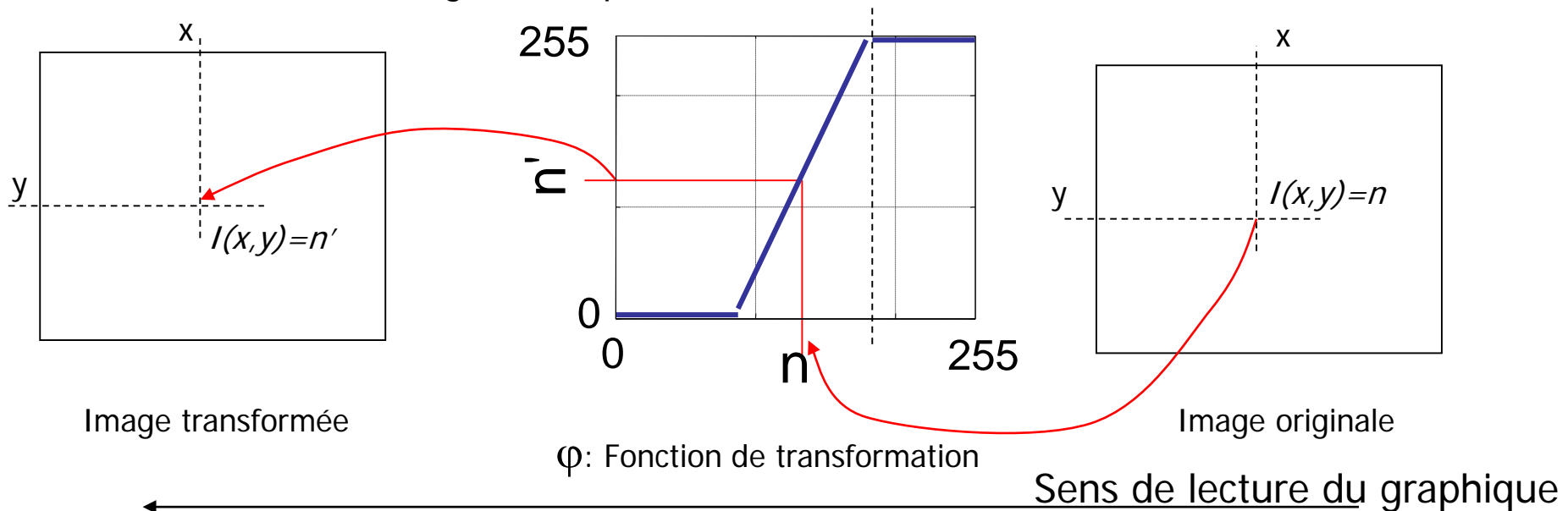


VII. Traitement « Point »

□ VII.1. Définition, Exemples sur les images en niveaux de gris

- ❖ Modification d'un attribut pixel (gris, couleur, ...) quelque soit la position spatiale et indépendamment des pixel voisins
- ❖ Transformation d'un niveau de gris n en une valeur n' telle que : $n' = \varphi(n)$
- ❖ Traitement « point » versus traitement par filtrage
 - Traitement par filtrage = Traitement local : Modification d'attribut relativement à un voisinage (cf chapitre suivant)

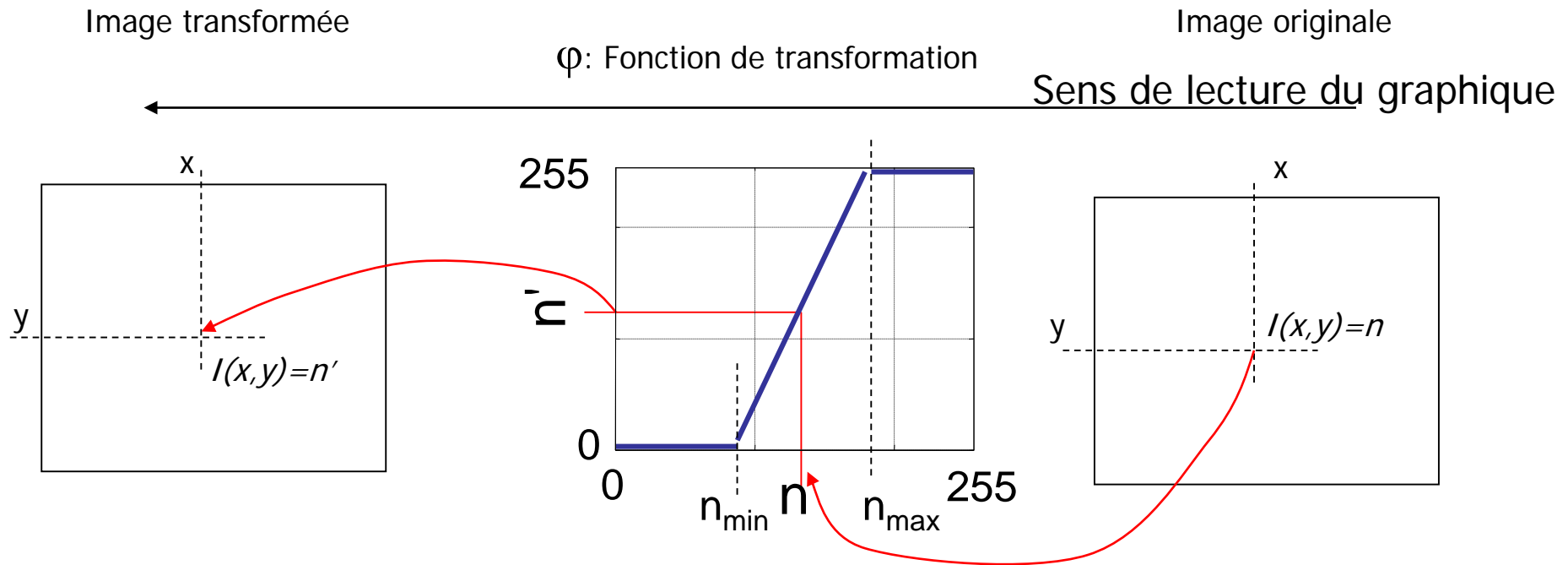


VII. Traitement « Point »

- Exemple : Augmentation du contraste par étalement ou linéarisation
 - ❖ Modification de la plage utilisée des niveaux de gris ($[n_{min}, n_{max}]$) pour que toute l'échelle des niveaux de gris soit utilisée :
 - Soient n_{min} , n_{max} respectivement le niveau de gris minimum, maximum dans l'image d'origine
 - $n' = 255 * (n - n_{min}) / (n_{max} - n_{min})$, alors : $n'_{max} = 255$ et $n'_{min} = 0$



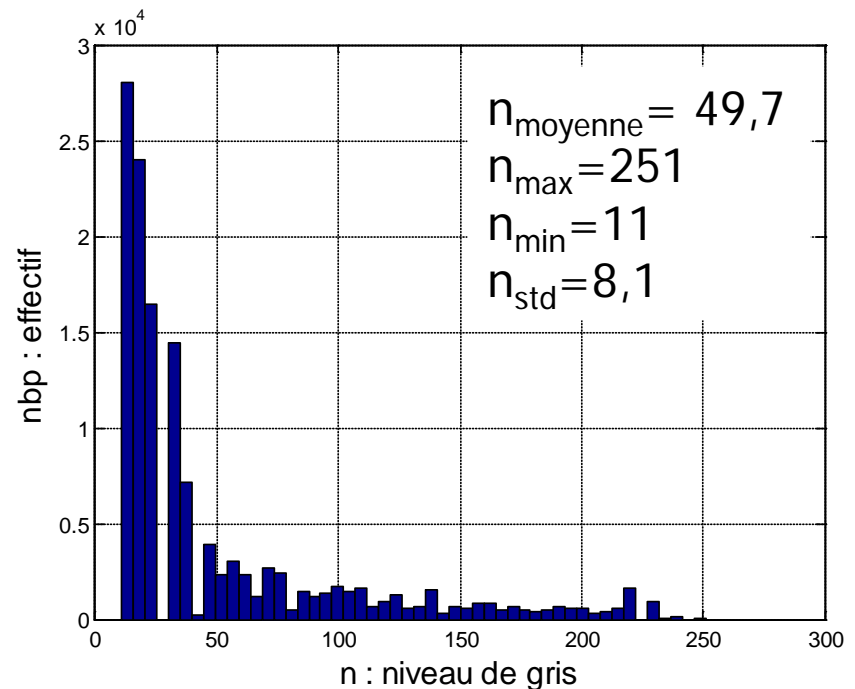
VII. Traitement « Point »



VII. Traitement « Point »

- Comment choisir la fonction de transformation φ ?
- Les histogrammes sont des outils très pratiques pour cela:
 - ❖ Estimer moyenne, min, max, max-min (contraste), écart-type, ...

$h(n) = nbp$: Dans l'image, il y a $h(n)$ pixels de niveau de gris n .





VII . Traitement « Point »

□ VII.2. Histogramme de niveau de gris

❖ Fonction de comptage

- $h(n)$ = nbp : nombre de pixels dans l'image possédant le niveau n
- On a : N_T le nombre total de pixels

$$\sum_{n=0}^{255} h(n) = N_T$$

❖ Fonction de densité de la probabilité des niveaux de gris

- $p(n) = h(n)/N_T$, N_T le nombre total de pixels
- $p(n)$: estimation de la probabilité du niveau n dans l'image considérée
- Normalisation :

$$\sum_{n=0}^{255} p(n) = 1$$

VII. Traitement « Point »

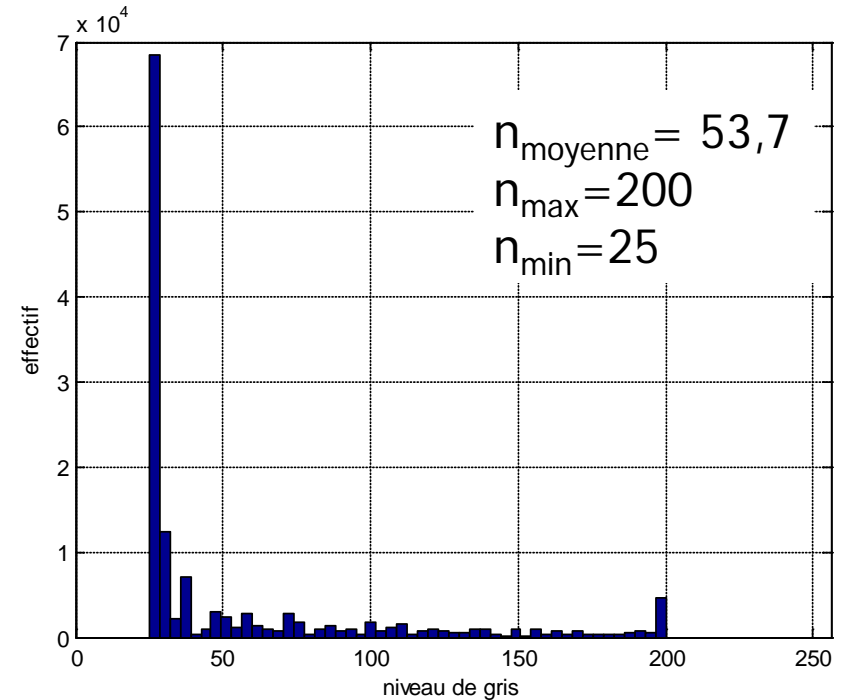
□ VII.3. Transformations affines

- ❖ Image trop claire : valeur moyenne importante
 - $n' = \max(0 ; n - n_0)$: diminuer les valeurs de niveau de gris
 - Justification de la fonction *max* : saturation à zéro (noir)
- ❖ Image trop sombre : valeur moyenne faible
 - $n' = \min(255 ; n + n_0)$: augmenter les valeurs de niveau de gris
 - Justification de la fonction *min* : saturation à 255 (blanc)
- ❖ Image pas assez contrastée : Ecart entre maximum et minimum faible, ou bien écart-type faible
 - $n' = \min(\max(255 * (n - n_{\min}) / (n_{\max} - n_{\min}) ; 0) ; 255)$
 - Justification des fonctions *min* et *max* : saturation à 0 et à 255
- ❖ Dessiner ces trois fonctions

Etalement ou linéarisation d'histogramme

VII. Traitement « Point »

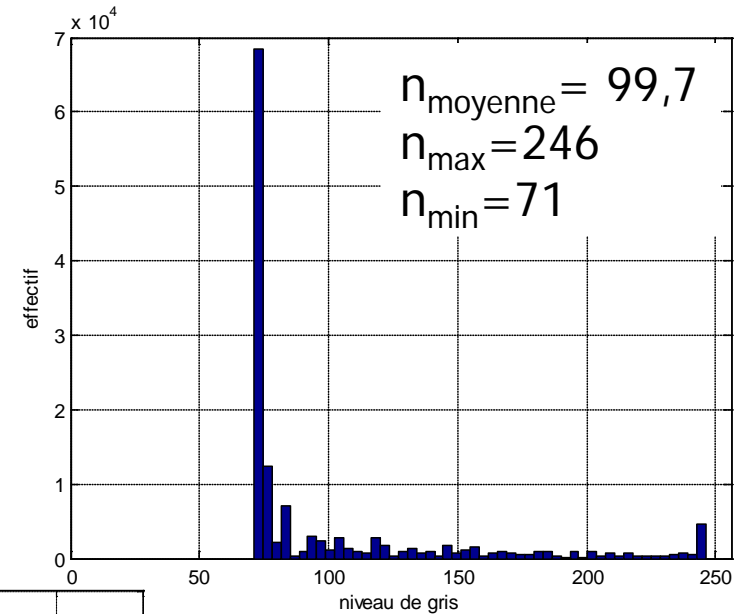
Exemple : Image plutôt sombre, qui utilise presque toute la dynamique de l'image



□ Objectif :

- ❖ Rendre cette image plus claire
 - On impose la valeur moyenne de la nouvelle image : environ 100
 - Offset = $100 - 53,7 = 46,3$; offset = round(46,3)
 - $n' = \min(255, n + 46)$

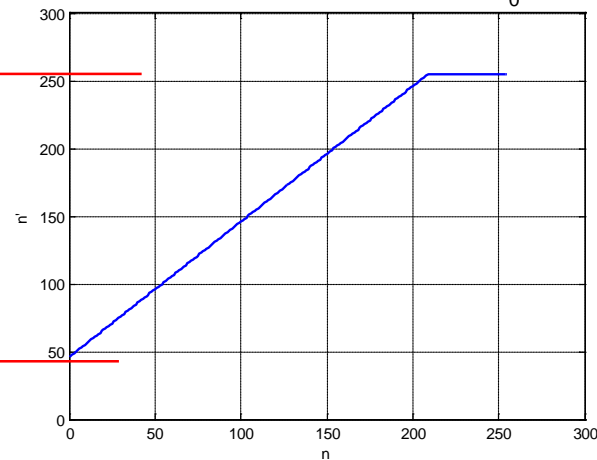
VII. Traitement « Point »



Résultat :

255

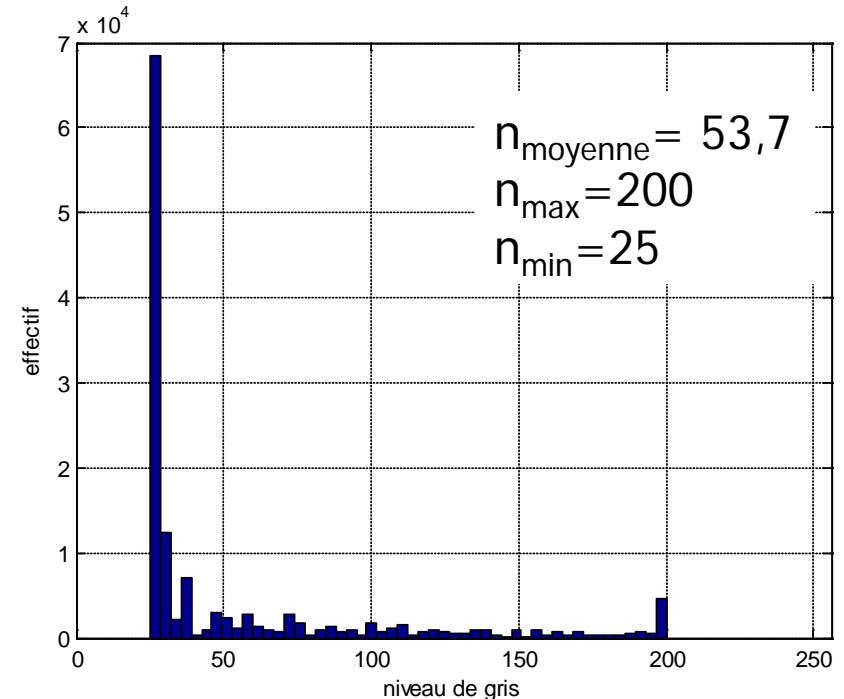
46



Fonction ϕ de transformation

VII. Traitement « Point »

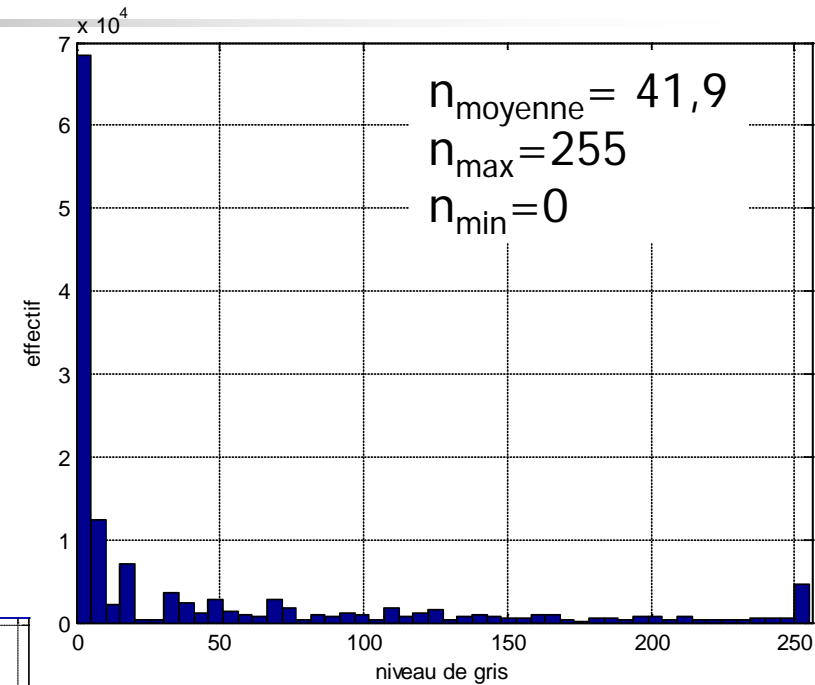
Exemple : La même image



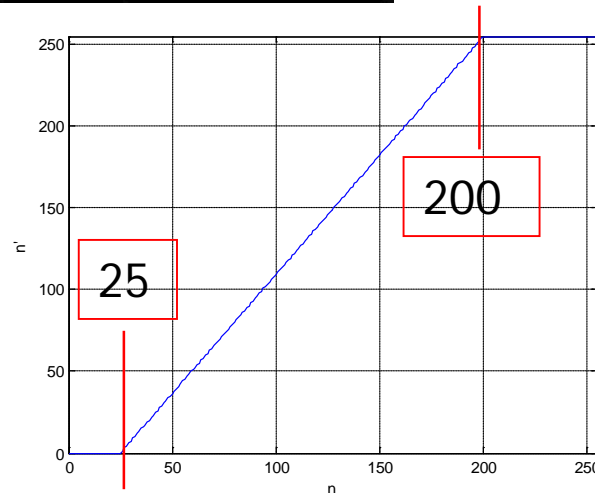
□ Objectif :

- ❖ Rendre cette image plus contrastée en augmentant le contraste pour utiliser toute la dynamique possible des niveaux de gris
 - Correspondances des valeurs minimales et maximales
 - $n_{\text{min}} \rightarrow \text{noir}$ et $n_{\text{max}} \rightarrow \text{blanc}$: $20 \rightarrow 0$ et $200 \rightarrow 255$
 - Transformation affine : $n' = \min(\max(255 * (n - n_{\text{min}}) / (n_{\text{max}} - n_{\text{min}}) ; 0) ; 255)$

VII. Traitement « Point »



Résultat :



Fonction f de transformation

VII. Traitement « Point »

□ Résumé des deux modifications d'histogramme

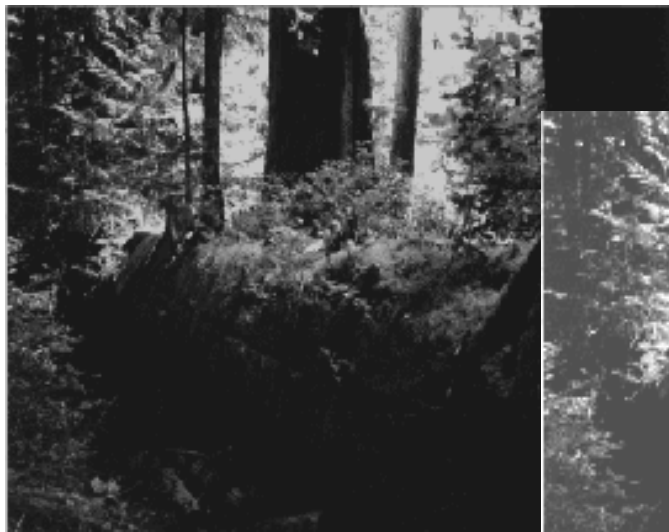


Image sombre
Min : 25
Max : 200



Image étalée, plus contrastée
Min : 0
Max : 255

$$n' = (255 / (200 - 25)) \cdot (n - 25)$$



Image plus claire
Min : 71
Max : 246

$$n' = n + 46$$

VII. Traitement « Point »

□ Résumé des deux modifications d'histogramme



Image sombre peu contrastée



Image plus claire, toujours peu contrastée



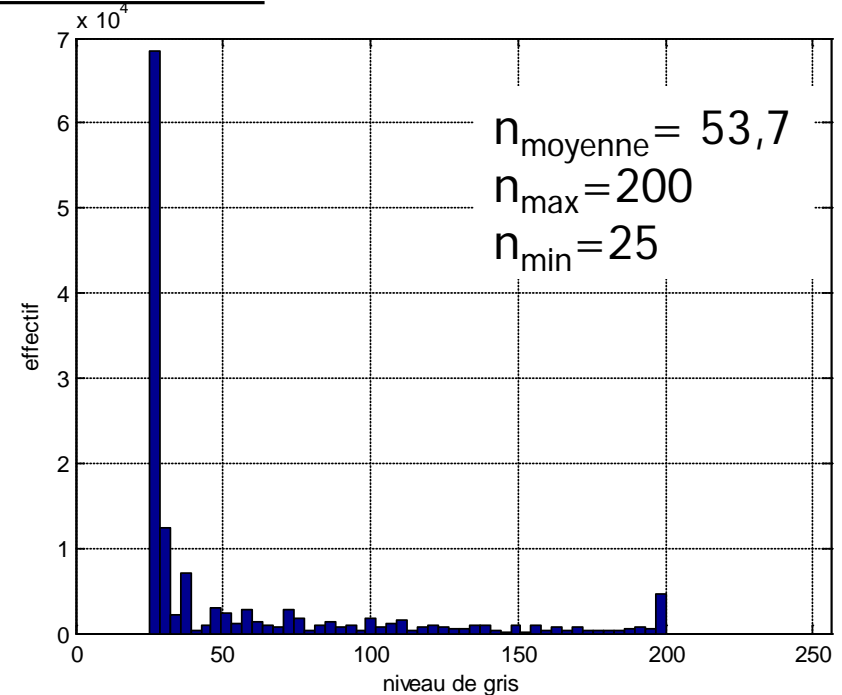
Image plus contrastée, mais toujours sombre

Comment peut-on à la fois contrôler la moyenne et le contraste différemment suivant les zones claires ou sombres dans l'image ?

Réponse : avoir des fonctions de transformation non linéaires entre le blanc et le noir

VII. Traitement « Point »

Exemple : Utiliser toute la gamme possible des niveaux de gris et augmenter le contraste dans la zone sombre



- ❑ Création d'une fonction de transformation en 2 morceaux
 - ❖ Dans la zone sombre jusqu'à 50
 - ❖ Et delà de 50



VII. Traitement « Point »

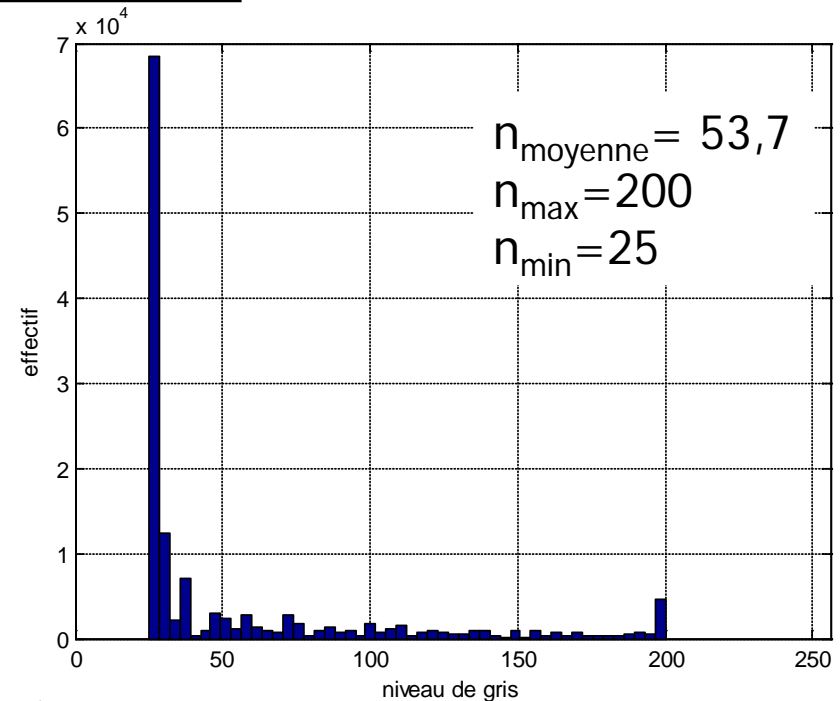
□ VII.4. Transformations affines par morceaux

- ❖ Transformation affine : $n' = a.n + b$
 - $a > 1$: étalement des niveaux de gris
 - ✓ augmentation du contraste
 - $a < 1$: compression des niveaux de gris
 - ✓ diminution du contraste
 - $b > 0$: plus claire
 - $b < 0$: plus sombre

- ❖ Reprendre la démarche précédente mais l'appliquer par intervalle de niveaux de gris

VII. Traitement « Point »

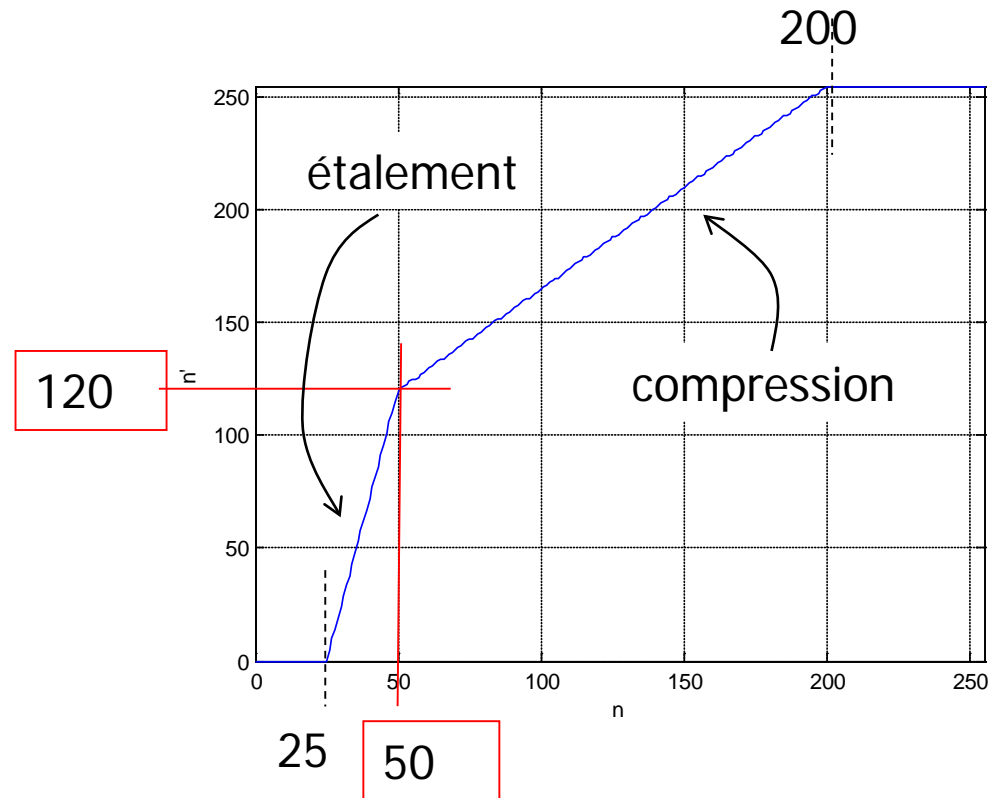
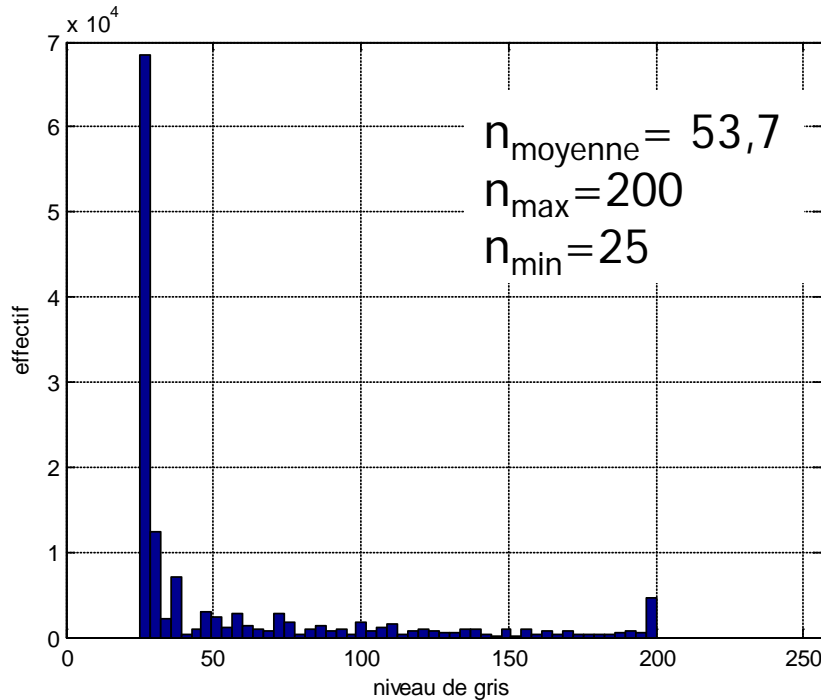
Exemple : Utiliser toute la gamme possible des niveaux de gris et augmenter le contraste dans la zone sombre



□ Création d'une fonction de transformation en 2 morceaux

- ❖ Dans la zone sombre jusqu'à 50
- ❖ Et delà de 50

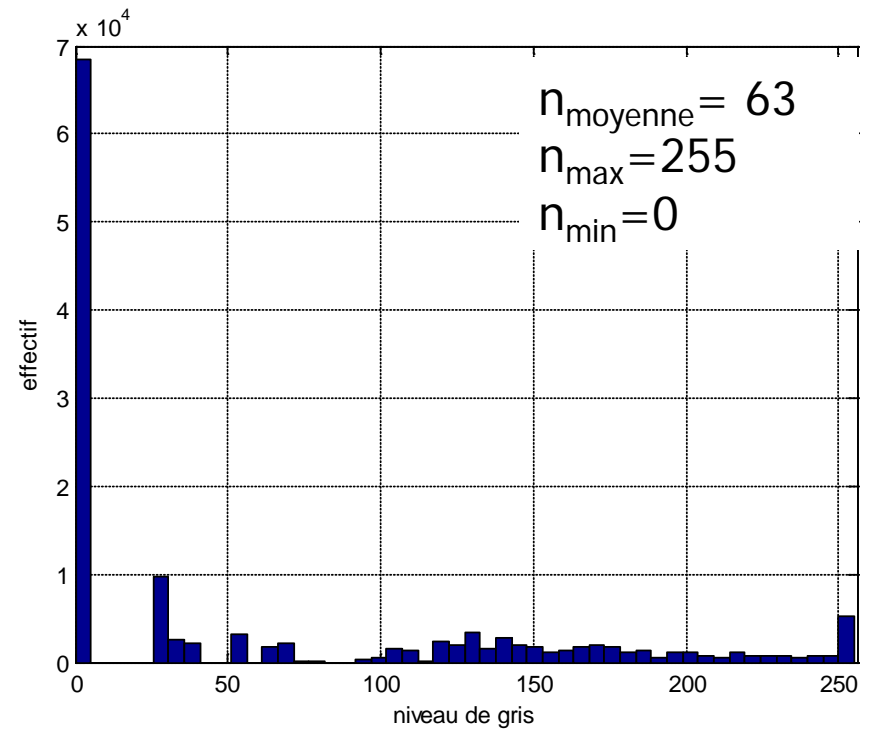
VII. Traitement « Point »



- ❑ Les niveaux de gris entre 25 et 50 sont étalés entre 0 et 120
- ❑ Les niveaux de gris entre 50 et 200 sont étalés entre 120 et 255

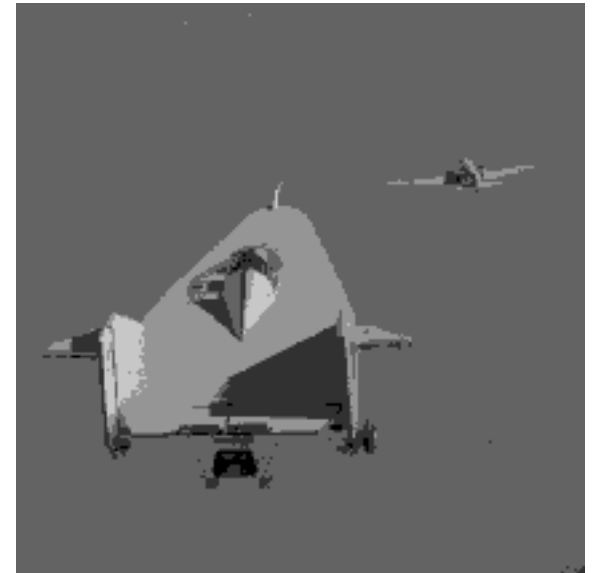
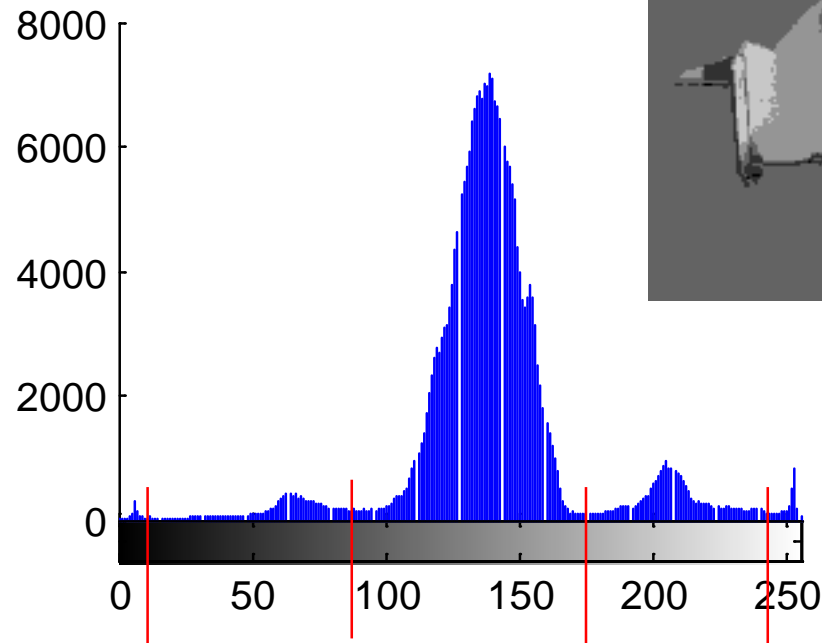
VII. Traitement « Point »

Résultat :



VII. Traitement « Point »

□ VII.5 Segmentation par seuillage





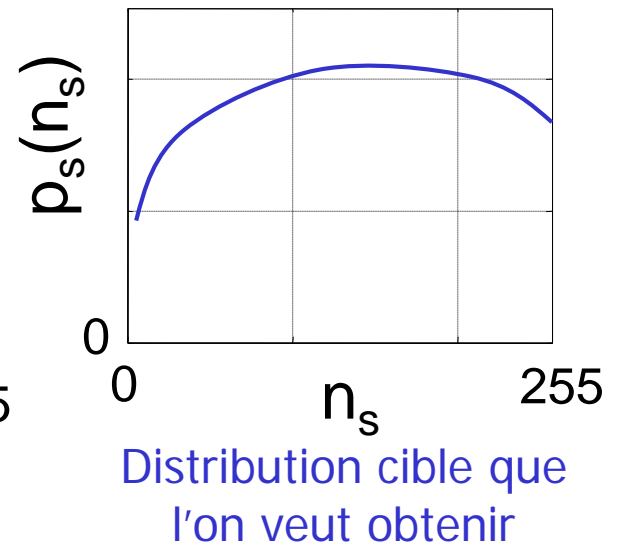
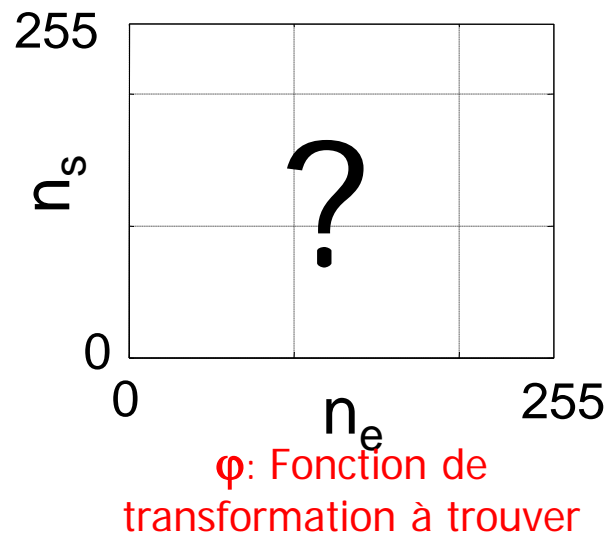
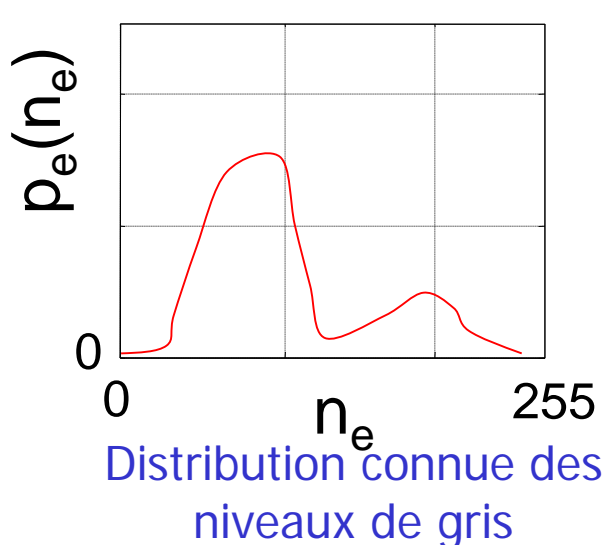
VII. Traitement « Point »

- ❑ Modifications d'histogramme par seuillage
 - ❖ Les seuils
 - Détermination du nombre de seuils ?
 - Comment trouver les seuils ?
 - ❖ Manuellement ou automatiquement ?
 - ❖ Algorithmes de Kmoyennes (KMeans) ou « MeanShift »
 - Cf Mise en œuvre en TP
 - Inconvénient si utilisation telle quelle :
 - ✓ Pas de prise en compte des relations de voisinages spatiaux

VII. Traitement « Point »

□ VII.6 Spécification d'histogramme

- ❖ Transformation d'un histogramme vers une fonction cible que l'on se donne a priori
 - La fonction ϕ de transformation va dépendre de l'histogramme de l'image d'origine



VII. Traitement « Point »

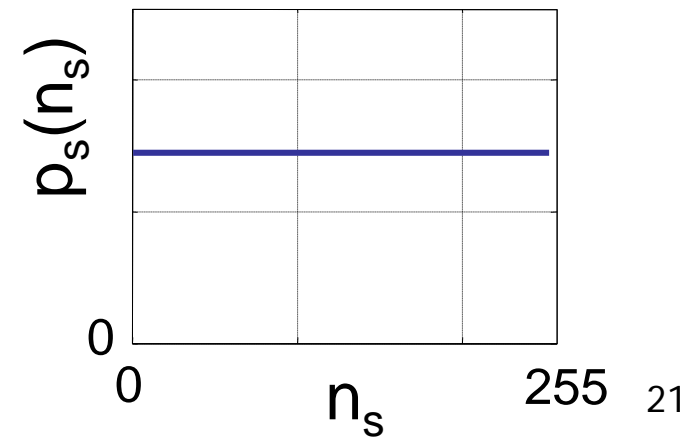
□ Exemple d'utilisation

❖ Problème de l'invariance aux conditions d'illumination à l'acquisition des images

- Prendre comme distribution cible, la distribution d'une image acquise qui sera la référence
- Prendre comme distribution cible, une distribution théorique donnée :

- ✓ **distribution uniforme** : trouver une fonction de transformation ϕ pour que les niveaux de gris soient utilisés le plus uniformément possible

Égalisation d'histogramme



VII. Traitement « Point »

□ Formalisme statistique du problème posé

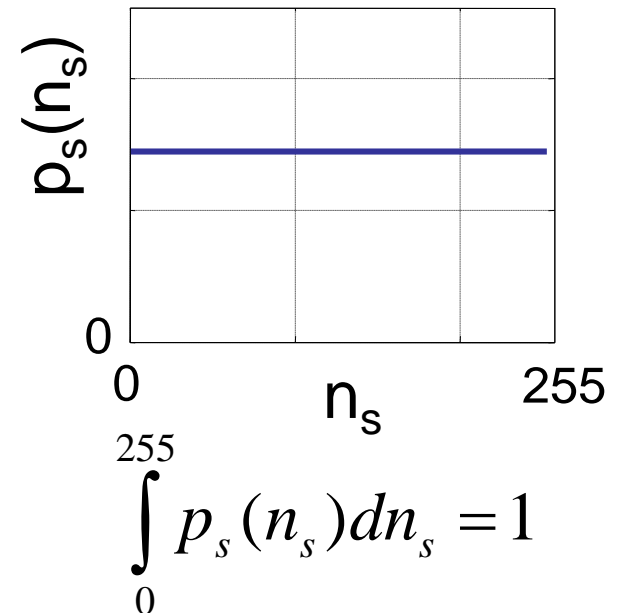
- ❖ Soit n_e une variable continue des niveaux de gris
- ❖ Soit $p_e(n_e)$ l'histogramme normalisé des niveaux de gris sur une image I_e , c'est un estimateur de la fonction de densité des niveaux de gris en entrée. On a alors :

$$\int_0^{255} p_e(n_e) dn_e = 1$$

- ❖ On cherche une transformation, $n_s = \varphi(n_e)$ pour que l'image I_s en sortie ait comme fonction de densité $G(n_s)$ uniforme :

➤ $G(n_s) = \text{constante} = 1/255$

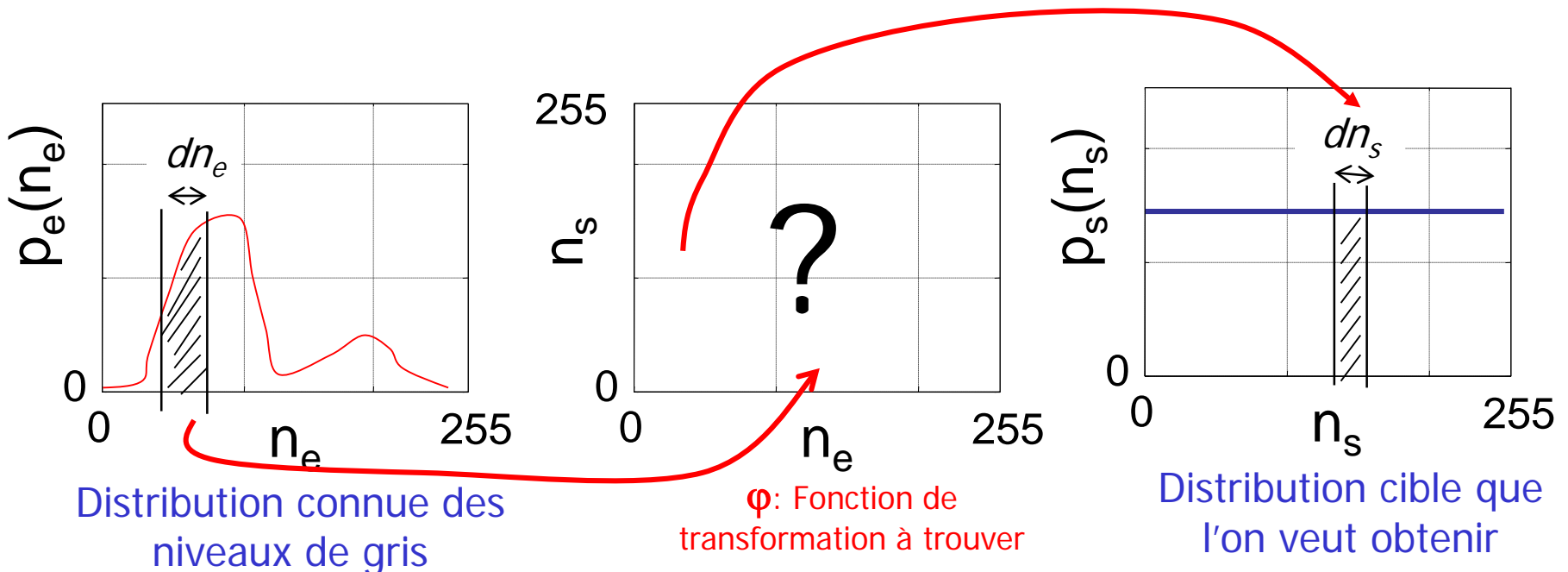
$$p_s(n_s) = G(n_s) = 1/255$$



VII. Traitement « Point »

- ❖ Par définition d'une fonction de densité et sachant qu'il y a une correspondance bijective entre n_e et n_s à travers la fonction φ à trouver, on a :

$$p_e(n_e).dn_e = p_s(n_s).dn_s$$





VII. Traitement « Point »

❖ De plus, $p_s(n_s)$ est une densité uniforme, donc :

$$p_e(n_e).dn_e = p_s(n_s).dn_s = dn_s / 255$$

or $n_s = \varphi(n_e)$ et $\frac{dn_s}{dn_e} = \varphi'(n_e)$

donc $\frac{dn_s}{dn_e} = 255.p_e(n_e) = \varphi'(n_e)$

D'où

$$\varphi(n_e) = 255 \int_0^{n_e} p_e(n).dn$$

NB: l'intégrale de la fonction de densité p_e est la fonction de répartition



VII. Traitement « Point »

- ❖ Approximation pour des variables discrètes
 - n_e et n_s sont en réalité des variables discrètes de 0 à n_{\max} par pas de 1, avec n_{\max} , le niveau de gris maximum que l'on veut atteindre en sortie
- ❖ Puisque les variables sont discrètes, la solution ne sera pas exacte

- ❖ A partir de l'histogramme normalisé (p_e) : φ se calcule en sommant progressivement :

$$\varphi(n_e) = n_{\max} \sum_{k=0}^{n_e} p_e(k)$$

- ❖ A partir de l'histogramme non normalisé (h_e) , idem mais attention à la constante de normalisation (N_T le nombre total de pixels) :

$$\varphi(n_e) = \frac{n_{\max}}{N_T} \sum_{k=0}^{n_e} h_e(k)$$

VII. Traitement « Point »

❖ Exemple : image en 16 niveaux de gris

- h_e : histogramme non normalisé, ch_e son cumul
- $N_T = 200$; $n_{\max} = 15$

n_e	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
h_e	0	0	0	30	20	5	5	30	40	40	0	0	20	10	0	0
ch_e	0	0	0	30	50	55	60	90	130	170	170	170	190	200	200	200

- On a : $\varphi(n_e) = ch_e(n_e) \times (15/200)$

arrondi

n_e	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
n_s	0	0	0	2.25	3.75	4.125	4.5	6.75	9.75	12.75	12.75	12.75	14.25	15	15	15
n_s	0	0	0	2	4	4	5	7	10	13	13	13	14	15	15	15

- Substitution $n_s = \varphi(n_e)$

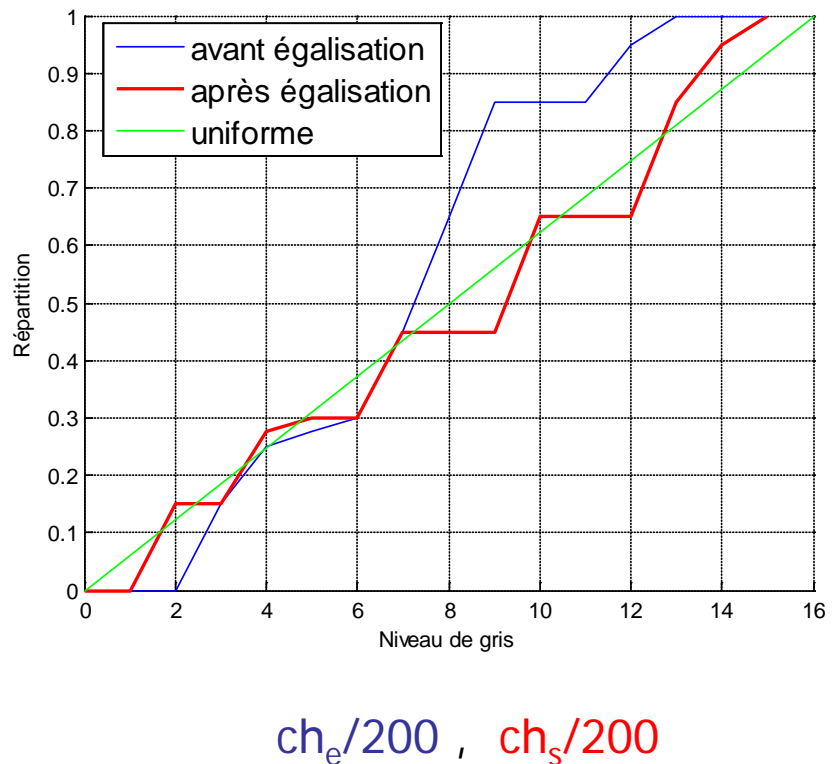
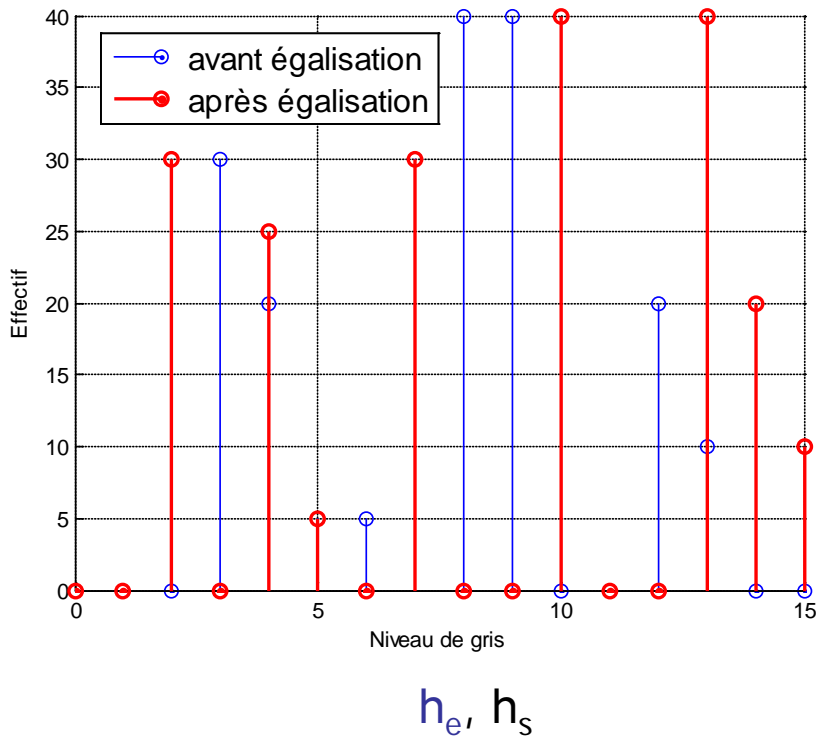
n_s	0	0	0	2	4	4	5	7	10	13	13	13	14	15	15	15
h_s	0	0	0	30	20	5	5	30	40	40	0	0	20	10	0	0

- Regroupement des niveaux

n_s	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
h_s	0	0	30	0	25	5	0	30	0	0	40	0	0	40	20	10

VII. Traitement « Point »

❖ Exemple suite

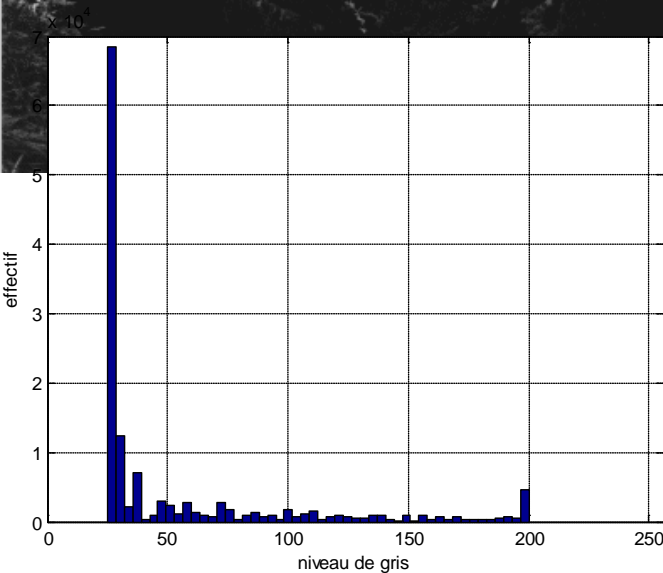
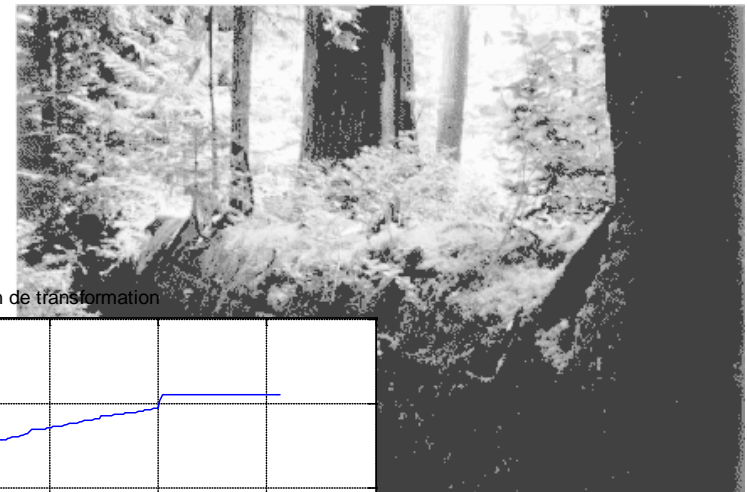


VII. Traitement « Point » »

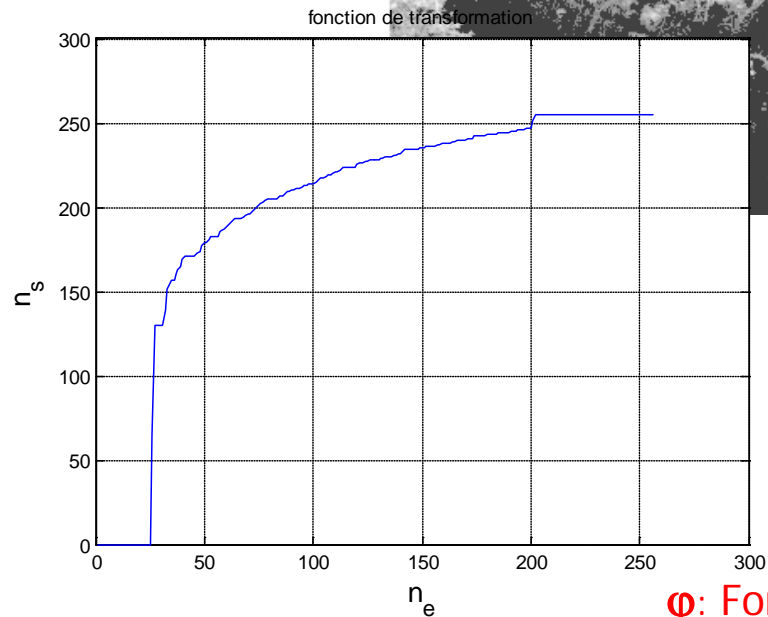
❖ Application à l'image en exemple



→
Egalisation



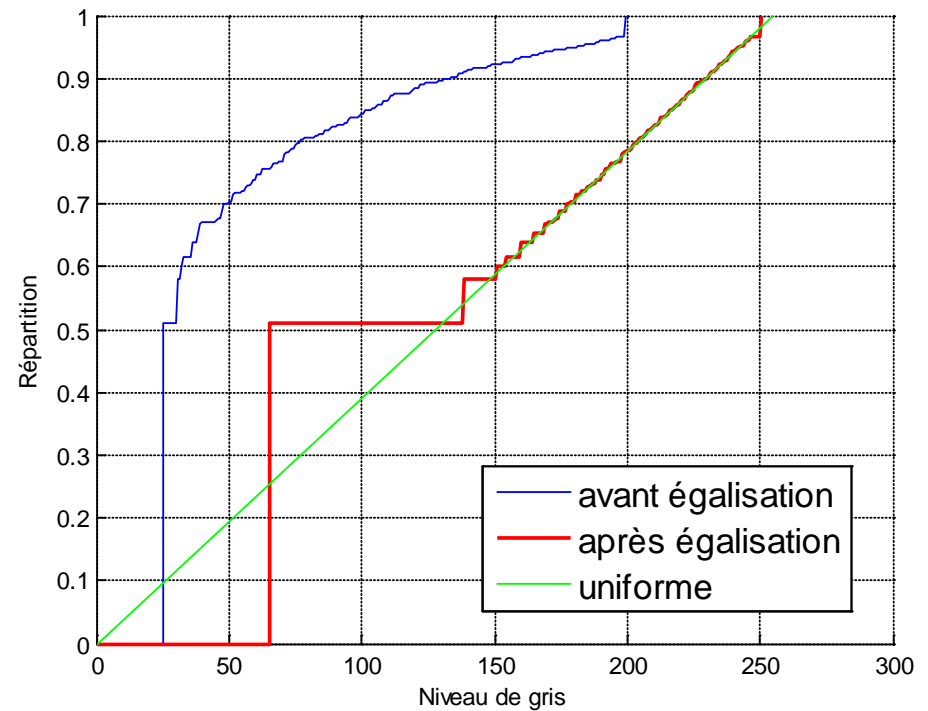
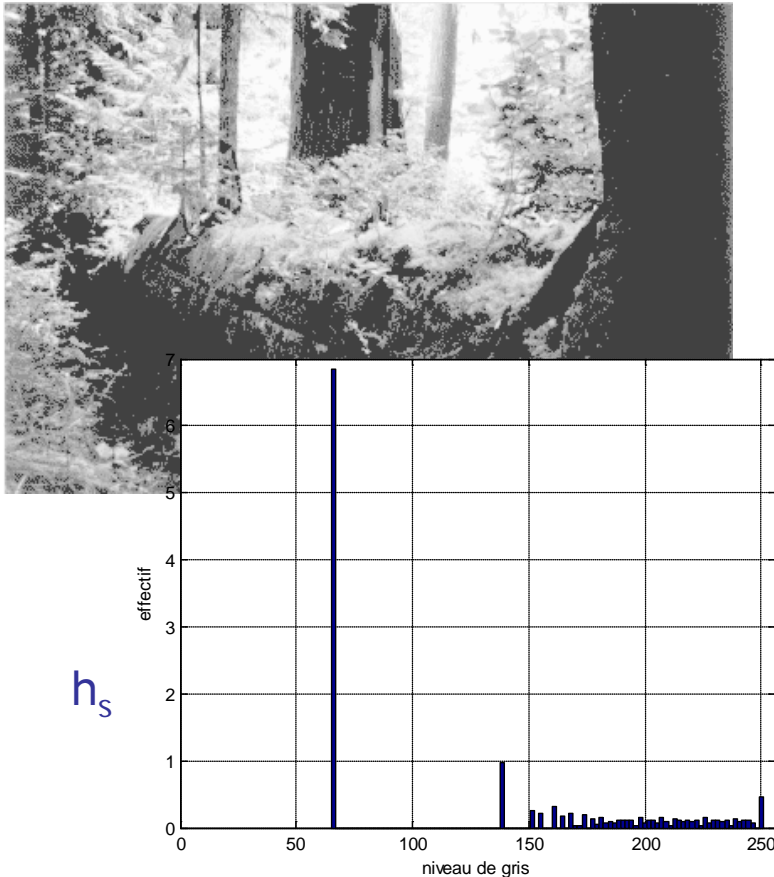
h_e



ϕ : Fonction de transformation

VII. Traitement « Point »

❖ Application à l'image en exemple





VII. Traitement « Point »

□ Pour en savoir plus : Cas général

- ❖ X_e variable aléatoire, x_e ses réalisations (niveaux de gris sur une image I_e), l'histogramme est un estimateur de la fonction de densité $f(x_e)$, $F(x_e)$ est la fonction de répartition.
- ❖ On cherche une transformation, $x_s = \varphi(x_e)$ pour que l'image I_s des niveaux de gris x_s ait une fonction de répartition $G(x_s)$ fixée à l'avance
- ❖ Réponse : $x_s = \varphi(x_e) = G^{-1}[F(x_e)]$



VII. Traitement « Point »

❑ VII.7. Traitement des images en couleur

- ❖ A proscrire : Transformation sur les histogrammes R, G, B
 - Génération de fausses couleurs : Pourquoi ?
- ❖ Passage dans un espace à luminance séparée
 - Transformation sur la dimension de luminance
- ❖ Cf TP