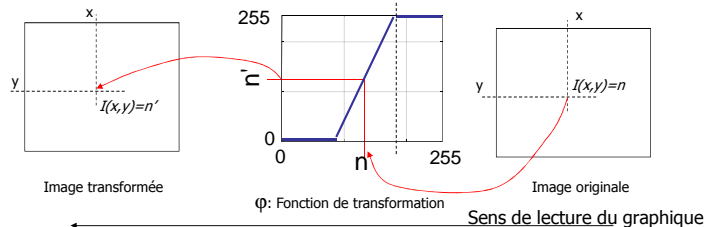


## VII. Traitement « Point »

### 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)



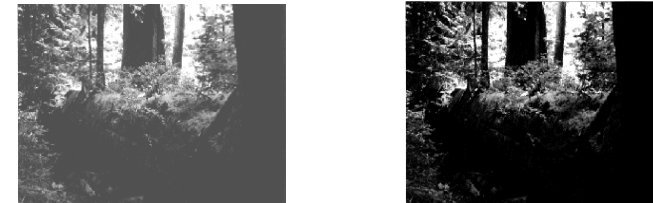
GINF41A6 - AGD

1

## VII. Traitement « Point »

### Exemple : Augmentation du contraste par étallement ou linéarisation

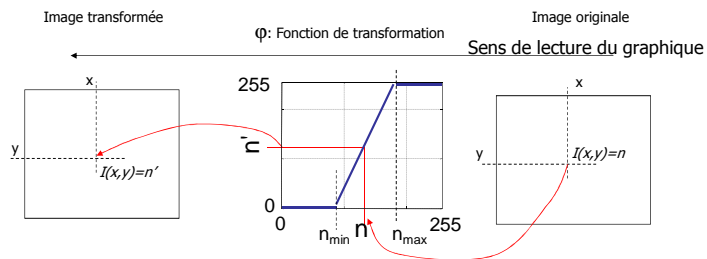
- Modification de la plage utilisée des niveaux de gris ( $[n_{min}, n_{max}]$ ) pour que toute l'échelle des niveaux de gris soit utilisée :
  - Soient  $n_{min}$ ,  $n_{max}$ , respectivement le niveau de gris minimum, maximum dans l'image d'origine
  - $n' = 255 * (n - n_{min}) / (n_{max} - n_{min})$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



GINF41A6 - AGD

2

## VII. Traitement « Point »



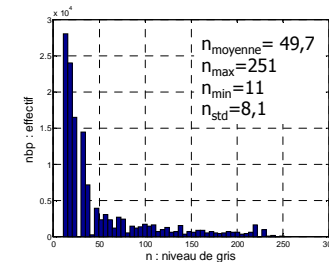
GINF41A6 - AGD

3

## VII. Traitement « Point »

- Comment choisir la fonction de transformation  $\varphi$  ?
- 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  $n$ .



GINF41A6 - AGD

4

## 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 :  $\sum_{n=0}^{255} h(n) = N_T$   $N_T$  le nombre total de pixels

#### ❖ 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 :

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

GINF41A6 - AGD

5

## 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

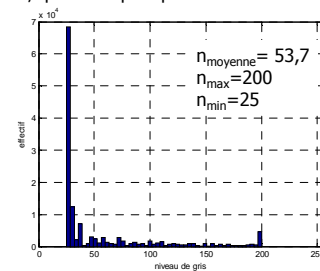
Étalement ou linéarisation d'histogramme

GINF41A6 - AGD

6

## VII. Traitement « Point »

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



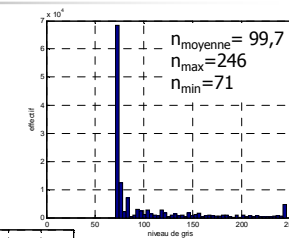
#### ❑ Objectif :

- ❖ 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)
  - $n' = \min(255, n + 46)$

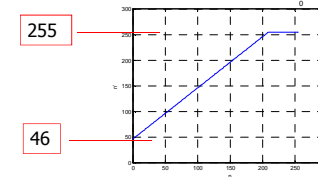
GINF41A6 - AGD

7

## VII. Traitement « Point »



Résultat :

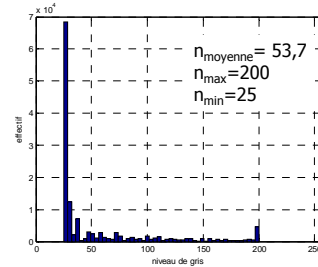
Fonction  $\phi$  de transformation

GINF41A6 - AGD

8

## 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 :  $n' = \min(\max(255 * (n - n_{\text{min}}) / (n_{\text{max}} - n_{\text{min}}); 0); 255)$

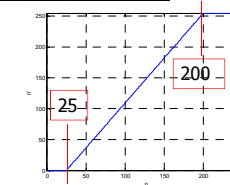
GINF41A6 - AGD

9

## VII. Traitement « Point »



Résultat :



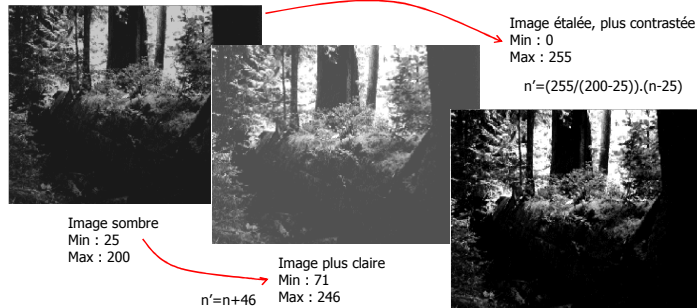
Fonction f de transformation

GINF41A6 - AGD

10

## VII. Traitement « Point »

### Résumé des deux modifications d'histogramme



GINF41A6 - AGD

11

## VII. Traitement « Point »

### Résumé des deux modifications d'histogramme



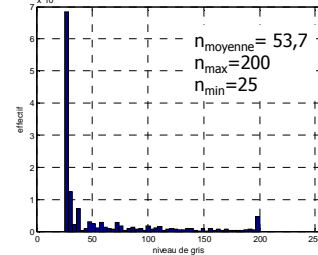
Comment peut-on à la fois contrôler la moyenne et le contraste différemment suivant les zones claires ou sombres dans l'image ?  
 Réponse : avoir des fonctions de transformation non linéaires entre le blanc et le noir

GINF41A6 - AGD

12

## 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

GINF41A6 - AGD

13

## VII. Traitement « Point »

### □ VII.4. Transformations affines par morceaux

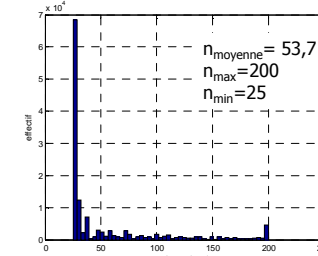
- ♦ Transformation affine :  $n' = a.n + b$ 
  - $a > 1$  : étalement des niveaux de gris
    - ♦ augmentation du contraste
  - $a < 1$  : compression des niveaux de gris
    - ♦ diminution du contraste
  - $b > 0$  : plus claire
  - $b < 0$  : plus sombre
- ♦ Reprendre la démarche précédente mais l'appliquer par intervalle de niveaux de gris

GINF41A6 - AGD

14

## VII. Traitement « Point »

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

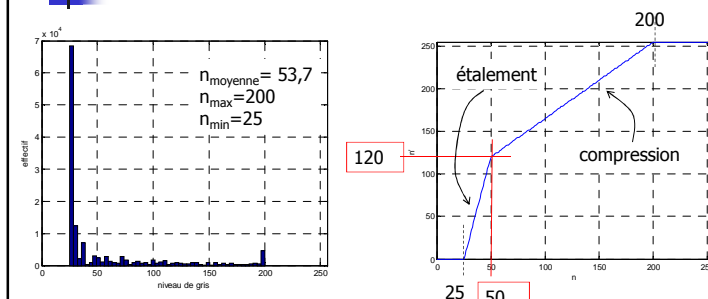


- Création d'une fonction de transformation en 2 morceaux
  - ♦ Dans la zone sombre jusqu'à 50
  - ♦ Et delà de 50

GINF41A6 - AGD

15

## VII. Traitement « Point »



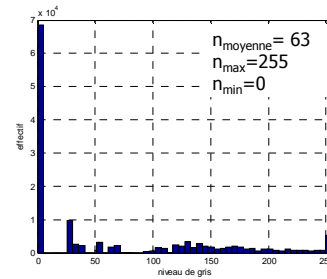
- Les niveaux de gris entre 25 et 50 sont étalés entre 0 et 120
- Les niveaux de gris entre 50 et 200 sont étalés entre 120 et 255

GINF41A6 - AGD

16

## VII. Traitement « Point »

Résultat :

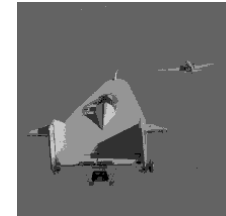
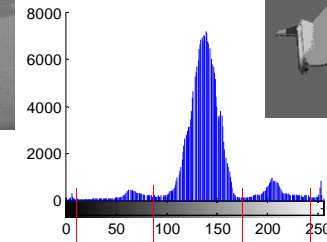
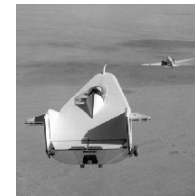


GINF41A6 - AGD

17

## VII. Traitement « Point »

### VII.5 Segmentation par seuillage



GINF41A6 - AGD

18

## 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 que :
    - ✓ Pas de prise en compte des relations de voisinages spatiaux

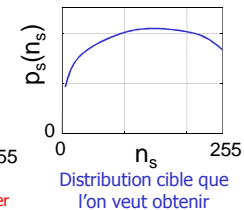
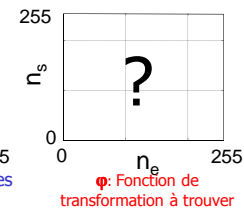
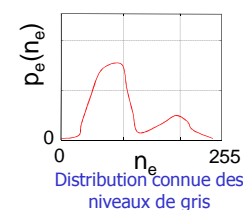
GINF41A6 - AGD

19

## 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  $\phi$  de transformation va dépendre de l'histogramme de l'image d'origine



GINF41A6 - AGD

20

## VII. Traitement « Point »

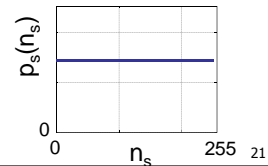
### Exemple d'utilisation

- ❖ 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  $\phi$  pour que les niveaux de gris soient utilisés le plus uniformément possible

Égalisation d'histogramme



GINF41A6 - AGD

21

## VII. Traitement « Point »

### Formalisme statistique du problème posé

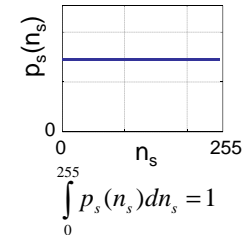
- ❖ Soit  $n_e$  une variable continue des niveaux de gris
- ❖ Soit  $p_e(n_e)$  l'histogramme normalisé des niveaux de gris sur une image  $I_e$ , c'est un estimateur de la fonction de densité des niveaux de gris en entrée. On a alors :

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

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

$$G(n_s) = \text{constante} = 1/255$$

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



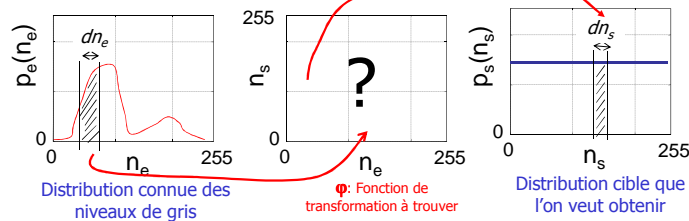
GINF41A6 - AGD

22

## 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  $\phi$  à trouver, on a :

$$p_e(n_e) \cdot dn_e = p_s(n_s) \cdot dn_s$$



GINF41A6 - AGD

23

## VII. Traitement « Point »

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

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

$$\text{or } n_s = \phi(n_e) \quad \text{et} \quad \frac{dn_s}{dn_e} = \phi'(n_e)$$

$$\text{donc } \frac{dn_s}{dn_e} = 255 \cdot p_e(n_e) = \phi'(n_e)$$

D'où

$$\phi(n_e) = 255 \int_0^{n_e} p_e(n) \cdot dn$$

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

GINF41A6 - AGD

24

## 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 ( $p_e$ ) :  $\phi$  se calcule en sommant progressivement :
 
$$\phi(n_e) = n_{\max} \sum_{k=0}^{n_e} p_e(k)$$
- ❖ A partir de l'histogramme non normalisé ( $h_e$ ) , idem mais attention à la constante de normalisation ( $N_T$  le nombre total de pixels) :
 
$$\phi(n_e) = \frac{n_{\max}}{N_T} \sum_{k=0}^{n_e} h_e(k)$$

GINF41A6 - AGD

25

## 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 :  $\phi(n_e) = ch_e(n_e) \times (15/200)$

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  $n_s = \phi(n_e)$

$n_s$	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

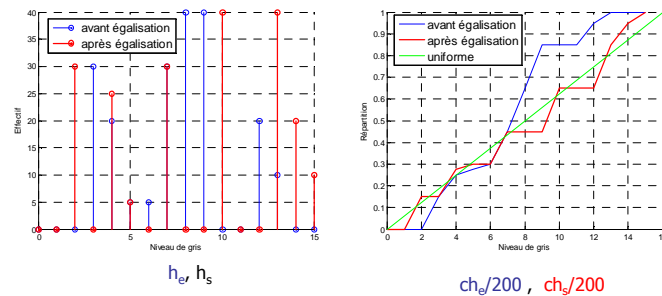
$n_s$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$h_s$	0	0	30	0	25	5	0	30	0	40	0	0	40	20	10	0

GINF41A6 - AGD

26

## VII. Traitement « Point »

- ❖ Exemple suite

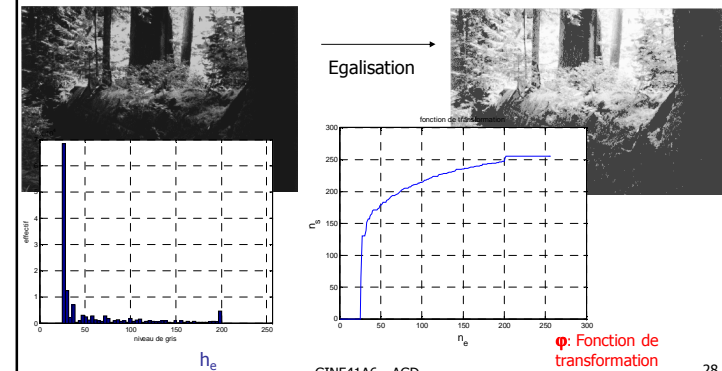


GINF41A6 - AGD

27

## VII. Traitement « Point »

- ❖ Application à l'image en exemple

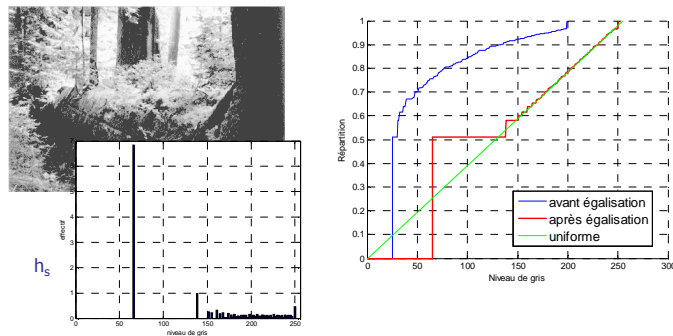


GINF41A6 - AGD

28

## VII. Traitement « Point »

- ❖ Application à l'image en exemple



GINF41A6 - AGD

29

## 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,  $x_s = \phi(x_e)$  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 :  $x_s = \phi(x_e) = G^{-1}[F(x_e)]$

GINF41A6 - AGD

30

## 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

GINF41A6 - AGD

31