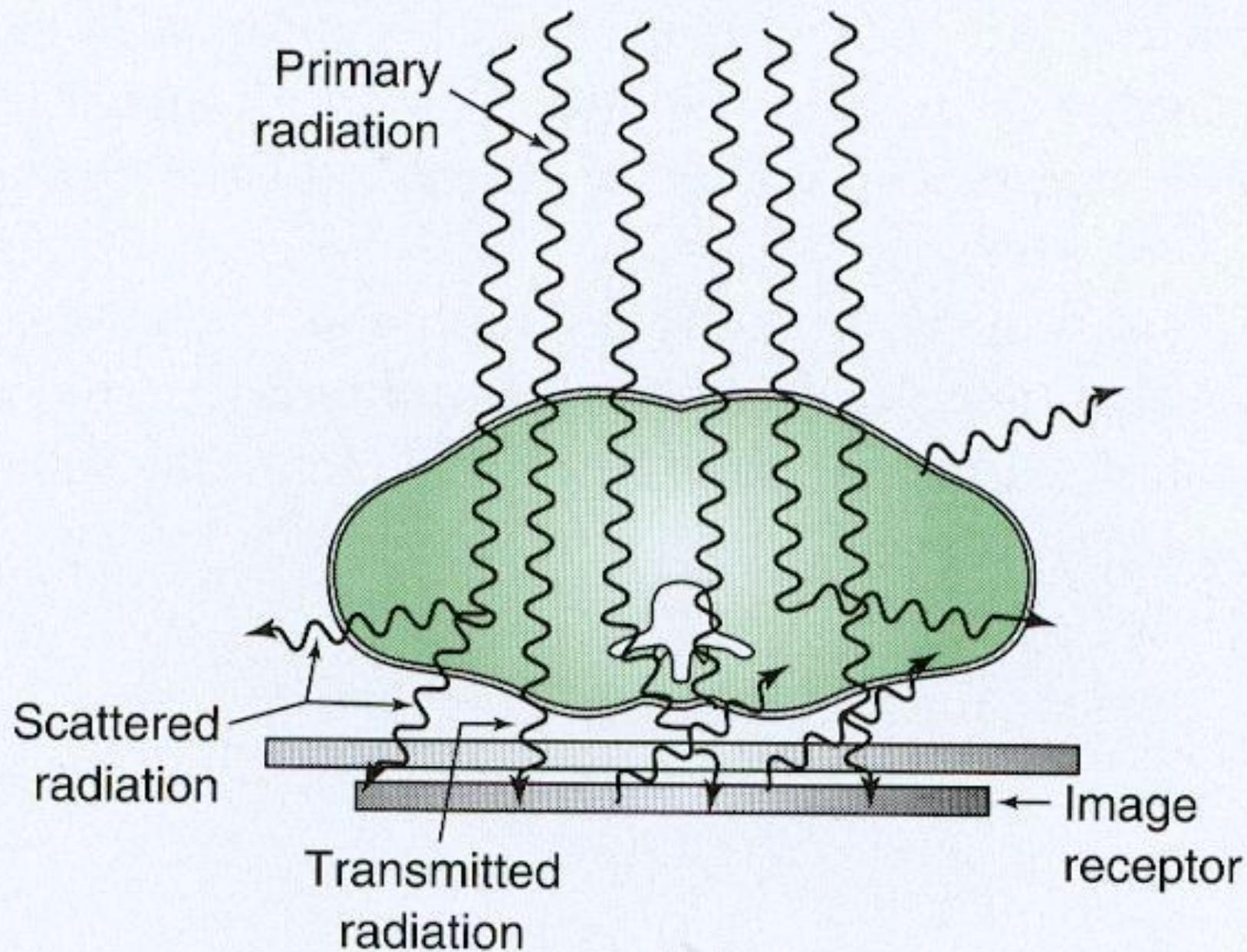
# QUANTIFICATION RISQUE BIOLOGIQUE

- facteur de pondération radiologique ( $W_R$ )
  - dose équivalente
  - unité : sievert (Sv)
- facteur de pondération tissulaire ( $W_T$ )
  - dose effective
  - risque :
    - cancer pour différents organes
    - effets héréditaires pour descendance

# GRANDEURS et MESURES utilisées

- dose absorbée (Gy ou mGy)
- débit dose absorbée (mGy/min ou mGy/h)
- dose surface entrée (ESD)  thermoluminescent  
chambre ionisation
- Kerma
- dose organe (facteur de conversion : incidence)
- produit dose-surface (DAP) : mGy.cm<sup>2</sup>





# Facteur de rétrodiffusion

- rayonnement rétro-diffusé
- amplifie dose absorbée
- dépend énergie faisceau et champ
- pratique habituelle : 1,3 à 1,4

# RADIOPROTECTION

- patient :
  - *rayonnement direct*
  - rayonnement diffusé
- opérateur :
  - *rayonnement diffusé*
  - rayonnement direct
  - **protection active**
  - protection passive

# DOSE à SURFACE d'entrée

- proportionnelle :
  - intensité du courant (mA)
  - durée exposition (s.)
  - carré de différence de potentiel (kV)
- **inversément proportionnelle au CARRE de DISTANCE**

**double distance → dose % par 4**

# RADIOLOGIE CONVENTIONNELLE : dose

- énergie du faisceau et filtration
- collimation
- grille anti-diffusé
- épaisseur du patient
- combinaison film-écran et développement film

- énergie du faisceau  $f(kVp)$

- dose entrée varie avec  $(kV)^2$

- $\nearrow kV \rightarrow \nearrow$  énergie  $\rightarrow \nearrow$  pénétrabilité

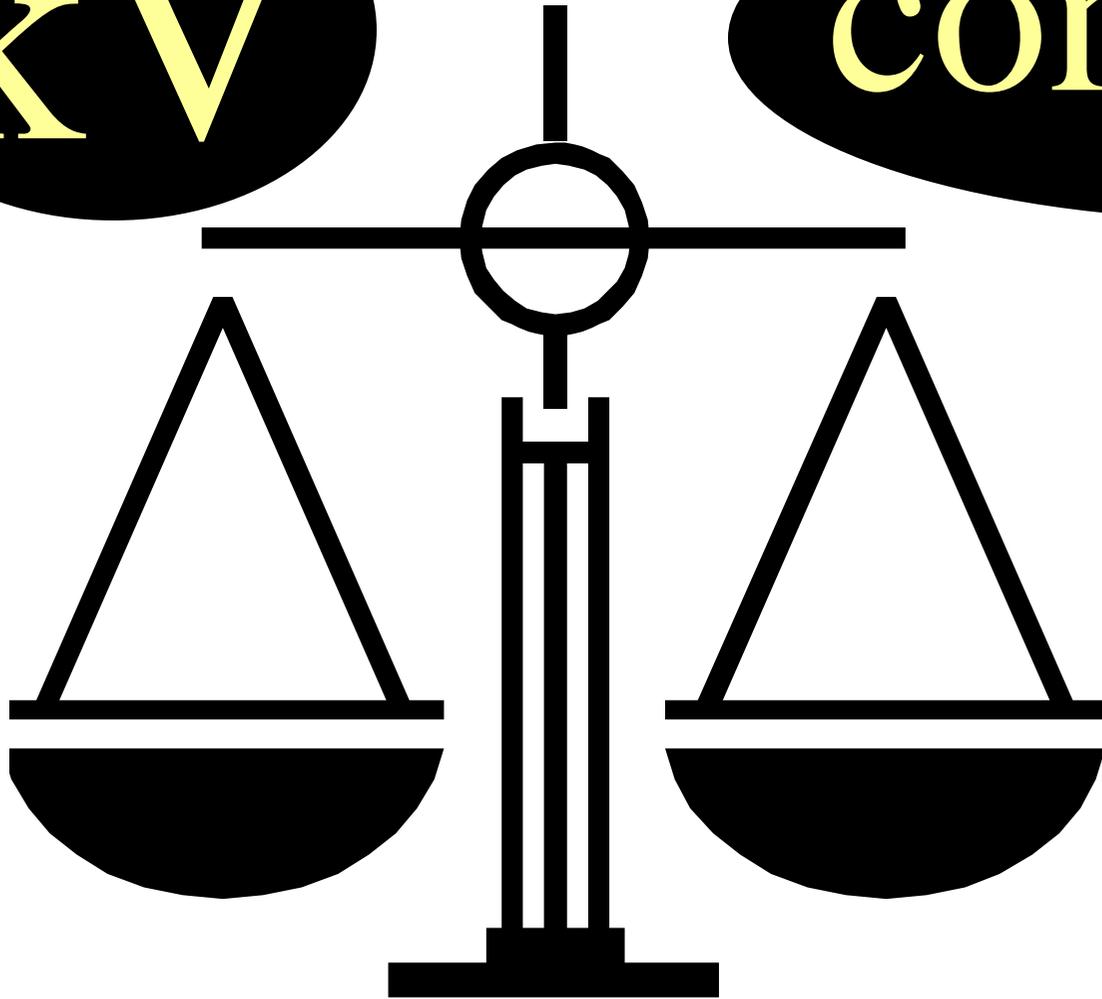
- $\rightarrow \searrow$  intensité et/ou  $\searrow$  temps exposition

- $\Rightarrow \searrow$  *dose patient*

- meilleur rapport de transmission

kV

contrast



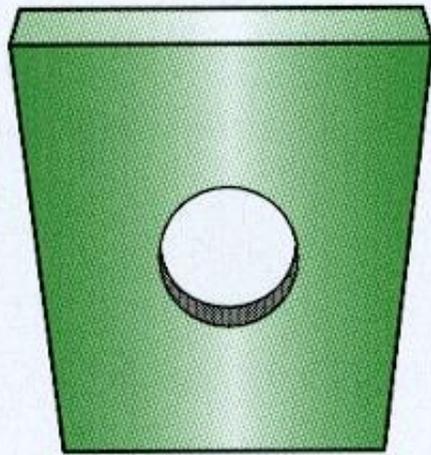
- filtration

- $> 70 \text{ kV} \rightarrow$  min. 2,5 mm. Al. ou équivalent
- rayonnement de basse énergie ( $< 40 \text{ kV}$ )
- absorption complète  $< 10 \text{ kV}$
- absence filtration  $\Rightarrow$  absorption par patient
- $\nearrow$  énergie moyenne du rayonnement
- $\searrow$  du contraste de l'image
- compromis entre kV élevés, filtration et

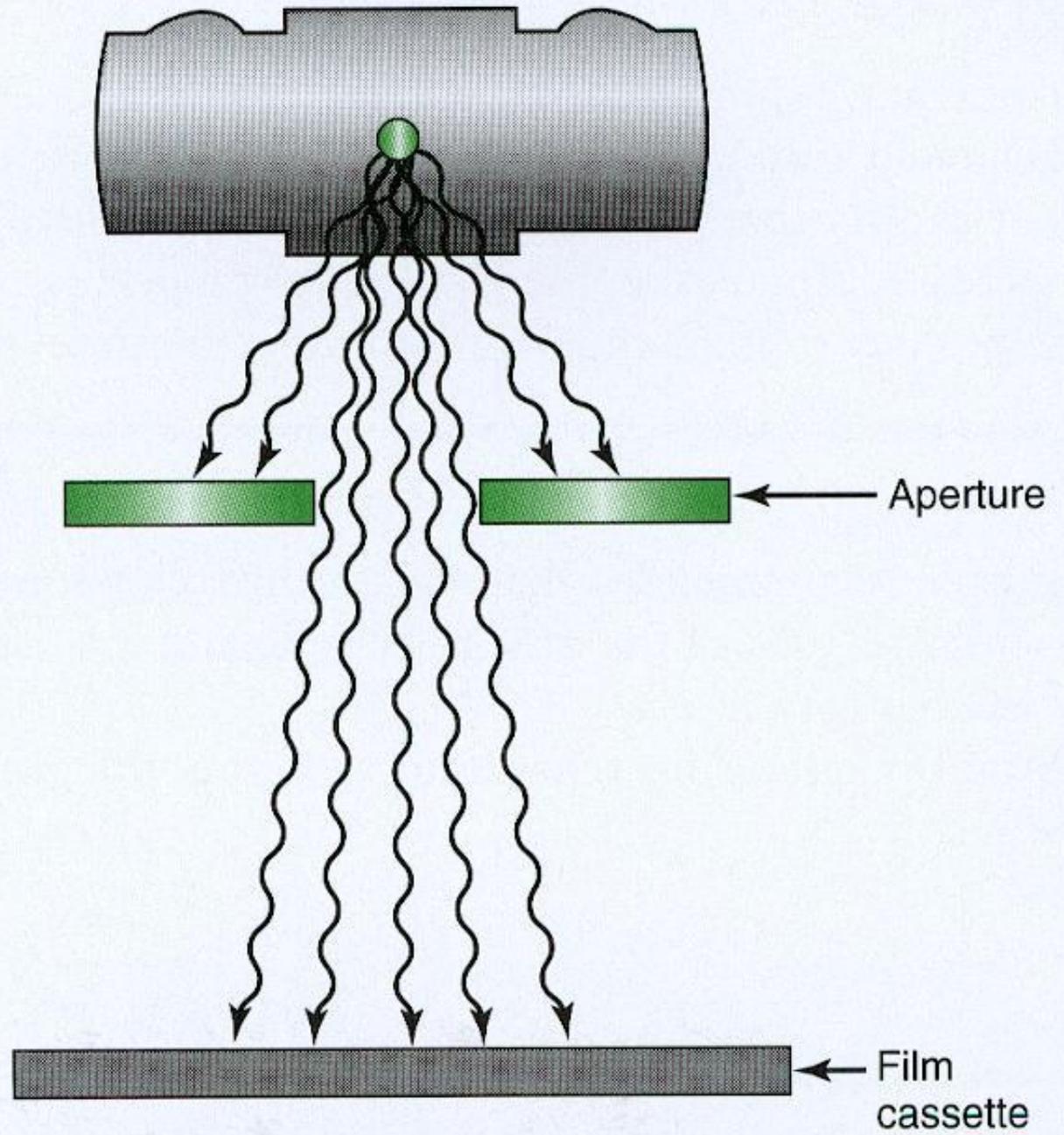
contraste image

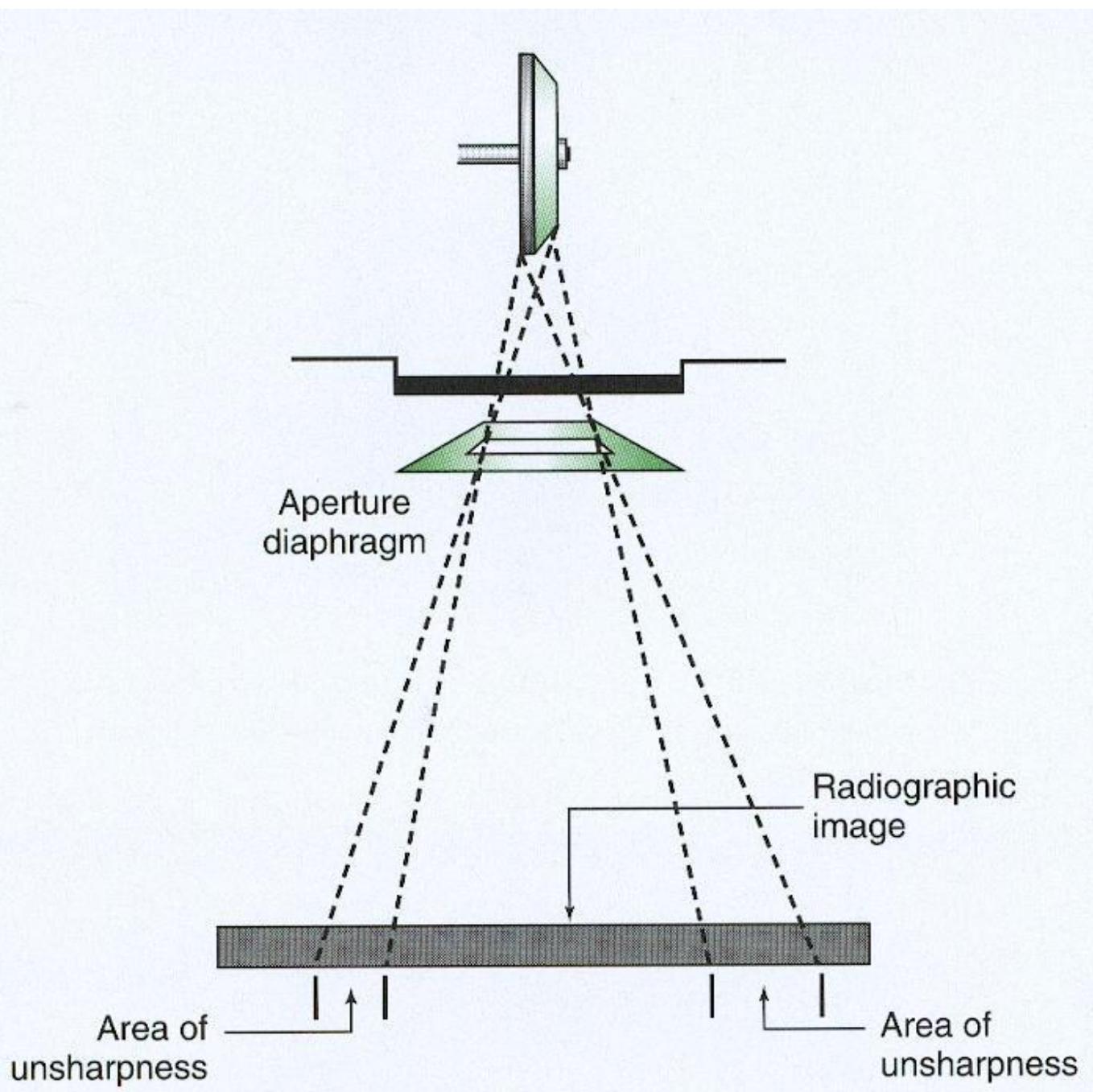
- collimation

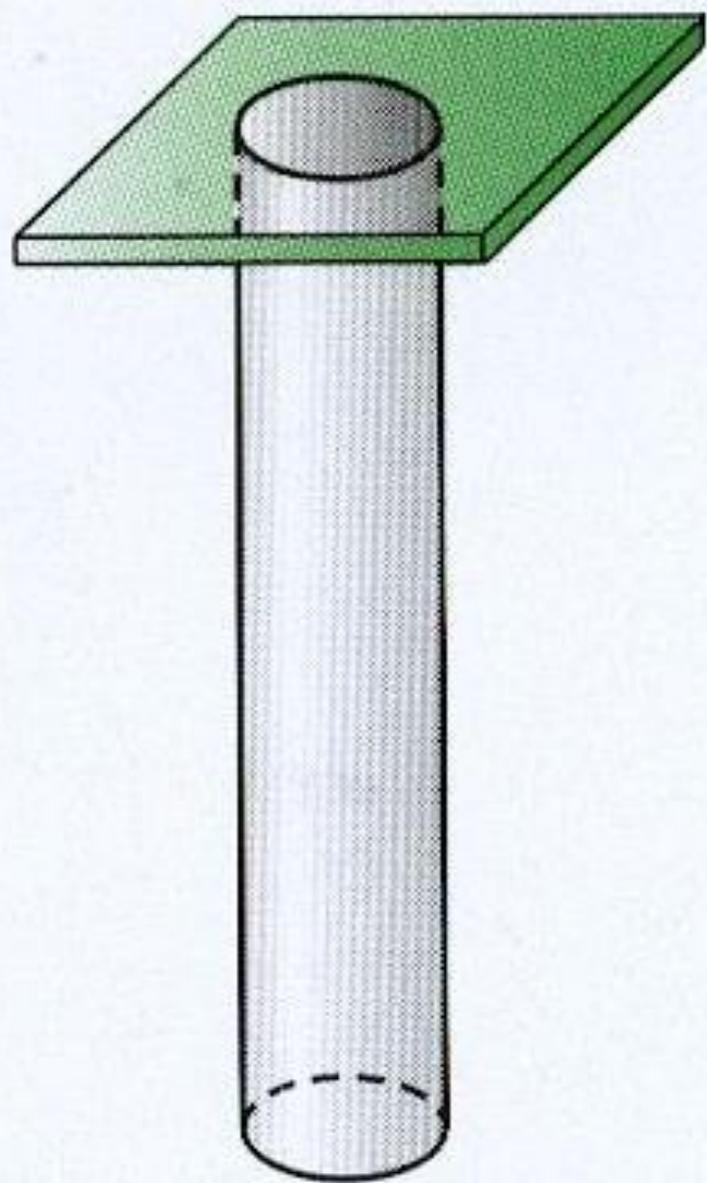
- limiter champ à zone intérêt clinique
- # importante entre dose dans / hors champ
- ↘ rayonnement diffusé (meilleur contraste)



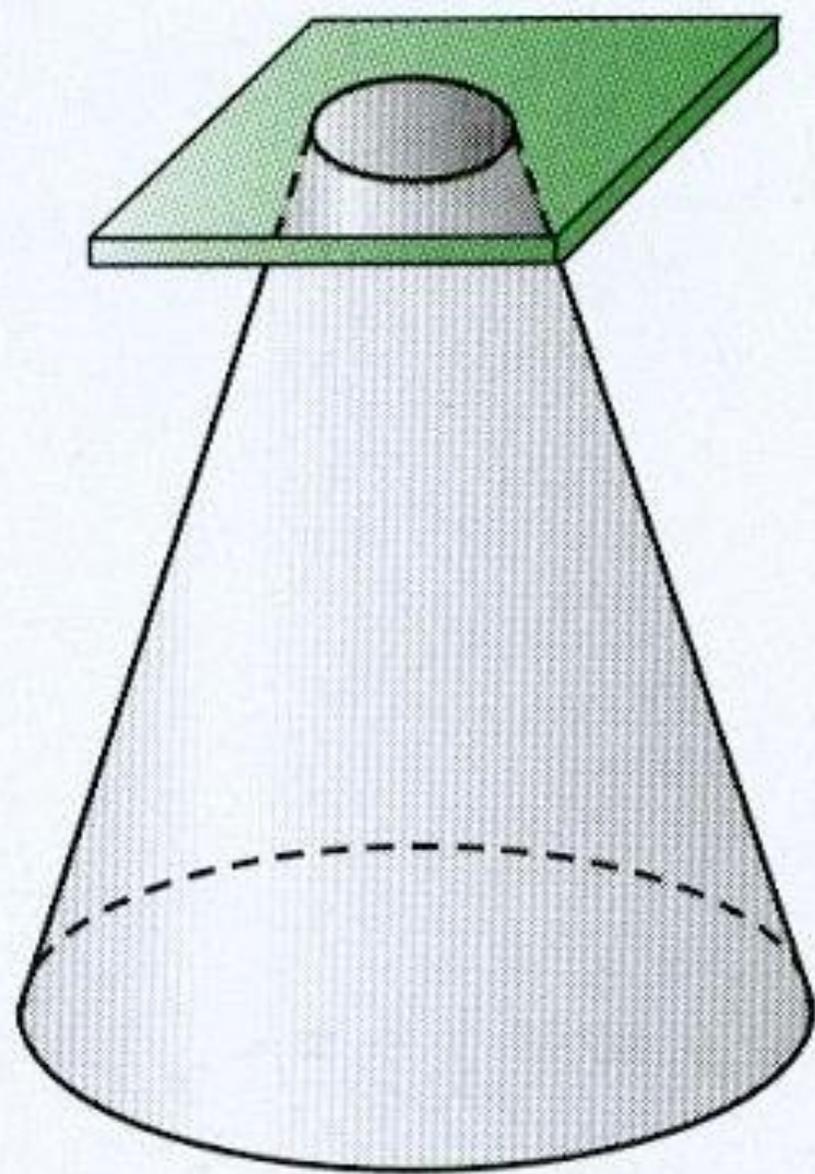
Aperture diaphragm





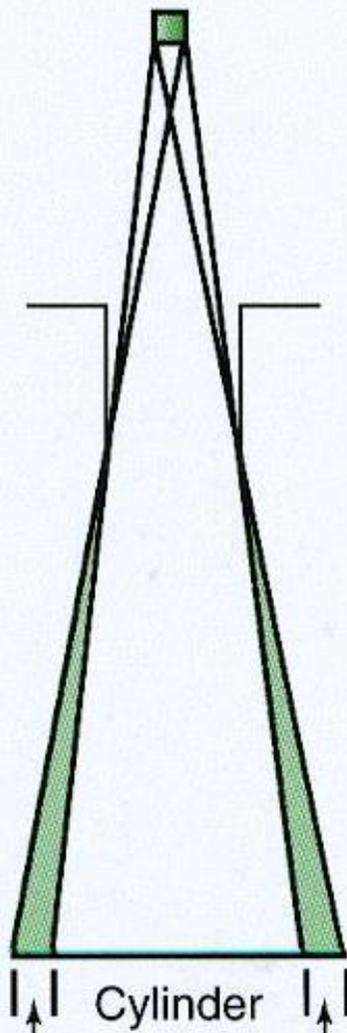


**A**

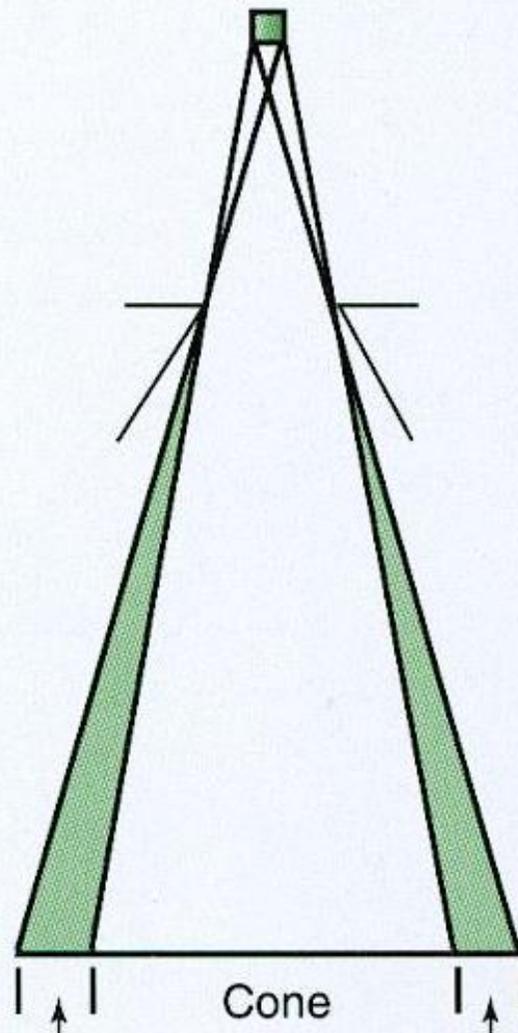


**B**

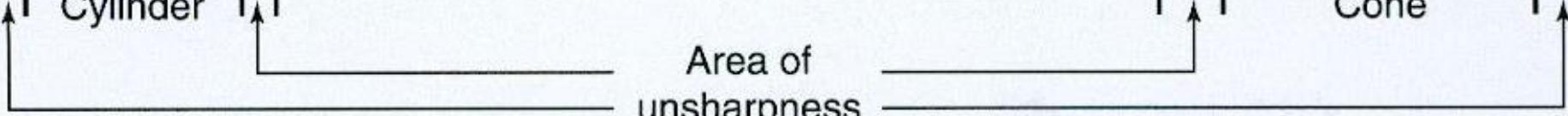
A

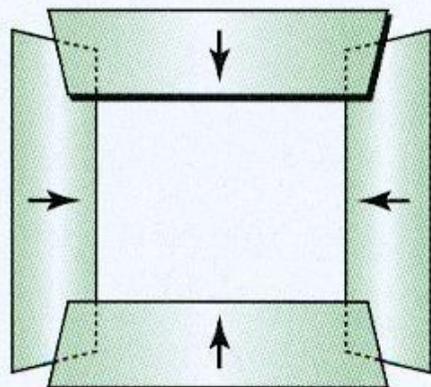


B

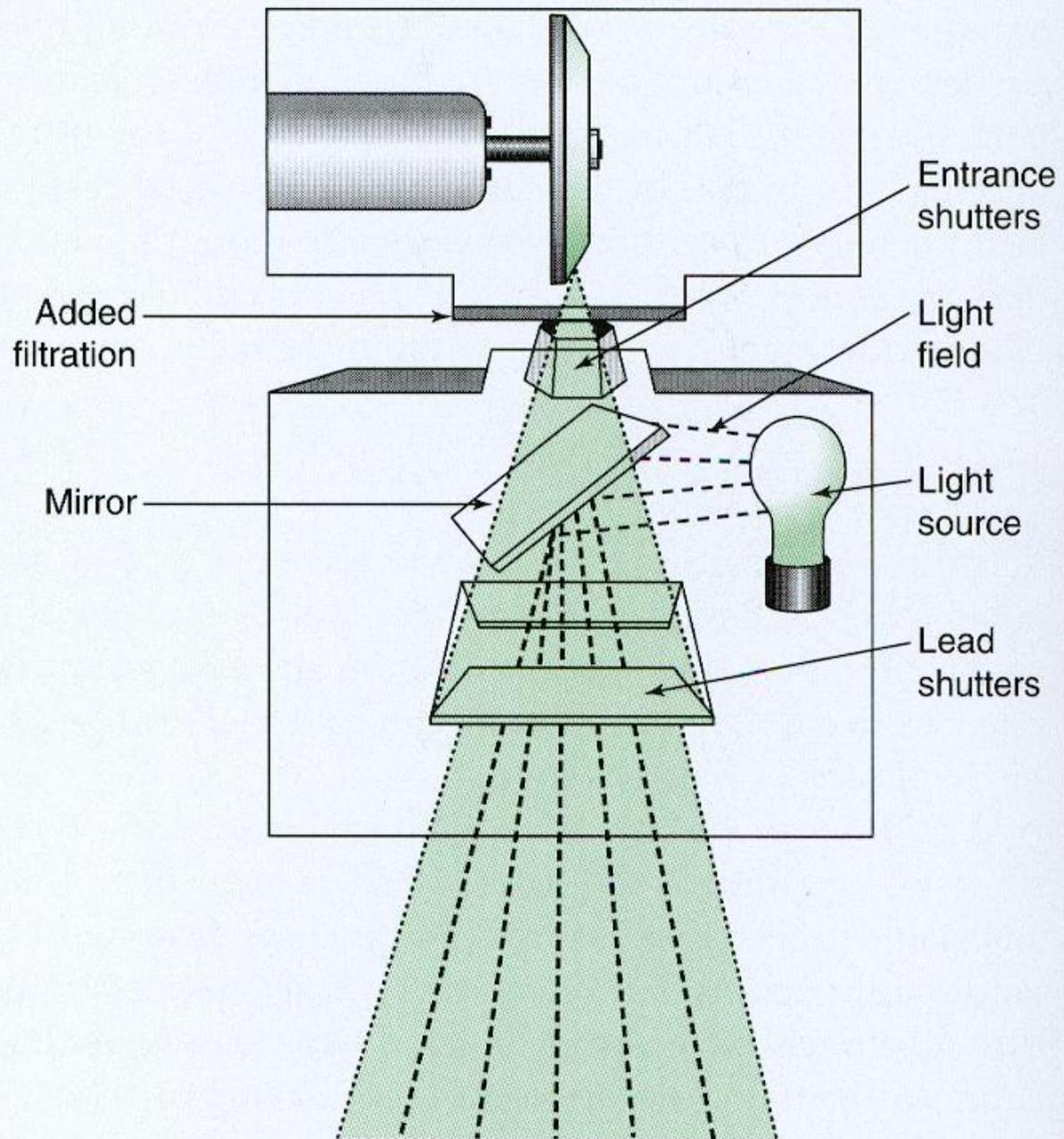


Area of unsharpness





Top view  
lead shutters



- grille anti-diffusé

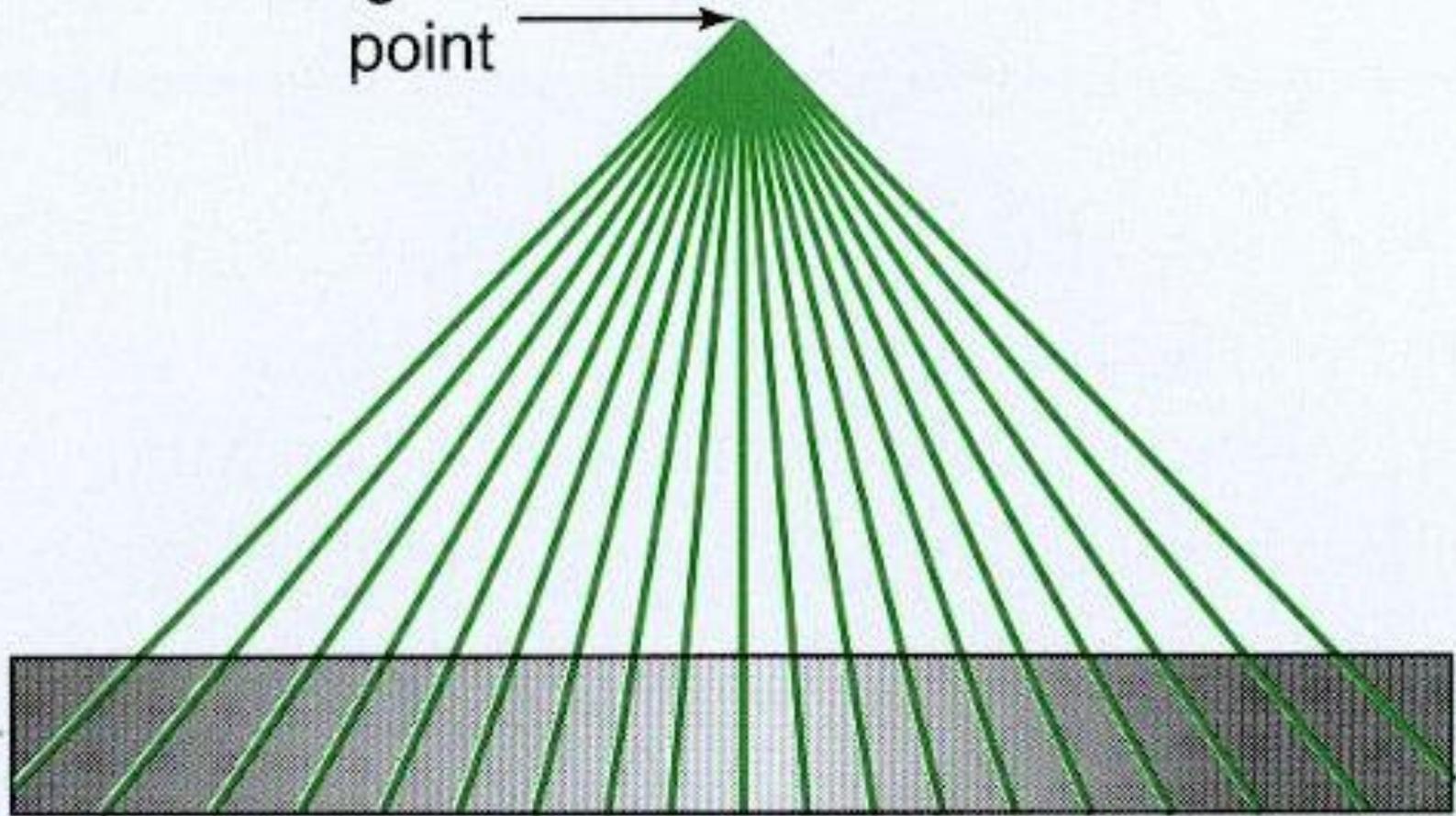
- $\searrow$  rayonnement diffusé  $\rightarrow$   $\nearrow$  contraste image
- absorption du rayon direct  $\Rightarrow$  nécessité  $\nearrow$  dose
- dose augmente de 2 à 5 fois si grille
- **facteur BUCKY** :  $\frac{\text{dose avec grille}}{\text{dose sans grille}}$
- effet grille

# GRILLE anti-DIFFUSE / AIR GAP

- rapport de grille =  $\frac{\textit{hauteur}}{\textit{espacement}}$  des lamelles
- rapport de grille ↗
  - haut kV
  - augmentation gamme dynamique des ‘gris’
  - augmentation dose patient

Convergent  
point

Crossed  
focused  
grid

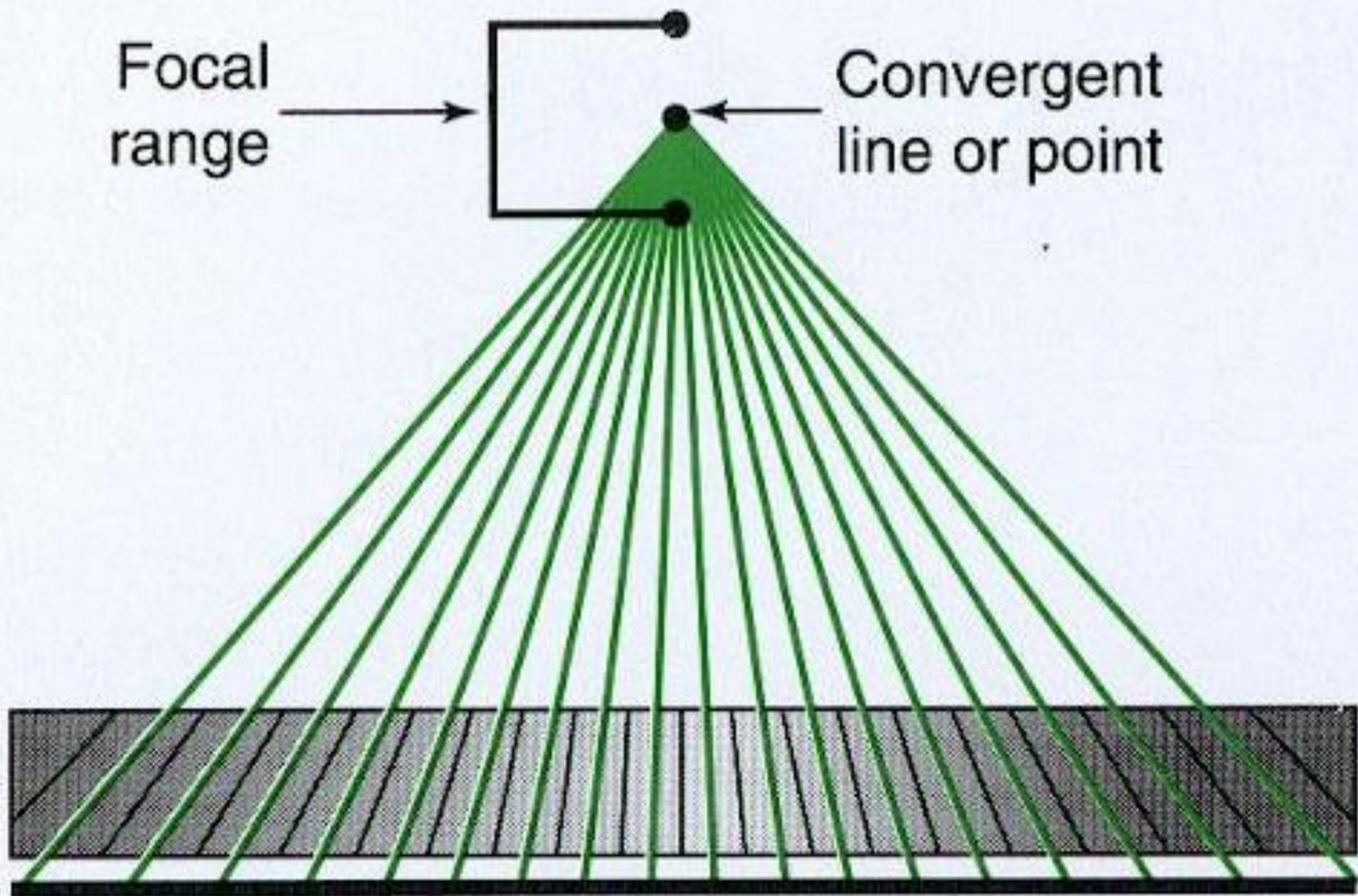


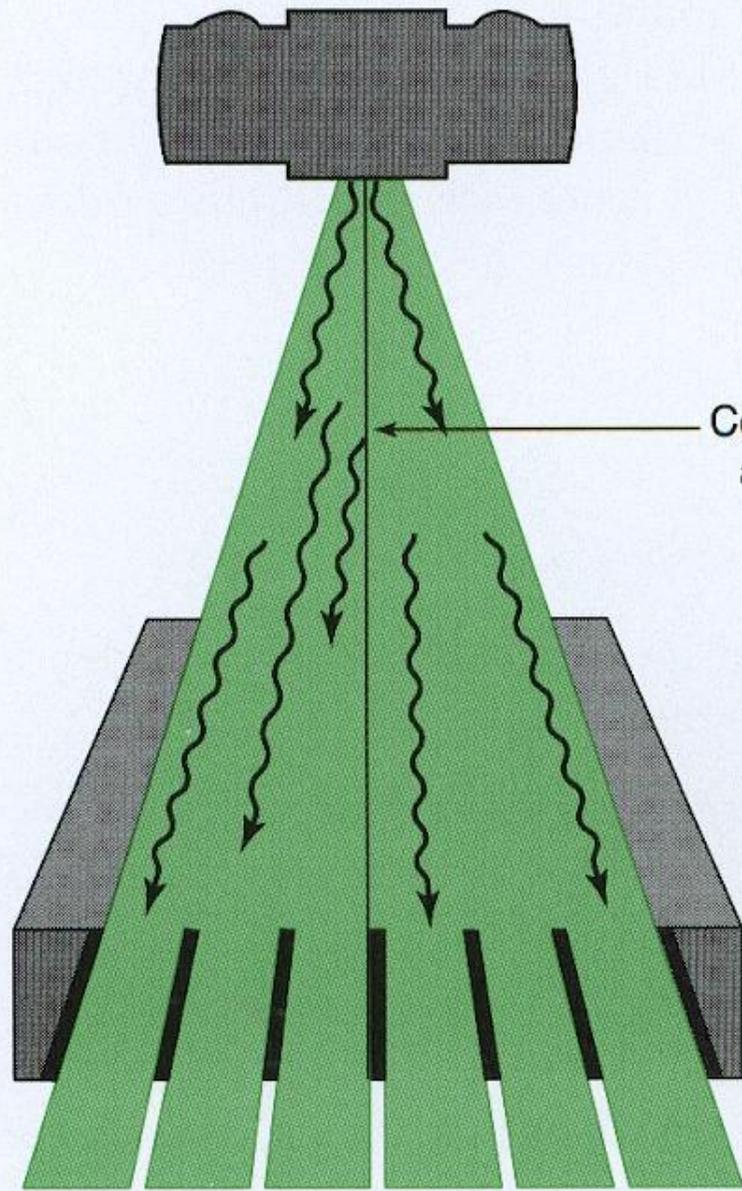
Focal  
range

Convergent  
line or point

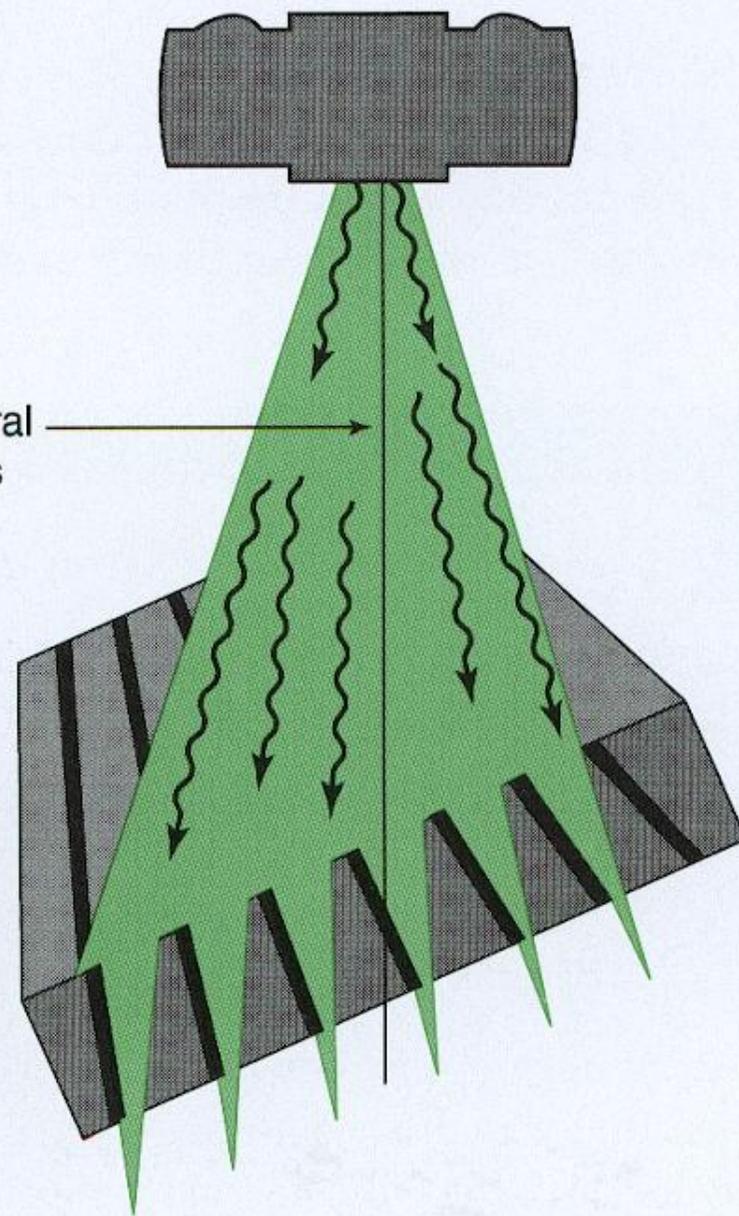
Grid

Film

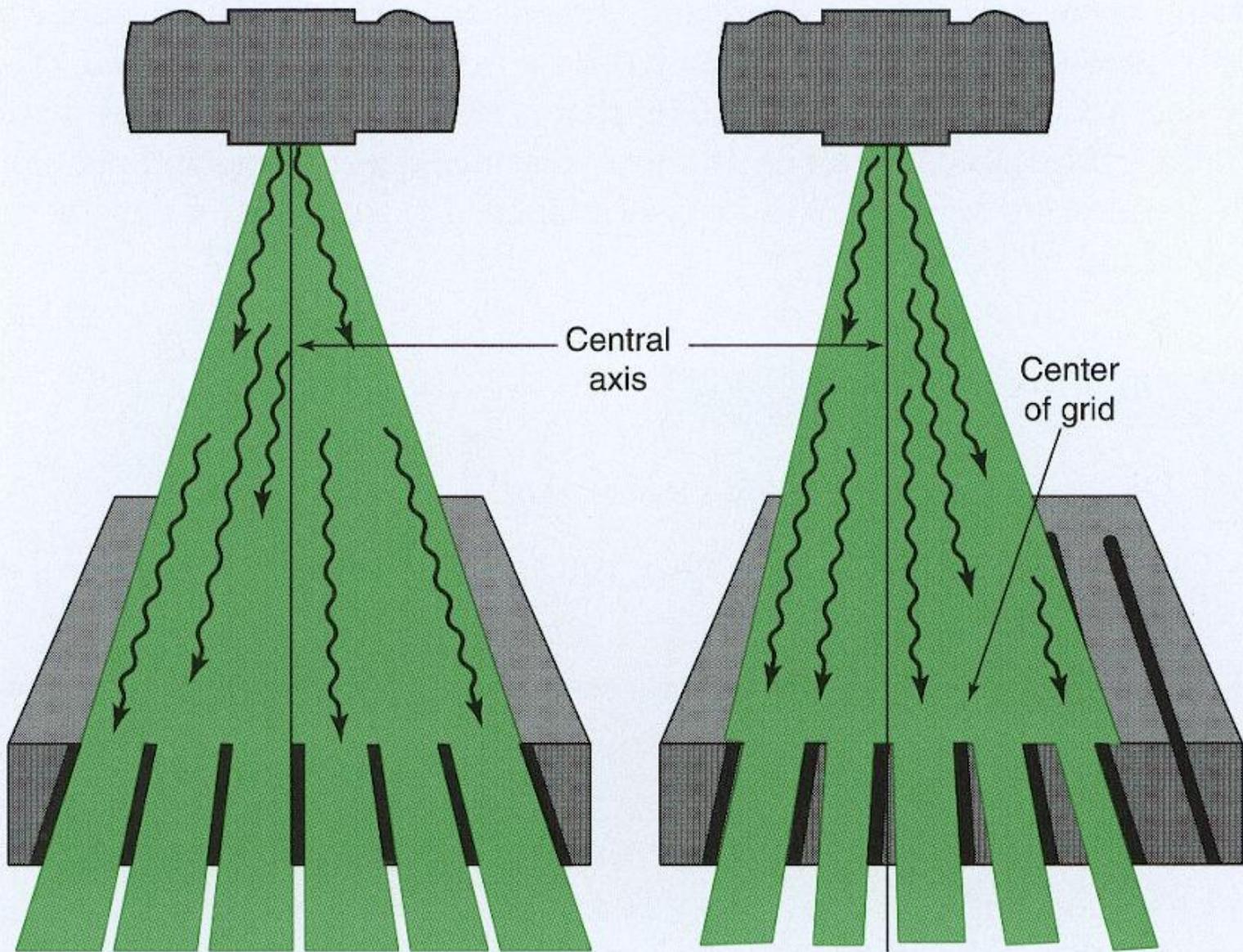




Proper position



Off level



Proper position

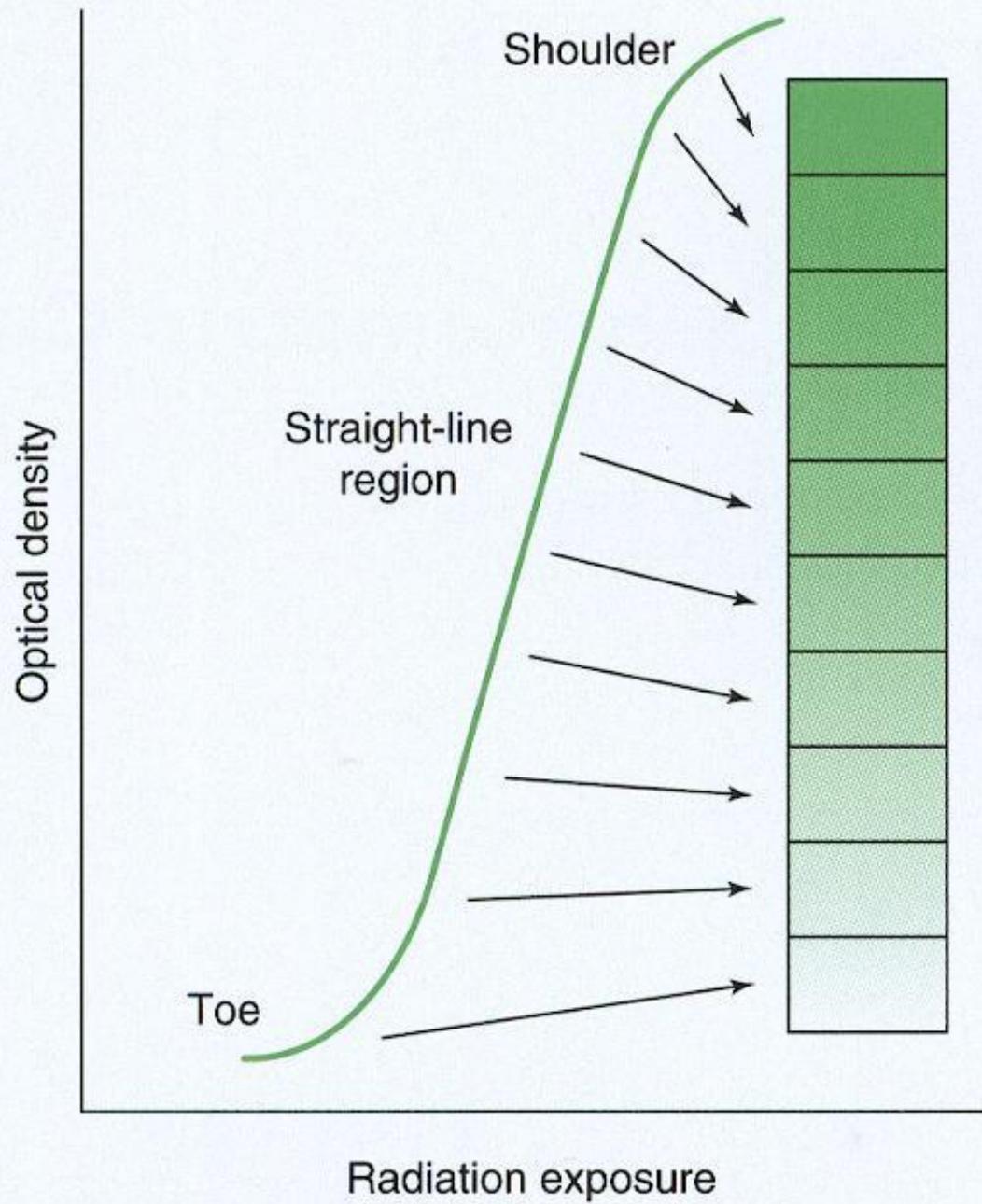
Off center

- épaisseur patient :

- épaisseur  $\nearrow$   $\rightarrow$  rayonnement incident  $\nearrow$  pour qualité image
- connaître doses en f. (régions anatomiques, taille patient)
- compression patient : sangle, ballonnets, ...

- combinaison film-écran /  
développement du film :

- auparavant : tungstate de calcium (Par speed)  
référence classe 100
- classe 400 : 2 fois moins de dose que classe 200
- $\geq$  classe 600 : terres-rares
- ↗ classe  $\Rightarrow$  perte de détail
- développement lent  $\Rightarrow$  modification des constantes !
- négatoscopes



# RADIOLOGIE NUMERIQUE : dose

- écrans phosphore photostimulable
  - tous les facteurs précédents
  - combinaison film-écran classe 200
  - latitude exposition ↗ ↗
  - possible ↘ paramètres acquisition MAIS ↗ bruit
  - tendance au surdosage

# RADIOLOGIE NUMERIQUE : dose

- capture directe
  - → photodiodes → signal numérique
  - large gamme dynamique
  - possibilités de post-traitement image
  - facilité d'obtention image !

# RADIOGRAPHIE

- énergie du rayonnement (kV – mA)
- filtration
- collimation
- taille/épaisseur patient
- “image processing”

# RADIOSCOPIE

- idem que radiographie
- distance foyer-peau
- distance patient – “récepteur”
- durée d'exposition

# FLUOROSCOPIE

- contrôle qualité → toute la chaîne
- importance de l'opérateur
- *observation effets déterministes* → *radiodermites*  
→ *radiologie interventionnelle*
- facteurs influençant la dose :
  - énergie du faisceau et intensité courant
  - collimation
  - *distance foyer-peau*
  - *distance patient- "récepteur"*
  - agrandissement
  - grille
  - corpulence patient
  - *durée procédure*

# FAISCEAU de RX :

- faisceau primaire
  - absorption (effet photo-électrique)
  - transmission : 5 à 15 % → image
  - émission : diffusé primaire
- diffusé primaire
  - toutes directions
  - patient & PERSONNEL
  - *diffusé secondaire* < diffusé primaire (énergie)
- rayonnement “perdu” = diffusé + fuite au tube

# Facteurs influençant la dose (fluoro.)

- énergie du faisceau et intensité de courant
  - $\uparrow$  kV  $\rightarrow$   $\searrow$  intensité courant  $\rightarrow$   $\searrow$  dose
    - $\rightarrow$   $\searrow$  contraste image
    - $\rightarrow$   $\uparrow$  rayon. diffusé
  - compromis à trouver
  - réglage automatique de scopie !

# Facteurs influençant la dose (fluoro.)

- collimation

- petit champ

- diaphragmes

# Facteurs influençant la dose (fluoro.)

- distance foyer-peau
  - loi : inverse du carré de distance
- distance patient – “récepteur” (ampli)
  - $\searrow$  distance  $\rightarrow$   $\searrow$  dose
  - $\rightarrow$   $\nearrow$  diffusé au récepteur (qualité image ?)

# Facteurs influençant la dose (fluoro.)

- grille - ablation grille →  dose (facteur  $\geq 2$ )

 sujets peu corpulents

 air gap

*peu de rayon-diffusé*

# Facteurs influençant la dose (fluoro.)

- corpulence du patient
  - ↗ rayon absorbé ou diffusé
  - ↗ kV et/ou mA
  - ↗ facteur rétrodiffusion

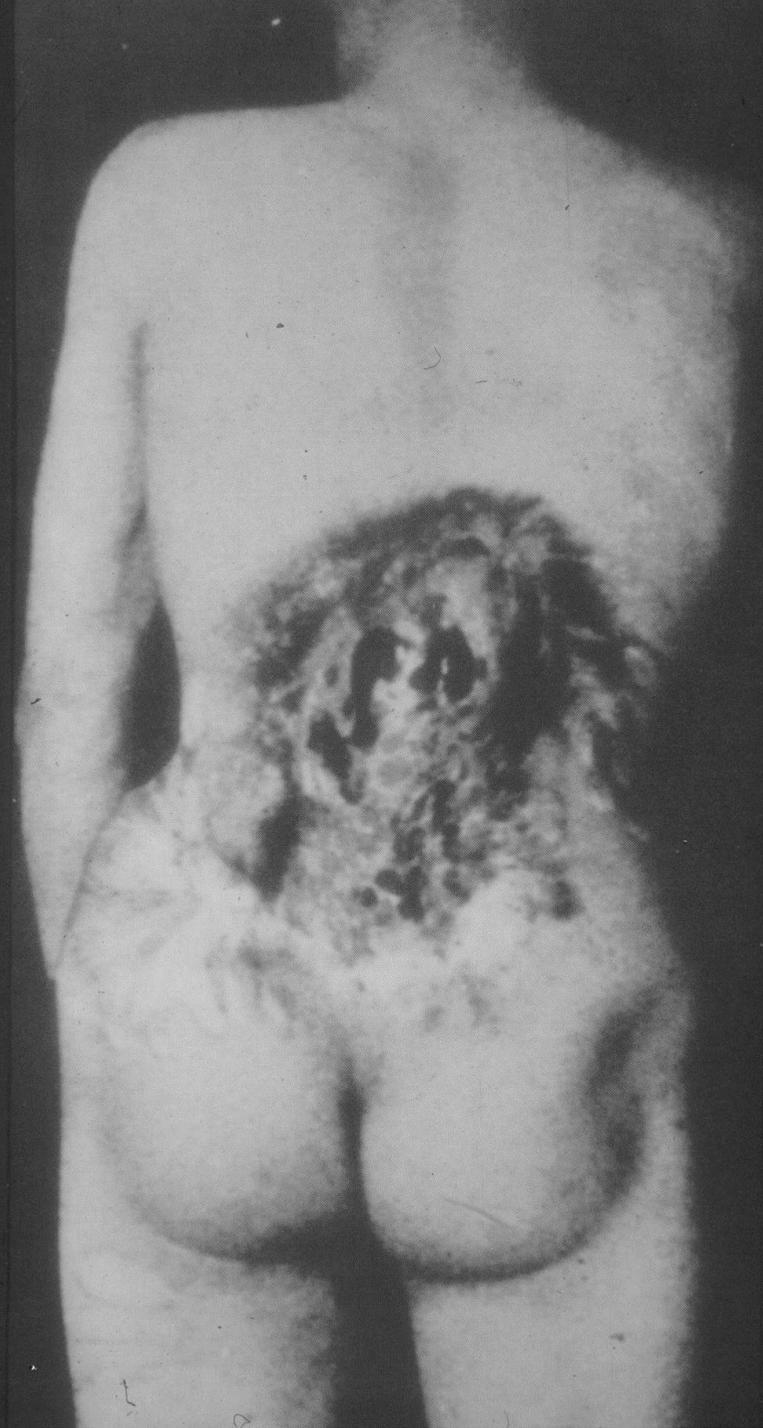
# Facteurs influençant la dose (fluoro.)

- facteur temps

- mémorisation dernière image

- scopie intermittente ou pulsée

- enregistrement du temps de scopie





17 ans - deux séances radio-ablation f. de Hiss





## ELOIGNER foyer de la peau du patient

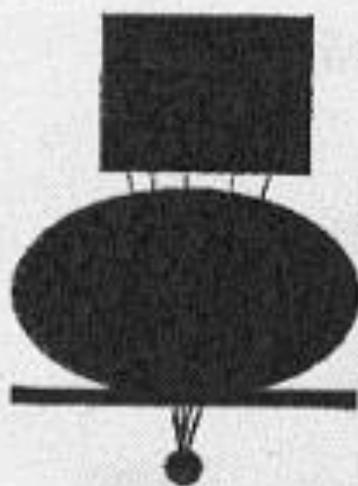
- $\geq 30$  cm
- lésions déterministes
- ↘ flou géométrique

## APPROCHER ampli. du patient

- ↘ dose sortie du tube
- barrière anti-diffusé pour opérateur
- ↘ flou géométrique

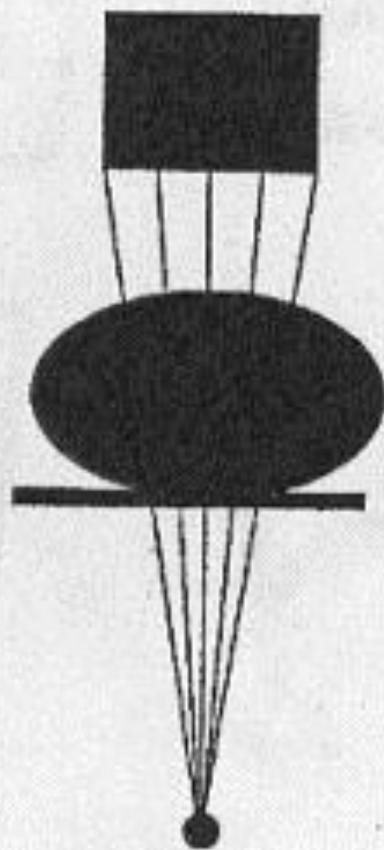
image intensifier too far ↘

patient

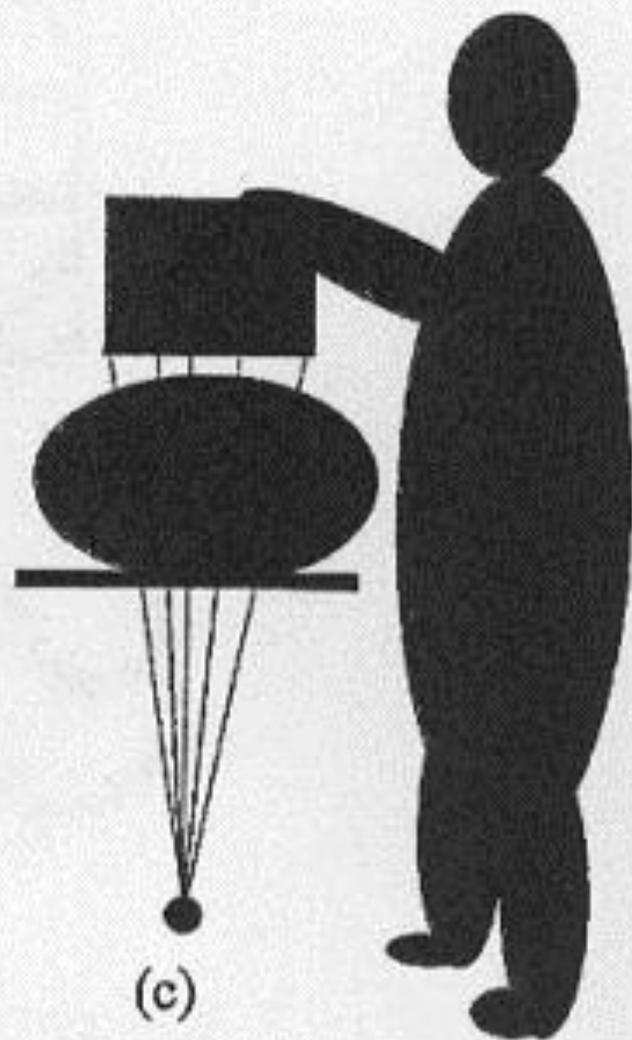


x-ray tube too close ↗

(a)



(b)



(c)

# RAYONNEMENT DIFFUSE

- proportionnel - faisceau d'entrée (dose entrée)  
- volume irradié
- règle : à 1 m → 0,1 à 0,2 % rayon. incident  
ex : air kerma 20 mGy/min  
à 1 m. du patient 20 à 40  $\mu$ g/min
- intensité - salle contrôlée < unité mobile < fluoroscopie  
- maximum émis par patient
- compromis entre dose et qualité image (bruit)

# FLUOROSCOPIE

- scopie pulsée :
  - discontinuité de irradiation
  - nécessité ↗ intensité courant pour ↘ bruit
  - gain d'un facteur 2 !
- photofluorospot et film ciné → ↗ dose
- collimation :
  - ↘ volume irradié → ↘ rayon. diffusé
  - ↗ contraste image
  - **MAIS** adaptation par automatisme d'exposition
  - ↗ dose entrée patient → ↗ rayon. diffusé
  - localisation faisceau par rapport centre patient

# FLUOROSCOPIE : protection de l'opérateur

- relation dose-patient et dose-opérateur
- temps passé en salle
- scopie + mémoire dernière image
- limiter
  - durée d'une série
  - nombre de clichés par série