



**USAID**  
DU PEUPLE AMERICAIN

# Formation aux procédures de radiographie thoracique pour les techniciens en radiologie/ radiographes

## —“Radiographie assistée par ordinateur”

Mme KHINYADANAR MOE

Consultant (Formation TB CXR), Projet IDDS/ Myanmar

# Contenu



Avantages des systèmes d'imagerie numérique



Imagerie numérique



Composants de la radiographie assistée par ordinateur



Étapes de la production d'images



Modes de post-traitement



Facteurs affectant la qualité de l'image



Artéfacts

# Avantages des systèmes d'imagerie numérique

Acquisition rapide  
d'images

Grande latitude  
d'exposition  
(Bonne visualisation des  
tissus mous et des os)

Luminosité fixe  
et  
Correction de la  
luminosité et de l'échelle  
des gris qui ne peuvent  
être ajustées

Temps d'exposition  
court

Stockage facile des  
images

Capacité à corriger une  
sous-exposition ou une  
sur-exposition du film  
sans recourir à une  
nouvelle radiographie

Diminution de la dose  
de radiation

Transmission d'images  
sur un réseau  
électronique pour une  
consultation à  
distance

Référence : Christi E. Carter, Beth L. Vealé, Radiographie numérique et PACS, 2ème édition, 2014

# Imagerie numérique

- L'image numérique est produite lorsque le signal analogique est envoyé par un convertisseur analogique-numérique pour la conversion de l'information en données numériques

Référence : Christi E. Carter, Beth L. Vealé, Radiographie numérique et PACS, 2ème édition, 2014

# “Deux types de techniques de radiographie numérique ”

1

**Radiographie assistée  
par ordinateur (CR)**

2

**Radiographie numérique  
(DR)**

Référence : Christi E. Carter, Beth L. Vealé, Radiographie numérique et PACS, 2ème édition, 2014

# Radiographie assistée par ordinateur (Système d'imagerie numérique à base de PSP)

“ La radiographie assistée par ordinateur ” est un procédé d'acquisition d'images numériques qui produit des images présentant un meilleur contraste que celui obtenu avec un système conventionnel film-écran.

Référence : Christi E. Carter, Beth L. Vealé, Radiographie numérique et PACS, 2ème édition, 2014

# Composants de la radiographie assistée par ordinateur

Plaque de phosphore de stockage photostimulable (PSP)

- Permet l'acquisition d'une image de projection radiologique

Lecteur de CR

- Permet l'extraction de l'image latente électronique

Électronique numérique

- Permet la conversion des signaux en format numérique

Référence : Christi E. Carter, Beth L. Vealé, Radiographie numérique et PACS, 2ème édition,

# Composants de la radiographie assistée par ordinateur – Cont.

## Cassette CR

- Cassette de radiographie conventionnelle identique
- Fabriquée en matière plastique légère et durable
- Recouverte d'une fine feuille d'aluminium qui absorbe les rayons X
- Au lieu d'un écran d'intensification à l'intérieur, une matière antistatique assure la protection contre l'accumulation d'électricité statique, l'accumulation de poussière et les dommages mécaniques liés à la plaque

## Le Lecteur

- Pas de produits chimiques ni de chambre noire nécessaires
- La cassette est introduite dans le lecteur
- Veuillez enlever l'IP (plaque d'imagerie) et balayer la plaque avec le laser pour libérer l'énergie stockée

Référence : Christi E. Carter, Beth L. Vealé, Radiographie numérique et PACS, 2ème édition, 2014

# Composants de la radiographie assistée par ordinateur – Cont.



## Cassette et lecteur PSP

Référence : Christi E. Carter, Beth L. Vealé, Radiographie numérique et PACS, 2ème édition, 2014

# Plaque d'imagerie (IP) ou plaque de phosphore de stockage

## Elle est constituée de plusieurs couches :

1.  
Couche  
protectrice

- Assure la protection de la couche de phosphore

2.  
Phosphore/  
Couche active

- “Piège” les électrons pendant l'exposition
- Composé de fluorohalogénures de baryum avec Eu (BaFBR 85%, BaFI - 15%) : l'euporium Eu

3.  
Couche  
réfléchissante

- Permet l'émission de lumière vers l'avant lorsqu'il est libéré dans le lecteur de cassette
- Elle prend la couleur noire pour réduire la propagation de la lumière stimulante et la fuite de la lumière émise

Référence : Christi E. Carter, Beth L. Vealé, Radiographie numérique et PACS, 2ème édition, 2014

# Plaque d'imagerie (IP) ou plaque de phosphore de stockage - Cont.

4.

Couche conductrice

- Absorbe et réduit l'électricité statique

5.

Couche de couleur

- Contient une couche de couleur
- Située entre la couche active et la couche de support, elle absorbe la lumière stimulante mais reflète la lumière émise

6.

Couche de support

- Matériau semi-rigide qui confère à la feuille d'imagerie une certaine résistance

Référence : Christi E. Carter, Beth L. Vealé, Radiographie numérique et PACS, 2ème édition, 2014

# Plaque d'imagerie (IP) ou plaque de phosphore de stockage - Cont.

7.

Couche de support

- Constitue un polymère souple qui protège l'arrière de la cassette.

Référence : Christi E. Carter, Beth L. Vealé, Radiographie numérique et PACS, 2ème édition, 2014

# Étapes de la production d'images

1

- Le radiographe sélectionne les facteurs d'exposition

2

- Après l'exposition de la plaque CR, les rayons X incidents sont exposés sur le récepteur d'image (plaque phosphoreuse de stockage - plaque d'imagerie (IP)).

**\*Plaque IP revêtue d'un phosphore à l'instar du fluorohalogénure de baryum activé à l'euporium**

3

- L'intensité des rayons X est absorbée par le phosphore et les atomes d'euporium divalents sont oxydés en atomes trivalents avec libération d'électrons dans la bande de valence par effet photoélectrique

**\*électrons → > 100 électrons libérés par photon radiographique**

Référence : Christi E. Carter, Beth L. Vealé, Radiographie numérique et PACS, 2ème édition, 2014

# Étapes de la production d'images – Cont.

4

- Ces électrons sont passés de la bande de valence à la bande de conduction, puis le rayonnement piège les électrons dans l'état **supérieur** aux centres F dans la zone interdite

*\* Centre F (également connu sous le nom de centre de couleur ou de phosphore)*

*\* Le signal piégé restera pendant une heure ou toute une journée*  
*25% du signal stocké sera perdu entre 10 min et 8 h* après l'exposition, ce qui entraîne une perte d'énergie par phosphorescence spontanée

5

- L'état supérieur forme l'image latente

Référence : Christi E. Carter, Beth L. Vealé, Radiographie numérique et PACS, 2ème édition, 2014

# Étapes de la production d'images – Cont.

6

- La cassette CR est chargée dans le lecteur

7

- L'unité de lecture accepte la cassette et retire l'IP pour qu'il puisse être scanné avec un faisceau laser hélium-néon ( $\lambda \sim 700 \text{ nm}$ )

8

- Lorsque le faisceau laser effectue plusieurs scans sur le PSP à l'aide d'un miroir rotatif à facettes multiples, le centre F absorbe de l'énergie et la transfère dans les électrons

9

- Les électrons de la bande de conduction se déplacent vers la bande de valence et ceux-ci se lient à l'europium trivalent pour se transformer en europium divalent

Référence : Christi E. Carter, Beth L. Vealé, Radiographie numérique et PACS, 2ème édition, 2014

# Étapes de la production d'images – Cont.

10

- Le laser libère les électrons piégés dans les états d'énergie supérieurs afin que ceux-ci tombent dans des états d'énergie inférieurs

11

- Les électrons émettent une lumière bleue et verte ( $\lambda \sim 300-500$  nm)  
*\* l'intensité de la lumière émise est proportionnelle à l'intensité du rayonnement X incident initial*

12

- L'énergie lumineuse bleu-vert est détectée par le guide à fibre optique et amplifiée par un tube photomultiplicateur qui recueille l'énergie lumineuse et émet un signal électronique

Référence : Christi E. Carter, Beth L. Vealé, Radiographie numérique et PACS, 2ème édition, 2014

# Étapes de la production d'images – Cont.

13

- Le signal électronique est numérisé et stocké dans la mémoire

14

- L'image est affichée sur l'ordinateur

15

- L'image peut être manipulée par différentes étapes de post-traitement : **Soustraction, Amélioration du contraste, Amélioration des contours, Inversion noir/blanc**

Référence : Christi E. Carter, Beth L. Vealé, Radiographie numérique et PACS, 2ème édition, 2014

# “Diverses étapes de post-traitement”

## *i. Soustraction :*

- Suppression des structures superposées ou indésirables de l'image

## *ii. Amélioration du contraste :*

- *Modification de l'image afin de modifier la luminosité*

## *iii. Amélioration des bords :*

- *Amélioration de la visibilité des petites zones à fort contraste*

## *iv. Inversion noir/blanc :*

- Inversion de l'échelle de gris dans l'image

\* Le post-traitement peut **compenser** les surexpositions ou sous-expositions de degré considérable (-100% à +500%)

Référence : Christi E. Carter, Beth L. Vealé, Radiographie numérique et PACS, 2ème édition, 2014

# Étapes de la production d'images – Cont.

16

- L'image peut être imprimée sur un film à l'aide d'une caméra laser.

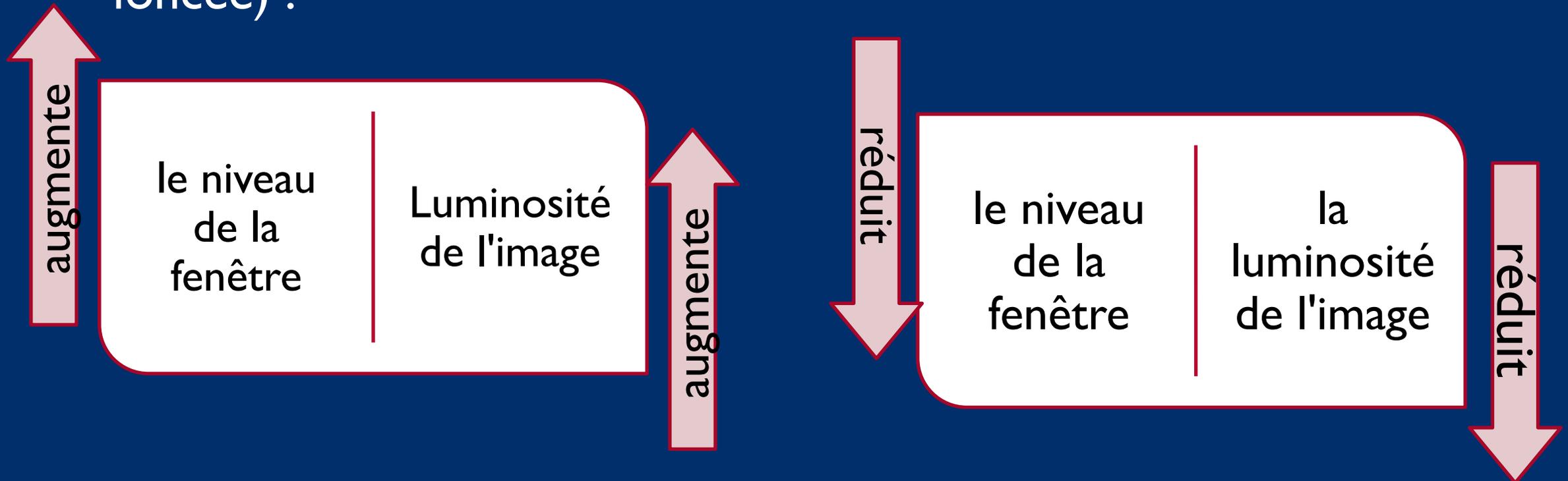
17

- L'**image résiduelle** est **effacée** de la plaque par une source de lumière intense (lumière blanche) afin de ramener tous les électrons à leur état d'origine, car le phosphore n'abandonne pas tous les électrons piégés lors de la première étape de la lumière laser et quelques électrons piégés risquent de subsister et de provoquer les **images fantômes**

Référence : Christi E. Carter, Beth L. Vealé, Radiographie numérique et PACS, 2ème édition, 2014

# Modes de post-traitement

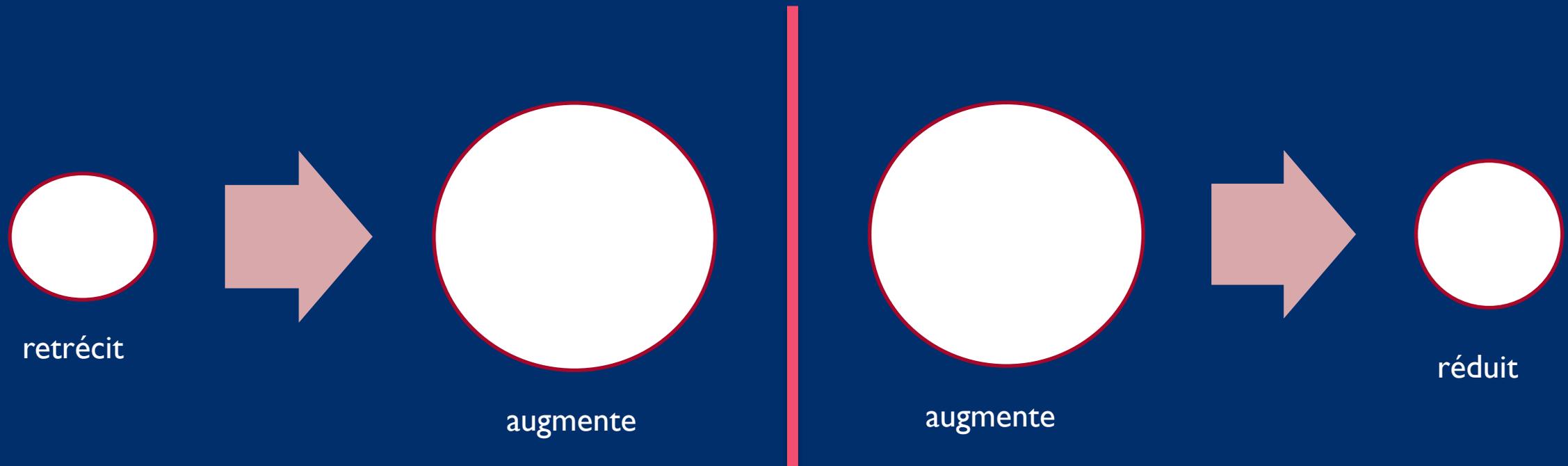
- La modification du **niveau de la fenêtre** (point médian des densités) permet de régler la luminosité de l'image (plus claire ou plus foncée) :



Référence : Christi E. Carter, Beth L. Vealé, Radiographie numérique et PACS, 2ème édition, 2014

# Modes de post-traitement – Cont.

- La modification de la **largeur de la fenêtre** permet d'ajuster le contraste radiographique :



Référence : Christi E. Carter, Beth L. Vealé, Radiographie numérique et PACS, 2ème édition, 2014

# Modes de post-traitement – Cont.

Résolution de la fréquence spatiale :

- Niveau de détail ou de netteté sur l'image CR
- Table de correspondance de couleur (LUT)
  - Histogramme des valeurs de pixels provenant de l'acquisition d'images, susceptible d'être utilisé pour la correction ou l'amélioration des valeurs de luminance

*\***histogramme** (affichage graphique) est construit **pour présenter au radiographe la distribution des valeurs de pixel** (indiquant une exposition faible, correcte ou élevée)*

Référence : Christi E. Carter, Beth L. Vealé, Radiographie numérique et PACS, 2ème édition, 2014

# Facteurs affectant la qualité de l'image

## 1. Indice d'exposition (vitesse)

- L'indice d'exposition (EI) est une mesure de la quantité d'exposition sur le récepteur d'image
- En radiographie sur film-écran, si l'image est sous- ou surexposée, elle sera trop claire ou trop sombre
- Dans la radiographie informatisée ou numérique, la luminosité de l'image est modifiée de façon numérique

## 2. Latitude(plage dynamique)

- Grande latitude d'exposition ; gamme de techniques d'exposition permettant d'obtenir une image acceptable
- Permet une bonne visualisation des tissus mous et des os

# Facteurs affectant la qualité de l'image – Cont.

## 3. Résolution spatiale :

Améliorée par

- Diamètre plus petit du faisceau laser de lecture (ligne plus fine de la plaque d'image « lue »)
  - Pixel plus petit
- Taille réduite des cristaux de phosphore
  - une couche de phosphore plus mince
  - Assure la protection de la couche de phosphore
- La résolution spatiale est mieux décrite par la fonction de transfert de modulation (FTM)

## 4. Efficacité quantique de détection (DQE)

- Plus la DQE est haute, plus le détecteur peut enregistrer efficacement les informations
  - **0.25** pour un IP standard
  - **0.12** pour une haute résolution IP

# IP standard et haute résolution

	IP standard	Haute résolution IP
<b>Couche de cristal de phosphore</b>	Couche plus épaisse	Couche plus fine
<b>Taille du cristal</b>	Gros	Petit
<b>Couche de réflexion de la lumière</b>	Oui	Non
<b>Usages :</b>	Examens radiographiques généraux	Haute résolution spatiale
<b>Capacité d'absorption fractionnelle des rayons X</b>	40% (forte)	très faible, c'est-à-dire nécessitant une plus grande dose de rayons X

Référence : Christi E. Carter, Beth L. Vealé, Radiographie numérique et PACS, 2ème édition, 2014

# Artéfacts

## Causes

Lignes verticales ou horizontales sur l'image

- Rouleaux défectueux dans le lecteur de plaques CR

Lignes verticales ou horizontales sur l'image

- Une plaque d'imagerie CR qui "bégaie" ou fait une pause dans le lecteur

Motif d'ondulation sur l'image

- Grilles mal orientées

Référence : Christi E. Carter, Beth L. Vealé, Radiographie numérique et PACS, 2ème édition, 2014

# Artéfacts – Cont.

Images fantômes ou décalage d'images  
(l'apparition de l'image anatomique sur l'exposition précédente)

Perte d'information de l'image  
(Artéfacts liés à **un logiciel**)

Trop clair, trop sombre, ou trop bruyant  
(Artéfacts liés à **des erreurs techniques**)

## Causes

- Effacement insuffisant d'un récepteur d'image ou réglage incorrect de l'effacement

- Surtraitement de l'image numérique
- Compression excessive de l'image

- Collimation incorrecte
- Mauvais alignement du champ d'exposition

Référence : Christi E. Carter, Beth L. Vealé, Radiographie numérique et PACS, 2ème édition,

# MERCI!