

# MODÈLE BINAIRE LOCAL MULTISPECTRAL POUR LE DIAGNOSTIC DU PALUDISME SANS COLORATION

Alvarez KOSSONOU  
Doctorant 3<sup>ème</sup> Année

Encadreurs :

Dr. Alain CLÉMENT, LARIS, Université d'Angers, Angers, France

Pr. Bouchta SAHRAOUI, MOLTECH-Anjou, Université d'Angers, Angers, France

Pr. Jérémie ZOUEU, L2IS, INP-HB, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire



# PLAN DE LA PRESENTATION

- I. Contexte d'étude et objectif
- II. Problématique et matériel utilisé
- III. Présentation des techniques d'analyse de la texture
- IV. Présentation du LBP (Local Binary Pattern)
- V. Proposition d'un LBP multispectral
- VI. Application du LBP multispectral sur des cellules sanguines
- VII. Résultats et discussion
- VIII. Conclusion

# I. Contexte d'étude et objectif

Maladies rencontrées en Afrique : la tuberculose, la bilharziose, le SIDA, la trypanosomiase, le cancer, le paludisme, etc.

N.B : **214 millions** de nouveaux cas de paludisme dont **438000** trépas en 2015 ont été enregistrés.

[WHO 2015] [Blair, D. M. 1956] [Laveissière et al. 1994]

**Objectif** : développement de nouvelles techniques pour le diagnostic du paludisme assisté par ordinateur en Côte d'Ivoire.

## II. Problématique et matériel utilisé

**Diagnostic du paludisme** = matériel utilisé pour l'acquisition d'images de cellules sanguines + traitement de ces images par le moyen des différentes techniques de traitement d'images.

### 1. Problématique

Le système généralement utilisé dans la littérature est un microscope standard dont les échantillons analysés sont marqués au Giemsa. Difficile à mettre en œuvre, nous avons développé une nouvelle version de microscope permettant de passer outre l'utilisation de ce colorant chimique.

# II. Problématique et matériel utilisé

## 2. Matériel utilisé

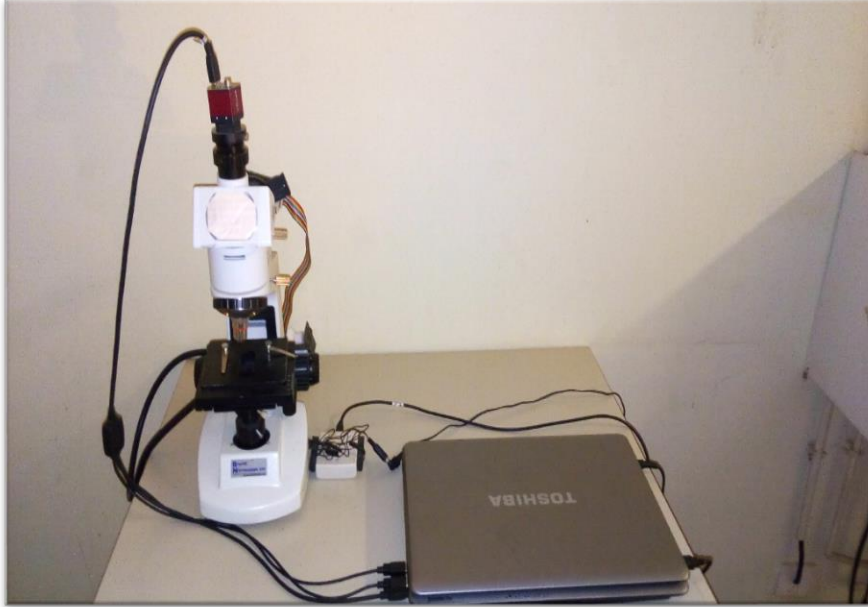


Figure 1 : microscope multispectral et multimodal à DELs

**Modalités d'imagerie** : Transmission, Réflexion et Diffusion.

**Sources d'illumination** : 13 DELs allant de 375 nm à 940 nm : 375 nm, 400 nm, 435 nm, 470 nm, 525 nm, 590 nm, 625 nm, 660 nm, 700 nm, 750 nm, 810 nm, 850 nm et 940 nm.

**Acquisition d'images** : pour chaque source d'illumination et pour chaque modalité, une image est acquise. De ce fait, trois images multispectrales constituées chacune de 13 plans spectraux sont finalement obtenues.

# III. Présentation des techniques d'analyse de la texture

Les approches destinées à l'analyse de la texture peuvent être regroupées en plusieurs catégories : les approches statistiques, les approches structurelles, les approches basées sur la transformation, les approches basées sur les modèles, les approches basées sur les graphes, les approches basées sur l'apprentissage et celles basées sur l'entropie.

[Venkataramana, M., et al. 2013]

[Fekri-Ershad, S. 2018]

[Humeau-Heurtier 2019]

Récemment, les modèles binaires locaux (en Anglais Local Binary Pattern ou LBP) issues des approches statistiques ont été largement analysés, étudiés et utilisés dans l'analyse de la texture en raison de leur faible complexité de calcul, leur facilité de mise en œuvre, leur robustesse dans la classification de la texture.

[Ojala et al., 2002]

[Liu et al., 2017]

# IV. Présentation du LBP (Local Binary Pattern)

Le Modèle Binaire Local ou LBP en Anglais pour Local Binary Pattern est un descripteur textural simple consistant à coder les valeurs d'intensités des pixels dans un voisinage circulaire de rayon  $R$  constitué de  $P$  pixels comme suit :

$$LBP_{R,P} = \sum_{i=0}^{P-1} S(g_i - g_c) 2^i \quad (1)$$

$g_i$  est l'intensité du pixel de niveau de gris,  $g_c$  l'intensité de pixel de niveau de gris central dans le voisinage considéré et  $S$  est l'opérateur *signe* défini par :

$$S(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } x \geq 0 \\ 0 & \text{sinon} \end{cases} \quad (2)$$

Ensuite, un histogramme est utilisé pour modéliser la distribution des codes LBP.

[Ojala et al., 2002]

[Liu et al., 2017]

# IV. Présentation du LBP (Local Binary Pattern)

L'amélioration du caractère distinctif de l'opérateur LBP dans l'analyse de la texture a été réalisée en divisant les codes LBP en deux groupes : ceux appelés codes uniformes et ceux connus sous le nom de codes non-uniformes. La mesure d'uniformité est calculée comme suit :

$$U(LBP_{r,p}) = \sum_{i=1}^p |S(g_{\text{mod}(i,p)} - g_c) - S(g_{i-1} - g_c)| \quad (3)$$

Appliquer la mesure d'uniformité à l'opérateur LBP donne :

$$LBP_{R,P}^{U2} = \begin{cases} LBP_{R,P} & \text{si } U(LBP_{R,P}) \leq 2 \\ P(P - 1) + 2 & \text{sinon} \end{cases} \quad (4)$$

[Ojala et al., 2002]

[Liu et al., 2017]



# IV. Présentation du LBP (Local Binary Pattern)

Exemple :

$$A = \begin{pmatrix} 8 & 1 & 6 \\ 3 & 5 & 7 \\ 4 & 9 & 2 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & X & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \rightarrow X = (01001011)_2 = 75$$

$$U(01001011) = 6 \text{ donc } LBP_{1,8}^{U2}(01001011) = 8 * (8 - 1) + 2 = 58$$

**Limite** : le LBP a été initialement développé pour les images en niveaux de gris. Pour étendre ces résultats aux images multispectrales, plusieurs stratégies ont été proposées.

## IV. Présentation du LBP (Local Binary Pattern)

**Peyret et al., 2015** ont appliqué le LBP sur chaque composante de l'image et ont concaténé les codes LBP issus de chaque plan spectral.

**Limite** : la corrélation entre les différentes composantes de l'image est ignorée.

$$\textit{LBP Marginal: } MaLBP = [LBP_{R,P,1} \ LBP_{R,P,2} \ LBP_{R,P,3} \ \dots \ LBP_{R,P,n}] \quad (5)$$

## IV. Présentation du LBP (Local Binary Pattern)

**Ledoux et al., 2016** ont proposé une extension du LBP aux images couleur. L'ordre couleur a été utilisé pour comparer les vecteurs.

**Limite** : ne convient pas aux images multispectrales en dehors de la plage [400 *nm* – 700 *nm*].

# IV. Présentation du LBP (Local Binary Pattern)

**Pietikäinen et al., 2002** calculent le LBP sur chaque paire des plans spectraux de l'image.

**Limite** : la pleine corrélation entre les différents vecteurs est ignorée et la dimensionnalité des attributs augmente avec le nombre de plans spectraux de l'image.

$$\text{OCLBP: } LBP_{R,P,b_1,b_2}(x,y) = \sum_{i=0}^P S(g_i^{b_2} - g_c^{b_1}) * 2^i \quad (6)$$

$$\text{OCLBP}_{R,P} = [LBP_{R,P,b_1,b_1} \text{ } MLBP_{R,P,b_1,b_2} \dots MLBP_{R,P,b_n,b_n}] \quad (7)$$

Devant les limites précédemment évoquées, nous proposons un opérateur textural multispectral basé sur le principe du LBP. Cet opérateur considère la corrélation existante entre les plans spectraux de l'image

## V. Proposition d'un LBP multispectral

Notre proposition consistant à étendre le LBP aux images multispectrales est définie de la façon suivante :

$$AMLBP_{R,P} = \sum_{i=0}^{P-1} D(V^i - V^c) 2^i \quad (8)$$

$D$  représente un opérateur *signe* :

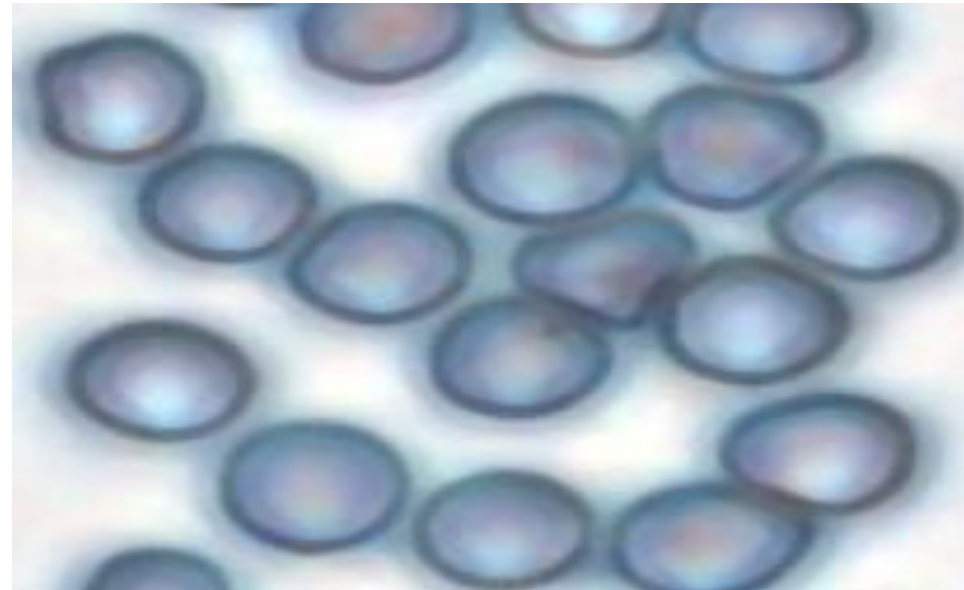
$$D(V^i - V^c) = \begin{cases} \mathbf{1} & \text{si } \left( \sum_{q=1}^Z V_q^i - V_q^c \right) \geq T \\ \mathbf{0} & \text{si } \left( \sum_{q=1}^Z V_q^i - V_q^c \right) < T \end{cases} \quad (9)$$

$T$  est une valeur seuil définie par :  $T = \text{median} \left\{ \left| \sum_{q=1}^Z V_q^i - V_q^c \right| \right\} \quad (10)$

Opérateur final :  $MLBP_{R,P}^{U2} = MLBP_{LR,P}^{U2} \wedge MLBP_{GR,P}^{U2} \quad (11)$

# VI. Application du LBP multispectral à des cellules sanguines

Les bases de données utilisées dans nos expérimentations ont été conçues avec comme vérité terrain le mode Dark-Field permettant de distinguer les cellules infectées des non-infectées au détriment d'une implémentation plus difficile. Plusieurs variantes LBP ont été testées sur 10 échantillons contenant en moyenne 150 cellules sanguines chacun.



**Figure 2: exemple d'image de cellules sanguines**

[Omucheni et al., 2014]

# VI. Application du LBP multispectral à des cellules sanguines

## VARIANTES LBP :

- LBP multispectral : *OCLBP développé par Pietikäinen*
- LBP marginal : *MaLBP*
- Nos propositions : *MLBP<sub>G</sub>, MLBP<sub>L</sub> et MLBP*

## CLASSIFICATEUR UTILISE :

- Type de classificateur : *Plus Proche Voisin*
- Nombre de voisins considérés : *1*

- Distance : *la métrique  $\chi^2$  donnée par* 
$$D(M, T) = \sum_{x=1}^N \frac{(M_x - T_x)^2}{(M_x + T_x)} \quad (12)$$

# VII. Résultats et discussion

## 1. Résultats

Tableau 1 : résultats de classification en mode **transmission** (en %)

$(R,P)$	Taux de bien classés (cellules)				
	$OCLBP_{R,P}^{U_2}$	$MaLBP_{R,P}^{U_2}$	$MLBP_L^{U_2}_{R,P}$	$MLBP_G^{U_2}_{R,P}$	$MLBP_{R,P}^{U_2}$
(1,8)	91.860	93.023	95.349	94.186	<b>97.674</b>
(2,8)	93.023	93.023	96.512	93.023	97.674
(3,8)	93.023	93.023	95.349	93.023	96.512
Taux de faux positifs (cellules)					
(1,8)	06.024	04.819	01.204	2.409	<b>00.000</b>
(2,8)	03.614	03.614	00.000	3.614	00.000
(3,8)	03.614	03.614	01.204	3.614	01.204
Taux de faux négatifs (cellules)					
(1,8)	66.666	66.666	100.00	100.00	<b>66.666</b>
(2,8)	100.00	100.00	100.00	100.00	66.666
(3,8)	100.00	100.00	100.00	100.00	66.666



# VII. Résultats et discussion

## 1. Résultats

Tableau 2 : résultats de classification en mode réflexion (en %)

$(R,P)$	Taux de bien classés (cellules)				
	$OCLBP_{R,P}^{U_2}$	$MaLBP_{R,P}^{U_2}$	$MLBP_L^{U_2}_{R,P}$	$MLBP_G^{U_2}_{R,P}$	$MLBP_{R,P}^{U_2}$
(1,8)	96.512	<b>96.512</b>	95.349	93.023	95.349
(2,8)	96.512	96.512	95.349	89.535	95.349
(3,8)	96.512	96.512	95.349	96.512	94.186
Taux de faux positifs (cellules)					
(1,8)	00.000	<b>00.000</b>	01.204	03.614	01.204
(2,8)	00.000	00.000	01.204	07.228	01.204
(3,8)	00.000	00.000	00.000	01.204	02.409
Taux de faux négatifs (cellules)					
(1,8)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
(2,8)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
(3,8)	100.00	100.00	100.00	<b>66.666</b>	100.00

# VII. Résultats et discussion

## 1. Résultats

Tableau 3 : résultats de classification en mode **diffusion** (en %)

$(R,P)$	Taux de bien classés (cellules)				
	$OCLBP_{R,P}^{U_2}$	$MaLBP_{R,P}^{U_2}$	$MLBP_L^{U_2}_{R,P}$	$MLBP_G^{U_2}_{R,P}$	$MLBP_{R,P}^{U_2}$
(1,8)	96.512	94.186	95.349	96.512	<b>96.512</b>
(2,8)	94.186	94.186	95.349	96.512	95.349
(3,8)	94.186	93.023	94.186	95.349	96.512
Taux de faux positifs (cellules)					
(1,8)	00.000	02.409	01.204	00.000	<b>00.000</b>
(2,8)	02.409	02.409	01.204	00.000	01.204
(3,8)	02.409	03.614	02.409	01.204	01.204
Taux de faux négatifs (cellules)					
(1,8)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
(2,8)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
(3,8)	100.00	100.00	100.00	100.00	<b>66.666</b>

# VII. Résultats et discussion

## 2. Discussion

En comparant le taux de bien classés, le taux de faux positifs et le taux de faux négatifs, notre méthode donne les meilleurs résultats en transmission. Cela peut s'expliquer par le fait que cette modalité, résultant de la lumière non absorbée et non réfléchiée par l'échantillon étudié, met en exergue l'intérieur de l'échantillon. De plus, parmi les modalités d'imagerie susmentionnées, la transmission est la plus facile à mettre en œuvre.

Le taux élevé de faux négatifs observé est à relativiser au regard du très faible nombre de cellules infectées dans nos échantillons. Il est normal que le nombre de cellules infectées chez un patient atteint du paludisme soit très faible ; cela est une raison majeure de la difficulté du diagnostic.

## VIII. Conclusion

Une méthode de diagnostic du paludisme sans coloration a été mise au point sur des échantillons d'images de globules rouges, acquis à l'aide de 13 diodes électroluminescentes de 375 nm à 940 nm. Parmi les trois modalités d'imagerie explorées, la transmission semble donner les meilleurs résultats même si ces derniers restent à améliorer. Notre investigation nous incite à privilégier la modalité de transmission dans nos travaux futurs. La principale difficulté reste de disposer d'échantillons sanguins en nombre suffisant, en particulier pour les cellules infectées avec une parasitémie de référence.

# TRAVAUX FUTURS

Nos prochains travaux seront de continuer les expérimentations sur de nouveaux échantillons de cellules sanguines constitués de beaucoup plus de cellules infectées par le paludisme en vue de tester la robustesse de notre stratégie d'analyse.

# **FIN DE LA PRESENTATION**

**MERCI POUR VOTRE ATTENTION**



# Articles consultés

1. World Health Organization. *Global technical strategy for malaria 2016-2030*. World Health Organization, 2015.
2. Blair, D. M. (1956). Bilharziasis survey in British West and East Africa, Nyasaland, and the Rhodesias. *Bulletin of the World Health Organization*, 15(1-2), 203.
3. Laveissière, C., B. Sané, et H.A. Méda. 1994. « Measurement of Risk in Endemic Areas of Human African Trypanosomiasis in Côte d'Ivoire ». *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 88 (6): 645-48.
4. Venkataramana, M., et al. "A Review of Recent Texture Classification: Methods." *IOSR Journal of Computer Engineering (IOSRJCE7)* 14 (2013): 1.
5. Fekri-Ershad, S. (2018). A Review on Image Texture Analysis Methods. *arXiv:1804.00494 [cs]*.
6. Humeau-Heurtier, A. Texture Feature Extraction Methods: A Survey. *IEEE Access* (2019).
7. Ojala, T., Pietikainen, M., & Maenpaa, T. (2002). Multiresolution gray-scale and rotation invariant texture classification with local binary patterns. *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 24(7), 971-987.
8. Liu, L., Fieguth, P., Guo, Y., Wang, X., & Pietikäinen, M. (2017). Local binary features for texture classification: taxonomy and experimental study. *Pattern Recognition*, 62, 135-160.
9. Omucheni, D. L., Kaduki, K. A., Bulimo, W. D. & Angeyo, H. K. Application of principal component analysis to multispectral-multimodal optical image analysis for malaria diagnostics. *Malaria Journal* 13, 485 (2014).μ
10. Pietikäinen, M., Mäenpää, T., & Viertola, J. (2002). Color texture classification with color histograms and local binary patterns. In *Workshop on Texture Analysis in Machine Vision* (p. 109–112). Citeseer.

# A TITRE DIDACTIQUE 1

Les LBPs est sont des opérateurs texturaux permettant de caractériser localement une texture en niveau de gris. Ils mettent en œuvre des relations de voisinage entre les pixels afin de détecter des contours indépendamment des variations de luminance.

$$LBP_{R,P} = \sum_{i=0}^P S(g_i - g_c) 2^i \quad (13)$$

$$S(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } x \geq 0 \\ 0 & \text{sinon} \end{cases} \quad (14)$$

[Ojala, T. et al.,2002]



## A TITRE DIDACTIQUE 2

$$LBP_{R,P} = \sum_{i=0}^P S(g_i - g_c) 2^p \quad (15)$$

Coordonnées pixels central :  $\begin{cases} x_c \\ y_c \end{cases}$  ;

$$\text{Coordonnées pixels voisinage : } \begin{cases} x_c + R \cos\left(\frac{2\pi p}{P}\right) \\ y_c - R \sin\left(\frac{2\pi p}{P}\right) \end{cases} \quad (16)$$

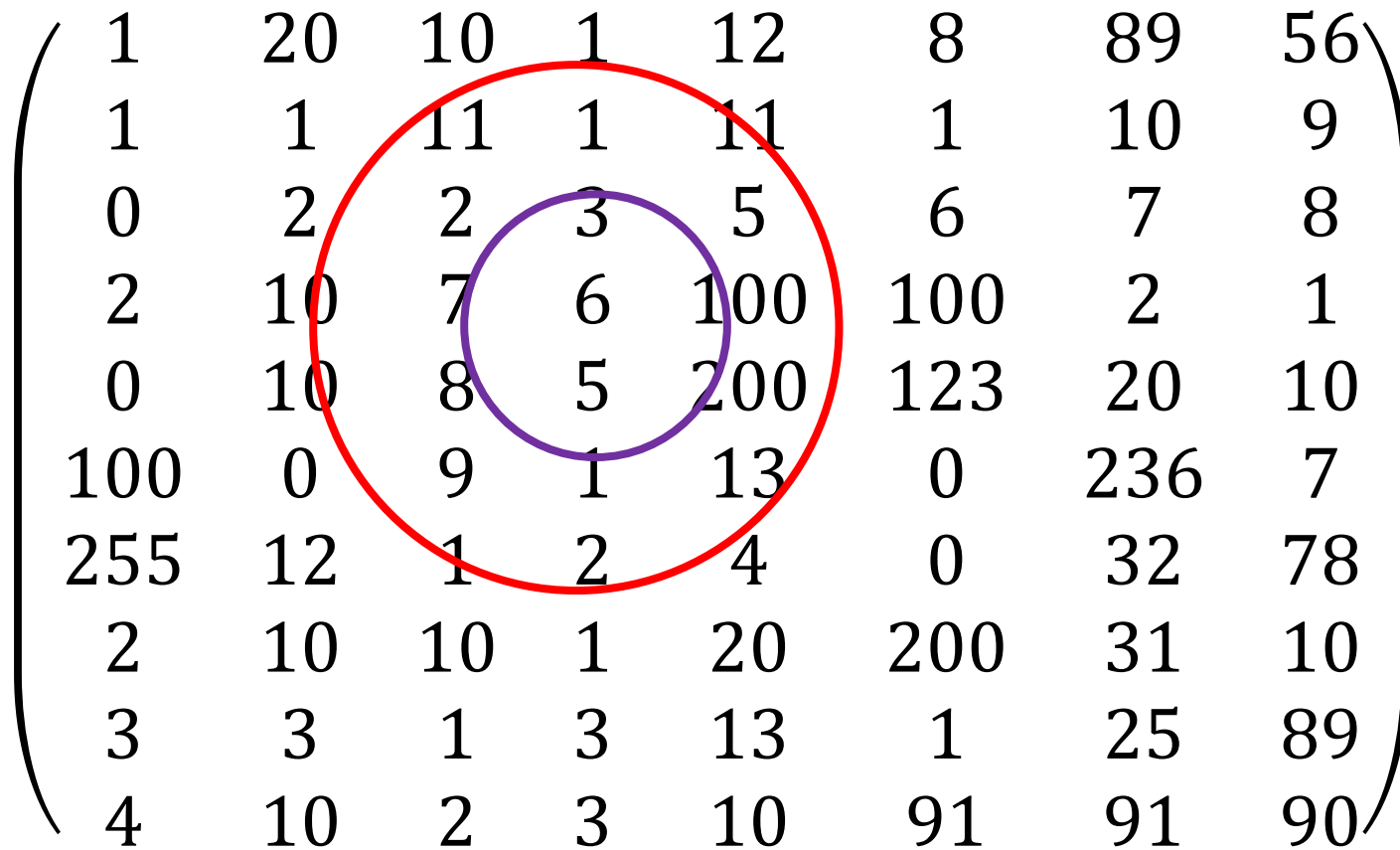
R : rayon du voisinage

P : nombre de points dans le voisinage

[Ojala, T. et al.,2002]

# A TITRE DIDACTIQUE 3

LBP : Exemple de voisinage circulaire



1	20	10	1	12	8	89	56
1	1	11	1	11	1	10	9
0	2	2	3	5	6	7	8
2	10	7	6	100	100	2	1
0	10	8	5	200	123	20	10
100	0	9	1	13	0	236	7
255	12	1	2	4	0	32	78
2	10	10	1	20	200	31	10
3	3	1	3	13	1	25	89
4	10	2	3	10	91	91	90

# A TITRE DIDACTIQUE 4

LBP multispectral : OCLBP

Exemple : soit une image couleur multicomposante définie dans un voisinage

$$3 \times 3 \text{ par : } A_r = \begin{bmatrix} 8 & 1 & 6 \\ 3 & 5 & 7 \\ 4 & 9 & 2 \end{bmatrix} ; A_b = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 3 \\ 13 & 35 & 2 \\ 0 & 19 & 5 \end{bmatrix} \text{ et } A_g = \begin{bmatrix} 0 & 11 & 16 \\ 3 & 15 & 17 \\ 41 & 19 & 12 \end{bmatrix}$$

Autour de 5 dans  $A_r$ , on a  $V_{5,r} = 75$  ;  $V_{5,b} = 208$  et  $V_{5,g} = 231$

Autour de 35 dans  $A_b$ , on a :  $V_{35,r} = 0$  ;  $V_{35,b} = 0$  et  $V_{35,g} = 32$

Autour de 15 dans  $A_g$ , on a :  $V_{15,r} = 0$  ;  $V_{15,b} = 64$  et  $V_{15,g} = 99$