HAL
open science

Détection du Disque Optique : Critères de performance et Evaluation des méthodes

Sofien Ben Sayadia, Yaroub Elloumi, Rostom Kachouri, Mohamed Hedi Bedoui, Mohamed Akil

To cite this version:

Sofien Ben Sayadia, Yaroub Elloumi, Rostom Kachouri, Mohamed Hedi Bedoui, Mohamed Akil. Détection du Disque Optique : Critères de performance et Evaluation des méthodes. WORKSHOP AMINA 2018 "Applications Médicales de l'Informatique : Nouvelles Approches", Nov 2018, Monastir, Tunisie. hal-02004695

HAL Id: hal-02004695

https://hal.science/hal-02004695v1

Submitted on 2 Feb 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Détection du Disque Optique : Critères de performance et Evaluation des méthodes

Sofien Ben Sayadia[a], Yaroub Elloumi[a,b], Rostom Kachouri[b], Mohamed Hedi Bedoui[a], Mohamed Akil[b]

[a]Medical Technology and Image Processing Laboratory, Faculty of medicine, University of Monastir, Tunisia.
[b]Gaspard Monge Computer Science Laboratory, ESIEE-Paris, University Paris-Est Marne-la-Vallée, France.

***Abstract*— La détection du disque optique est une étape primordiale dans plusieurs approches automatique de détection des pathologies oculaires. Plusieurs méthodes de détection du disque optique ont été proposées. L'apport des méthodes est généralement quantifié à travers deux critères de performance, qui sont respectivement le taux de détection et le temps d'exécution. Cependant, ces méthodes diffèrent point de vue démarches d'évaluation et ainsi les taux et les temps de détection. De ce fait, il s'avère difficile de sélectionner une méthode en se basant sur les valeurs de l'évaluation fournies.**

Ce travail propose une approche permettant de sélectionner une méthode de détection du disque optique en se basant sur le critère de performance et la pathologie clinique. Elle consiste à identifier des propriétés liées à chaque critère de performance, et de déterminer leurs valeurs pour chacune des méthodes de détection. Par la suite, les méthodes sont classifiées en fonction de chaque propriété. Par conséquent, la sélection d'une méthode de détection du disque optique est identifiée en fonction des valeurs des propriétés.

Keywords- image rétinienne, disque optique, performance, taux de détection, temps d'exécution.

I. INTRODUCTION

La détection de Disque Optique (DO) est une étape importante dans de nombreux systèmes de diagnostic assistés par l'ordinateur pour faciliter la détection et le diagnostic des problèmes ophtalmologiques tels que la rétinopathie diabétique, le glaucome et la dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA). Un nombre significatif des méthodes de détection du DO est proposées dans la littérature. Les méthodes proposées doivent garantir des taux de détection élevées des techniques de détection du DO. Ainsi, l'exercice clinique en matière de diagnostic ou bien de thérapie est soumis à des contraintes temporelles. De ce fait, L'apport des méthodes est généralement quantifié à travers deux critères de performance, qui sont respectivement le taux de détection et le temps d'exécution.

Cependant, les méthodes proposées diffèrent selon plusieurs propriétés associées pour ces critères de performance. Chaque méthode vise à proposer un principe de localisation du DO différent vis-à-vis des caractéristiques des structures rétiniennes utilisées. En premier lieu, cette différence en termes des caractéristiques utilisées, entraîne une différence importante en termes de complexité, ce qui entraîne par conséquent une différence en termes de temps d'exécution. En deuxième lieu, cette différence en termes des caractéristiques utilisées, entraîne une différence en point de vue robustesse par rapport aux pathologies modélisées dans les images d'évaluation, ce qui entraîne par conséquent une différence en termes de taux de détection. De ce fait, il s'avère difficile de sélectionner une méthode selon le contexte de l'utilisation clinique.

L'objectif de notre travail est de proposer une approche permettant de sélectionner une méthode de détection du disque optique en se basant sur le critère de performance et la pathologie clinique. Ce travail vise à identifier des propriétés liées à chaque critère de performance, et de déterminer leurs valeurs pour chacune des méthodes de détection. Par la suite, les méthodes sont classifiées en fonction des propriétés. Par conséquent, la sélection d'une méthode de détection du disque optique est identifiée en fonction des valeurs des propriétés.

Les sections de ce papier sont organisées comme suit: La section II présente la structure anatomique du DO, décrit les approches de détection pertinentes du DO et explore les propriétés liées aux critères de performance. La section III, présente une comparaison des approches de détection du DO en termes des structures rétiniennes utilisées. La section IV, présente une classification des approches de détection du DO en termes des complexités. On normalise les complexités et on synthétise la relation entre les structures rétiniennes et les complexités informatiques des approches de détection du DO. La section V, présente une classification des approches de détection du DO en termes de pathologies clinique mises en considération. La section V, présente une comparaison des taux de détection de même base des données. La section suivante, synthétise l'étude de classification. Suivie par, une conclusion et Perspectives.

II. METHODES DU DISQUE OPTIQUE

A. Le Disque Optique (DO) :

- Structure anatomique :

Dans une image du fond de la rétine, telle qu'illustrée à la figure 1 (a), le DO apparaît généralement sous la forme d'un disque jaunâtre relativement circulaire, d'un diamètre de 1600 µm environ [17]. La forme du DO est similaire à une ellipse avec une largeur de 1,8 ± 0,2 mm et une longueur de 1,9 ± 0,2 mm [5]. Le DO est une structure, qui apparaît dans les images

de la rétine comme une région plus lumineuse que le fond d'œil [6] [7], [2] et [3]. En outre, le DO est la zone de propagation et d'émergence des vaisseaux, couvrant la rétine [7]. Ces vaisseaux, présentant une distribution réduite, sont concentrés autour de DO avec une densité élevée [6].

- Structure anatomique pathologique :

La détection du DO est une étape critique dans de nombreux systèmes de diagnostic des maladies ophtalmiques. Des modifications importantes de la forme, de la couleur et de la profondeur sont des indicateurs des diverses pathologies ophtalmiques. Les variations de l'intensité est considérable, due à l'atteinte de Œdème papillaire (hémorragies sombres ou des exsudats brillants) (Figure 1 (b)).

La néo-vascularisation est causée par l'atteinte d'une rétinopathie diabétique (Mild NPR, Moderate NPR, Severe NPR). Ces néo-vascularisations et la rétinopathie hypertensive [18], affectent une discontinuité de la limite du DO [21,22].

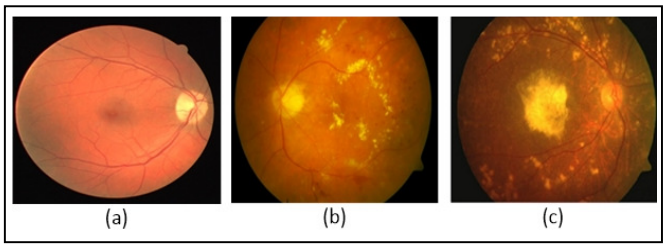

Figure 1. Image saine du fundus; (b) Œdèmes papillaire (c) dry AMD

Ces changements fournissent des mesures quantitatives pour la détection des pathologies associées au DO. La détection du DO aide, également, à segmenter d'autres caractéristiques en images saines ou pathologiques. Des informations sur le DO peuvent être utilisées dans le classement de gravité des maladies oculaires, telles que la Glaucome en mesurant le rapport du diamètre du DO / du diamètre de la cupule optique [23]. En cas de rétinopathie diabétique (proliférative (PDR)) et de DMLA, la région du DO doit être identifiée afin d'éviter toute confusion avec les exsudats de la rétine et les lésions sèches de la DMLA (Figure 1(c)) [19,20].

B. Méthodes de détection du DO

Différentes méthodes de détection du DO ont été introduites dans la littérature. Ces méthodes ont garanti une détection du DO supérieure à 60%, pourtant elles présentent certaine limitation dans des cas pathologiques, qui consistent à modifier la morphologie de l'image. Dans les travaux de Pourreza et al. [17], le DO est détecté en fonction de la luminosité et de la rondeur. Par conséquent, la transformation de radon est effectuée pour calculer l'intensité. La transformation du radon est appliquée avec plusieurs angles à chaque sous-fenêtre dans le but de détecter la rondeur. Le centre de la sous-image est considéré comme le centre du DO. M.Foracchia et al. [10] utilise un modèle géométrique paramétrique (modèle parabolique) pour décrire la direction typique des vaisseaux rétiniens lorsqu'ils convergent sur le disque optique. A.Youssif et al. [11] ont utilisé le schéma directionnel des vaisseaux sanguins de la rétine pour la détection de la DO. E. Mahfouz et al. [3] Combine trois caractéristiques que sont la luminosité du disque, la convergence du vaisseau et la direction vasculaire. Dans les travaux de F.A.Hashim et al. [4], un masque binaire est appliqué sur le canal d'intensité pour exclure les pixels d'arrière-plan. Ensuite, les opérateurs morphologiques et les techniques d'amélioration du contraste (transformations Gamma) sont utilisés conjointement avec la différence du filtre gaussien (DOG) pour obtenir la bordure OD. Rahebi et al. [5], effectuez le filtre médian pour débruiter l'image du fond de la rétine. Ensuite, le centre du disque optique est déterminé à l'aide de la Firefly qui se déplace vers un pixel de forte intensité. Dans la méthode proposée dans [6], une densité, une compacité et une uniformité de vaisseau sont formulées pour trouver les coordonnées du DO. Dans les travaux décrits dans [7], l'amélioration du vaisseau est combinée avec des opérateurs morphologiques pour détecter les orientations des 4 vaisseaux principaux. Xiong et Li [8] ont proposé une méthode pour localiser le centre du DO en extrayant une variété de caractéristiques, y compris l'intensité verticale et horizontale des vaisseaux et la taille de l'objet brillant. Dans les travaux de Giraddi et al. [9], un seuillage est utilisé pour éliminer la forme de fausse luminosité positive. La segmentation DO est effectuée à l'aide du gradient de champ vectoriel (GVF snake).

L'apport des méthodes est, généralement, quantifié à travers deux critères de performance, qui sont respectivement le taux de détection et le temps d'exécution. Cependant, ces méthodes diffèrent point de vue démarche d'évaluation. En effet, plusieurs bases de données publiques sont utilisées dans les expériences des méthodes. Ces bases de données diffèrent en termes de nombre des images saines et pathologies et de leurs sévérités. De ce fait, une même méthode de détection engendre des taux de détection différents, en modifiant les bases de données d'évaluation. En outre, les architectures logicielles utilisées, lors de l'évaluation, sont différentes en termes de bibliothèques de traitement d'images. De plus, les méthodes ne sont pas évoluées, en utilisant les mêmes architectures matérielles. Ces caractéristiques matérielles et logicielles influent considérablement sur le temps d'exécution. Par conséquent, les taux de détection et les temps d'exécution, présentés dans les travaux, ne sont pas susceptibles d'être comparés. La comparaison entre les méthodes, en se basant sur les taux et les temps, n'est pas crédible.

Dans cet objectif, nous proposons une approche, permettant un choix crédible des méthodes de détection du DO. Cette approche se base sur l'extraction de propriétés liées à chaque critère. Dans ce contexte, la complexité et le recours à la détection des structures rétiniennes sont considérés comme propriétés liées au critère de temps d'exécution, telles que indiquées dans la figure 2. De même, le recours aux images pathologiques, les taux de détection et le recours à la détection des structures rétiniennes sont considérés comme propriétés liées au critère du taux de détection. De ce fait, les propriétés sont déterminées et triées pour chaque méthode. Ainsi, le choix d'une méthode dans l'objectif d'optimiser un critère sera basé sur les propriétés qui lui sont associés.

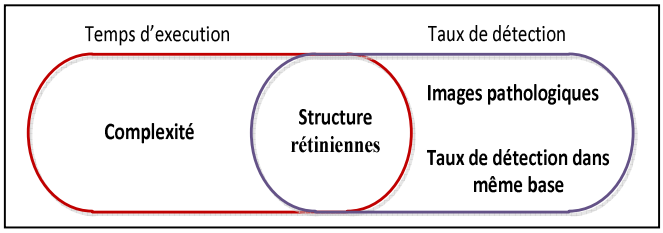

Figure 2. les propriétés liées aux critères des performances.

III. LES COMPLEXITÉS DES ALGORITHMES

Les méthodes de détection du DO se basent sur des tailles prédéfinies des structures rétiniennes, qui sont principalement la taille du disque optique et l'épaisseur des vaisseaux. Les valeurs prédéfinies de ces tailles sont trop diverses d'une méthode à une autre. Dans le travail de [17], la taille de DO est approximée expérimentalement à 130 pixels. Cependant, dans le travail de [7], la taille est de 80 pixels. Par conséquent, les complexités présentées dans les travaux ne peuvent pas être directement comparées. Pour maintenir l'uniformité des complexités, les tailles des structures doivent être normalisées. Dans ce contexte, on procède à formuler les tailles des structures rétiniennes en fonction de la résolution de l'image. Le travail présenté dans [1], consistait à normaliser les temps d'exécution en remplaçant le diamètre du DO (D_{DO}) et l'épaisseur des vaisseaux principaux (E_{VP}), telles que décrit dans l'équation (1) :

$$E_{Vp}=1/6.5*D_{DO}=1/6.5*(1/7*n)=1/45.5*n. \quad (1)$$

Par la suite, on procède à recalculer les complexités totales des méthodes, dont les valeurs sont illustrées dans le tableau 1. On déduit que les complexités varient de O(n²) à O(n4). De ce fait, pour le choix d'une méthode avec des contraintes de temps d'exécution, l'utilisateur doit choisir une méthode offrant une complexité quadratique de O(n²).

TABLE 1 COMPARAISON DE LA COMPLEXITE DE CALCUL DES METHODES DE DETECTION OD.

	Year	*Ordre de complexité*
R.Pourreza.S et al.[17]	2014	O(n2)
M. Foracchia et al. [10]	2004	O(n2)
A. Youssif et al. [11]	2008	O(n4)
E.Mahfouz et al.[3]	2010	O(n3)
F.A.Hashim et al.[4]	2015	O(n2)
JavadRahebi et al.[5]	2016	O(n2)
Dong boZhang et al.[6]	2016	O(n2)
Ivo Soares et al.[7]	2016	O(n3)
Xiong et Li [8]]	2016	O(n3)
Giraddi et al. [9]	2017	O(n3)

IV. LES STRUCTURES RÉTINIENNES

Chaque méthode propose de localiser le DO en se basant sur des caractéristiques des structures rétiniennes. Ces caractéristiques peuvent être classées en deux familles, comme indiquées dans le tableau 2:

- Famille 1 : les Caractéristiques du DO : qui sont la brillance, la circularité, la taille par rapport à la rétine [17,4,5,9].
- Famille 2: les Caractéristiques des vaisseaux sanguins : qui sont la convergence vers le DO, la densité et la symétrie par rapport à l'axe rétinien [3, 11, 7, 8].

En se basant sur la section 3, on note que la majorité des méthodes, de la première famille, requièrent une complexité de traitement quadratique, de l'ordre de O(n²). D'un autre côté, la majorité des méthodes de la deuxième famille se caractérisent par des complexités cubiques de l'ordre de O(n3) .

TABLE 2 RESUME DES CRITERES DE DETECTION OD.

	Caractéristiques du DO			**Caractéristiques des Vaisseaux**	
	Brillance (B)	***Circularité (C)***	***Taille (T)***	***convergence (Conv)***	***Densité & Uniformité (D&U)***
[17]	•	•	•		
[10]				•	
[11]	•			•	•
[3]	•		•		•
[4]	•	•			
[5]	•				
[6]				•	•
[7]	•			•	•
[8]	•	•	•		•
[9]	•	•	•		

De ce fait, on déduit que la différence en termes des structures utilisées, entraîne une différence importante en termes de complexité de calcul, ce qui engendre une augmentation en temps d'exécution. Ainsi, en se basant sur notre étude décrite dans [1], les méthodes de la première famille requièrent des temps d'exécutions inférieures à celles de la deuxième famille. Par conséquent, ces dernières sont les plus adéquates pour le choix d'une méthode ayant une contrainte de temps d'exécution.

V. LES IMAGES D'EVALUATION ET LES PATHOLOGIES CLINIQUE

Divers bases des données publics sont utilisés dans les expériences des méthodes, telles que DRIVE, STARE, DIARETDB0, DIARETDB1, etc. Ces bases des données diffèrent en termes de nombre d'images saines et pathologiques, et en termes des pathologies qu'elles les correspondent. De plus, certaines méthodes procèdent à l'évaluation sur des images exclusivement saines [2]. Cependant, les performances élevées obtenues par l'évaluation expérimentale dans des images rétinienne saines, ne sont plus fiable en présence de signes pathologiques et dans les images de mauvaise qualité. Le tableau 3 illustre les bases données utilisées lors de l'évaluation de chaque méthode, Ainsi que les pathologies cliniques modélisées dans leurs images.

TABLE 3 CLASSIFICATION SELON LES BASES DES DONNEES ET LE TYPE DES IMAGES UTILISE (S: SAINE/ X : SAINE &PATHOLOGIQUE).

	[17]	[10]	[11]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	Pathologies modélisées dans les images
STARE (81images)	X	X	X	X	X	S	X	X	X		RD:Proliférative RD(PDR),Mild NPR. Moderate NPR, Severe NPR,Œdèmes papillaire, Rétinopathie hypertensive (RH)
DRIVE (40images)	X		X	X	X	X	X	X	X	X	RD :Mild NPR.
DIARETDB1 (89 images)				X	X	X	X	X	X	X	RD : Mild NPR, Moderate NPR,
DIARETDB0 (130 images)				X	X		X	X	X	X	RD:PDR,Mild NPR, Moderate NPR, Severe NPR.
MESSIDOR (1200 images)					X			X			RD : DMLA(sèche, humide),
ROC (100 images)								X			RD :Mild NPR,Moderate NPR.
E-OPHTHA-EX (82 images)								X			Œdèmes papillaire
HRF (45 images)								X			Glaucome : chronique à angle ouvert (GAO) , par fermeture de l'angle irido-cornéen.
MUMS-DB (240 images)	X										RD :Proliferative DR
ARIA (120 images)					X						DMLA : Atrophique, Exsudative.

La présence des pathologies clinique, entraîne des modifications sur les caractéristiques structures rétiniennes, ce qui engendre par conséquent des limites de détection du DO. Par exemple, la présence des lésions, due à la pathologie Œdèmes papillaire, amène à détecter des régions ayant une brillance et une forme similaire au DO. En outre, certaines pathologies, telles que la RD et la DMLA, engendrent l'ajout de vaisseaux ce peut fausser la détection du DO. Les limites et robustesses de chaque technique sont expliquées dans le tableau 4.

TABLE 4 RESUME DES POINTS FORTS / LIMITATIONS DES TECHNIQUES DE DETECTION DE DO.

	Robustesse/Limitations
[17]	-Sensible à la lésion avec brillant et taille similaire à OD.
[10]	-Sensible à la construction incomplète de la structure vasculaire. -Robuste en apparence DO changer.
[11]	-Sensible au manque de navires importants. -Robuste en apparence DO changer.
[3]	-Sensible à l'apparence incomplète du DO. - Sensible à la lésion avec brillant.
[4]	-Sensible à la lésion avec brillant et taille similaire à OD. - la méthode n'est pas entièrement automatique.
[5]	-Sensible à la lésion brillante. -Testé sur des images saines.
[6]	-Robuste en apparence DO changer. -Sensible à la construction incomplète de la structure vasculaire.
[7]	-Robuste en apparence DO changer. -Robuste dans la lésion avec brillant et taille similaire à OD. -Sensible au faible contraste et à l'absence du vasculaire principal.
[8]	-Sensible à la qualité des images. -Robuste apparence incomplète du DO. -Robuste dans les vaisseaux ne sont pas évidents dans les images rétiniennes. -Robuste dans la lésion avec brillant et taille similaire à OD.
[9]	-Sensible à la mauvaise qualité des images. -Sensible à la lésion avec brillant et taille similaire à DO.

De ce fait, pour le choix d'une méthode avec des contraintes taux de détection, l'utilisateur doit choisir une méthode qui est évaluée sur plusieurs images pathologiques dans le but de garantir une robustesse élevée face aux diverses pathologies clinique.

VI. LES TAUX DE DÉTECTION

Chaque méthode vise à utiliser un nombre limité de base des donnés pour les évaluations expérimentales. Une même méthode est susceptible d'avoir des taux différents en modifiant la base des données d'évaluation. De ce fait, cette propriété consiste à comparer les performances correspondantes à des bases de données communes, telles que les bases des données DRIVE et STARE qui sont les plus utilisées. En comparant les résultats (figure 2.6) obtenus de l'évaluation des démarches sur la base de données DRIVE, On note que toutes les démarches aboutissent à des taux de détection du DO très élevés. Cependant, les résultats obtenus de l'évaluation des démarches sur la base de données STARE sont divergentes.

On note que les méthodes proposées par Zhang et al [6], par Soares et al[7] et par Hashim et al [4] atteignent les meilleures taux de detection. Néanmoins, la méthode proposée par Hashim et al [4] n'est pas entièrement automatique. Par conséquent, on déduit que les méthodes qui utilisent les caractéristiques des vaisseaux sont les plus adéquats, pour le choix d'une méthode ayant une contrainte de taux de détection.

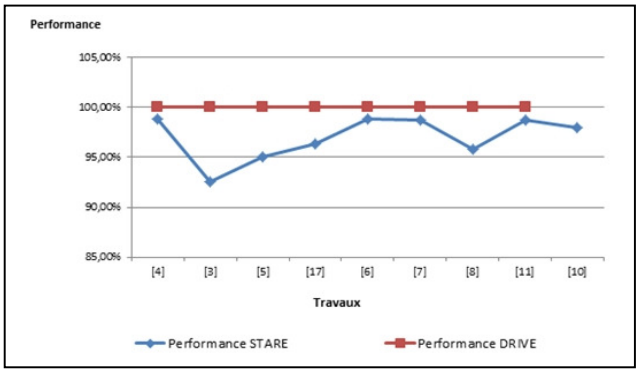

Figure 3 : Taux de détection de base des données STARE & taux de détection de base des données DRIVE.

VII. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE DE CLASSIFICATION

On propose dans cette section une démarche pour choisir une technique de détection du DO en fonction du critère ciblée qui peut être temps d'exécution ou bien taux de détection. Pour le premier cas, l'utilisateur est amené à vérifier les propriétés de complexité et des structures rétiniennes utilisées dans la détection du DO. Suite à l'étude comparative de complexité (Tableau 5), en précise que les démarches, qui n'utilisent que les caractéristiques du DO, requièrent une complexité de calcul faible de O (n^2). Dans le cas contraire, les méthodes qui utilisent les caractéristiques des vaisseaux, requirent une complexité de calcul de l'ordre de O (n3). Par conséquent, les méthodes basées sur les caractéristiques du DO sont les plus adéquats.

Pour choisir une méthode en se basant sur le critère de taux de détection, l'utilisateur est invité à vérifier les propriétés des structures rétiniennes, des images pathologiques considérées dans l'évaluation et ainsi les taux de détection atteintes dans des bases des données communes.

Dans cette étude comparative, on précise que les démarches utilisent les caractéristiques du DO atteignent des taux de détection élevées dans des images rétiniennes saines.

caractéristiques des vaisseaux, misent en considération la plus part des pathologies clinique et indique des performances élevés en termes de taux de détection.

Dans nos travaux futurs, nous cherchons à sélectionner une méthode adéquate au critère de performance en termes de taux de détection. Par la suite, on explore le parallélisme sensible sur cette méthode afin de réduire la complexité et donc le temps d'exécution.

TABLE 5. ETUDE COMPARATIVE DES METHODES DE DETECTION OD.

	Structures rétiniennes					Complexité	Pathologies considérées								Performance moyenne
							RD				RH	DMLA	Œdèmes papillaire	glaucoma	
	B	C	T	Conv	D&U		Mild NPR	Moderate NPR	Sever NPR	PDR					
[17]	•	•	•			$O(n^2)$	•	•	•	•					96,27%
[10]				•		$O(n^2)$	•	•	•		•	•			98%
[11]	•			•	•	$O(n^4)$	•	•	•	•	•				99,3%
[3]	•		•		•	$O(n^3)$	•	•	•		•				97,2%
[4]	•	•				$O(n^2)$	•	•	•		•	•			99,605%
[5]	•					$O(n^2)$	•								96,46%
[6]				•	•	$O(n^2)$	•	•		•	•	•		•	99,47%
[7]	•			•	•	$O(n^3)$	•	•	•	•	•	•	•	•	99,15%
[8]	•	•	•		•	$O(n^3)$	•	•	•		•		•		98.2%
[9]	•	•	•			$O(n^3)$	•	•	•						98.33%

Cependant, les démarches qui utilisent à la fois les caractéristiques du DO et des vaisseaux aboutissent à des taux de détection plus élevées dans les images rétiniennes saines et pathologiques. Par conséquent, On déduit que ces travaux sont les plus adéquats pour un système de diagnostic efficace et robuste.

VIII. CONCLUSION AND PERSPECTIVES

Plusieurs travaux sont proposés pour la détection du DO dans l'image du fond. Nous avons présenté dans ce travail, une approche permettant de sélectionner une méthode de détection du DO en se basant sur le critère de performance ; le taux de détection et le temps d'exécution. Dans cet objectif, nous avons proposé une classification des méthodes en termes des propriétés liées à chaque critère de performance. Pour le critère temps d'exécution, nous proposons de classifier les méthodes en se basant sur les propriétés des structures rétiniennes et de complexités des méthodes. La complexité permet de distinguer la relation entre les structures rétiniennes utilisées dans la détection et le temps d'exécution.

Nous en déduisons que la méthode visant à détecter le DO basée sur les caractéristiques du DO nécessite moins de temps d'exécution que celles détectant une DO basée sur les caractéristiques des vaisseaux. Pour le critère de performance en termes de taux de détection, nous proposons de classifier les méthodes en se basant sur les structures rétiniennes utilisées, les images d'évaluation et les pathologies cliniques et ainsi le taux de détection atteint. Par conséquent, nous avons précisé que les méthodes visant à détecter le DO basée sur les

REFERENCES

[1] S.BENSAYADIA, Y.ELLOUMI, M.AKIL, M.H. BEDOUI, "Computational Efficiency of OpticDiskDetection on Fundus Image: A survey", SPIE Proceeding on Real-Time Image and VideoProcessing 2018, 15 - 19 April 2018, Orlando, Florida, United States.

[2] A. Fraga, N. Barreira, M. Ortega, M.G. Penedo, and M.J. Carreira., "Precise Segmentation of the Optic Disc in Retinal Fundus Images. " EUROCAST, Part I: pp. 584–591, (2012).

[3] Ahmed E. Mahfouz et Ahmed S. Fahmy. "FastLocalization of the Optic Disc Using Projection of Image Features. "IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING (2010).

[4] F. A. Hashim, N. M. Salem*, and A. F. Seddik. "Optic Disc BoundaryDetectionfrom Digital Fundus Images."Journal of Medical Imaging and HealthInformatics, 50–56 (2015).

[5] JavadRahebi ,FıratHardalaç. "A new approach to optic disc detection in humanretinalimagesusing the fireflyalgorithm. "Medicalbiological engineering &computing.453-461 (2016).

[6] DongboZhang and YuanyuanZhao. "NovelAccurate and FastOptic Disc Detection in Retinal Images WithVessel Distribution and DirectionalCharacteristics"; IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics,333–342 (2016).

[7] Ivo Soares, Miguel Castelo-Branco, and Antonio M. G. Pinheiro,."Optic Disc Localization in Retinal Imagesbased on Cumulative Sum Fields." IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics 574-585 (2016).

[8] Li XiongandHuiqiLi, "An approach to locateoptic disc in retinal images withpathological changes", ComputerizedMedicalImaging and Graphics, 40–50 (2016).

[9] S.Giraddi,JagadeeshPujariandP.S.Hiremath., "Optic Disc DetectionUsingGeometricProperties and GVF snake."Intelligent Systems and Information Management (2017).

[10] M. Foracchia, E. Grisan, A. Ruggeri, "Detection of optic disc in retinal images bymeans of ageometrical model of vessel structure", IEEE Trans. Med. Imaging.1189–1195 (2004).

[11] A. Youssif, A.Z. Ghalwash, and A.R. Ghoneim, "Optic disc detectionfromnormalizeddigital fundus images by means of a vessels' direction matchedfilter, " IEEE Trans.Med.Imaging.11–18 (2008).

[12] Xavier Zanlonghi., "Un comparatif de rétinographes non mydriatiques," Slate, 2005, http://www.ophtalmo.net/bv/Doc/2005-5918-XZ-RNM.pdfasp (13/9/2018).

[13] S.S. Kar, S.P. Maity, "Detection of neovascularization in retinal images usingmutual information maximization" Computers and Electrical Engineering.1–15 (2017).

[14] A. García-Floriano et al,"A machine learningapproach to medical image classification: Detectingage-relatedmaculardegeneration in fundus images, "Computers &Electrical Engineering.1-12(2017).

[15] Muthu Rama KrishnanMookiah et al, "Automated detection of age-related macular degeneration Using empirical mode decomposition, "Knowledge-BasedSystems.654–668(2015).

[16] Carla Agurto, HonggangYu, Victor Murray, MariosS.Pattichis, Sheila Nemeth, Simon Barriga, Peter Soliz, " A Multiscale Decomposition Approach to Detect AbnormalVasculature in the Optic Disc, "Computerized Medical Imaging and Graphics. 137-149 (2015).

[17] R.Pourreza.S ,MeysamTavakoli and Nasser Kehtarnavaz, "Computationally efficient optic nerve headdetection in retinal fundus images, "BiomedicalSignalProcessing and Control. 63–73(2014).

[18] Fengshou Yin1, Jiang Liu1, Damon Wing Kee Wong1, NganMeng Tan1, Carol Cheung2, Mani Baskaran2,Tin Aung2 and Tien Yin Wong2 , "Automated Segmentation of Optic Disc and OpticCup in Fundus Images for GlaucomaDiagnosis" , IEEE (2012).

[19] Ravi Kamble, Manesh Kokare, Girish Deshmukh, Fawnizu Azmadi Hussin, Fabrice Mériaudeau :"Localization of Optic Disc and Fovea in Retinal Images using Intensity Based Line Scanning Analysis", Computers in Biology and Medicine. 1-29(2017).

[20] JyotiPrakashMedhi ,SamarendraDandapat : "An effective foveadetection and automaticassessment of diabeticmaculopathy", Computers in Biology and Medicine, Computers in Biology and Medicine.1-15(2015).

[21] Jun Cheng*, Jiang Liu, YanwuXu, Fengshou Yin, Damon Wing Kee Wong, Ngan-Meng Tan, Dacheng Tao,"Superpixel Classification BasedOptic Disc and OpticCup Segmentation for GlaucomaScreening",IEEE TRANSACTIONS ON MEDICAL IMAGING, 6-38 (2013).

[22] R. GeethaRamani , Lakshmi Balasubramanian , "Macula Segmentation and Fovea Localization employing Image Processing and Heuristic based Clustering for Automated Retinal Screening," Computer Methods and Programs in Biomedicine. 153-163 (2018).

[23] M. UsmanAkram, Shehzad Khalid, AnamTariq, M. YounusJaved, "Detection of neovascularization in retinal images using multivariate m-Mediods based classifier", Computerized Medical Imaging and Graphics.346-357(2013).