

MASTER M2 INFORMATIQUE

CATI

## CORRECTION AUTOMATIQUE DES YEUX ROUGES

Par :  
Melki Imen  
Trigui Mohamed



## SOMMAIRE

INTRODUCTION	2
I. CAUSES PHYSIQUES DES YEUX ROUGES :	3
1. Les causes des « yeux rouges » :	3
2. Pourquoi la couleur rouge ?	3
3. L'effet « <i>yeux rouges</i> » dépend de la personne ?	3
4. Les approches de correction des « <i>yeux rouges</i> »	4
II. ALGORITHME DE DETECTION DES YEUX ROUGES :	4
1. Détection des visages :	4
a. Lissage de l'image d'entrée	5
b. Sélection des pixels représentant la peau :	5
c. Nettoyage morphologique	5
d. Etiquetage des régions détectées :	6
e. Sélection des visages :	6
2. Détection des yeux rouges :	6
III. ALGORITHME DE CORRECTION DES YEUX ROUGES :	9
IV. RESULTATS ET PERSPECTIVES :	11
1. Résultats :	11
2. Perspectives :	13
3. Notes :	13
CONCLUSION	14
REFERENCES ET BIBLIOGRAPHIE	15

## INTRODUCTION

Causé par la réflexion de la lumière du flash issu de l'appareil photo sur la rétine de l'œil, les yeux rouges présentent un problème gênant pour les photographes amateurs et même les professionnels. En effet, en utilisant le flash de l'appareil photo, la position relative de la source lumineuse par rapport à la personne photographiée provoque une réflexion de cette lumière sur la rétine. Cette réflexion cause l'apparition d'une tâche rouge, plus au moins intense, au niveau de la pupille de l'œil. De ce fait, un besoin de détecter ces yeux rouges dans une photographie et les corriger en leur associant leur couleur original s'est imposé. Plusieurs travaux ont été présentés dans ce domaine et ont fourni des résultats très convainquant. Certains présentent des méthodes reposant sur une présélection manuelle des yeux rouges à corriger, d'autre, plus sophistiqués, propose une détection automatique des yeux rouges avant de faire la correction de la couleur.

Dans ce travail, nous présentons une méthode de détection et correction automatique des yeux rouges présents dans des photographies numériques. Notre approche repose sur deux étapes fondamentales :

- La détection des Yeux rouges en faisant une détection préliminaires des différents visages présents sur la photo.
- La correction de la couleur rouge des yeux détectés.

Nous détaillerons dans une première partie les causes physiques de ce phénomène et dans quels cas il est aperçu. La deuxième partie portera sur les différentes étapes nécessaires pour une bonne détection des yeux rouges. L'algorithme de restitution de la couleur original de la peau est illustré dans la troisième partie.

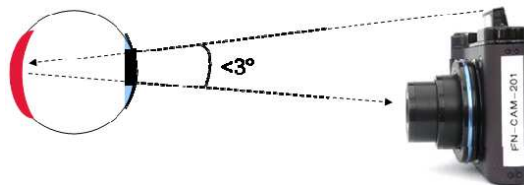
Nous présenterons dans la dernière section, les résultats de notre démarche ainsi que des améliorations éventuelles.

## I. CAUSES PHYSIQUES DES YEUX ROUGES :

Les Yeux Rouges est phénomène très réputé dans les cas des photographies numérique qui est du à un mauvais positionnement de la personne à photographier par rapport à la lentille de l'appareil photo. Quelles sont les origines physiques de ce phénomène ? Est-ce qu'il touche toutes les personnes ? Comment l'éviter ?

### 1. Les causes des « yeux rouges » :

Quand on photographie une personne avec flash photographique en faible lumière ambiante, une grande partie de la lumière très lumineuse du flash passe dans l'œil à travers la pupille. En effet, nos pupilles se dilatent plus ou moins selon la lumière, ainsi, dans la nuit notre pupille est dilatée au maximum pour absorber le maximum de lumière. D'où lorsque le flash de la caméra est émis, la pupille n'a pas le temps de se réfracter et le flash éclaire directement le fond de notre œil. L'appareil photo enregistre cette lumière réfléchiée par le fond de l'œil.



*Fig n°1 : L'effet des yeux rouges est dû à la réflexion du flash photographique par le fond de l'œil.*

### 2. Pourquoi la couleur rouge ?

Notre œil est composé de l'iris qui fait la couleur de nos yeux et d'une pupille noire en son centre. Les rayons lumineux entrent par la pupille et une image se forme sur notre rétine. La zone de convergence des faisceaux au centre de la rétine est appelée la macula. De nombreux vaisseaux sanguins irriguent la rétine et la macula, ce qui confère une couleur rouge à cette zone.



*Fig n°2 : Exemple des yeux rouges*

### 3. L'effet « yeux rouges » dépend de la personne ?

La quantité de lumière rouge sortant à travers de la pupille dépend de la quantité de mélanine dans les couches derrière la rétine de l'œil de la personne photographiée. Cette quantité varie fortement entre les individus. Les gens dont la teinte est claire et les yeux sont bleus ont une quantité de mélanine relativement faible dans le fond. D'où la quantité du rouge reflétée par le fond de l'œil est relativement forte par rapport les personnes à peau mate et à yeux bruns qui ont une quantité de mélanine plus importante.

D'où un effet des yeux rouges plus remarquables chez les blonds dont les yeux sont de légères couleurs que chez les personnes à peau mate à yeux bruns.

L'effet des « *yeux rouges* » apparaît, souvent dans les photographies des enfants, aussi parce que les yeux des enfants sont plus adapté à l'obscurité. Ainsi, en faible lumière les pupilles des enfants s'élargissent trop d'où l'accentuation de l'effet « *yeux rouges* » dans les photographies des petits.

#### 4. Les approches de correction des « *yeux rouges* »

Pour éviter cet effet des yeux rouges, on peut procéder par deux approches :

##### a. Approche matérielle :

Certains appareils possèdent un flash anti-yeux rouges qui émet un premier flash avant d'émettre le flash final permettant de prendre la photo dans l'obscurité. De cette manière, notre pupille se rétracte lors du premier flash et nous n'avons donc plus les yeux rouges lors du second flash vu que la pupille n'est plus dilatée.

##### b. Approche logicielle :

On trouve également des filtres anti-yeux rouges dans les logiciels de retouche photo afin de remplacer le rouge par une couleur foncée.

## II. ALGORITHME DE DETECTION DES YEUX ROUGES :

Notre démarche présente une première partie qui consiste à la localisation des yeux rouges présents sur la photo à traiter. Pour ce, on propose le procédé suivant :

- Détecter les Visages en détectant les différentes régions de la peau dans la photo et faisant une sélection basée sur un critère prédéfini.
- Dans chaque visage détecté précédemment, on détecte les pics de rougeur qui peuvent correspondre à des yeux rouges. On suite on valide chaque candidat selon des critères de forme et de taille.

### 1. Détection des visages :

Cette phase permet de réduire les régions de recherche des yeux rouges et réduit ainsi les risques de fausses détections.

Différents méthodes de détection de visages sont présentes dans la littérature. Les plus performantes reposent sur un appariement de gabarit (« Template Matching »). D'autres reposent sur une détection de la couleur de peau pour éliminer les régions n'ayant pas cette couleur, suivie d'une méthode de Template Matching appliquée sur ces régions pour éliminer les régions n'ayant pas les caractéristiques d'un visage.

Dans ce travail, on propose une méthode simple mais assez fiable pour la détection rapide des visages. Les différentes étapes résumant ce procédé sont :

a. **Lissage de l'image d'entrée :**

On utilise un filtre médian 9x9 pour éliminer le bruit éventuellement présent à cause des mauvaises conditions d'acquisition.

b. **Sélection des pixels représentant la peau :**

On utilise le codage RGB pour la définition du modèle de la peau. Pour décider si un pixel couleur appartient ou pas à une région de peau il faut vérifier certains contraintes.

Ces critères varient suivant l'éclairage du sujet.

*Cas Faible Eclairage :*

$(R > B)$  et  $(G > B)$  ou  $(R > 200)$  et  $(G > 210)$  et  $(B > 170)$  et  $(ABS(R-G) \leq 15)$

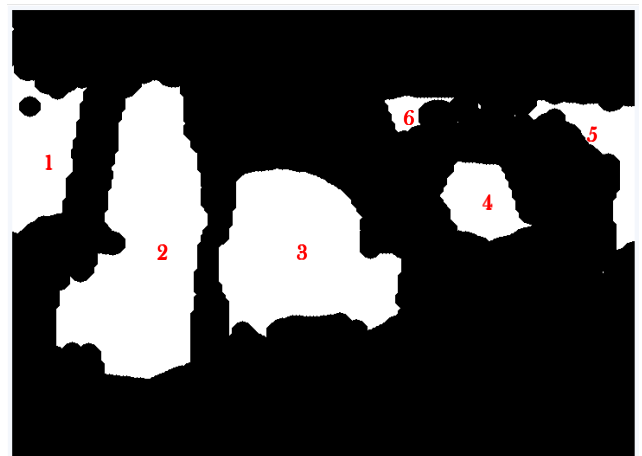
*Cas Fort Eclairage :*

$(R > 95)$  et  $(G > 40)$  et  $(B > 20)$  et  $(MAX(R,G,B) - MIN(R,G,B)) > 15$  et  $(ABS(R-G) > 15)$  et  $(R > G)$  et  $(R > B)$

Après la détection de ces pixels, on effectue un seuillage pour récupérer une image binaire servant comme masque permettant de récupérer la position de ces pixels dans l'image d'origine.

c. **Nettoyage morphologique :**

L'image des régions de peau ainsi obtenue présente des trous et du bruit, c'est pourquoi on procède à une opération d'ouverture suivie d'une fermeture pour éliminer ces parasites. Nous travaillons avec un élément structurant circulaire de taille 13x13.



*Fig n°3 : Détection des Région de Peau*

a) Image Originale

b) Régions de Peau (Visages Candidats)

#### d. Etiquetage des régions détectées :

Cette étape sert à séparer les différentes régions détectées en plusieurs visages candidats à confirmer dans l'étape qui suit. La séparation se fait par détermination des composantes connexes de l'image binaire de la peau par deux fonctions de la bibliothèque OpenCV.

#### e. Sélection des visages :

Parmi les composantes obtenues précédemment certaines peuvent correspondre à des visages et d'autre pas. Pour faire cette classification on calcule pour chaque composante le ratio entre sa hauteur et sa largeur.

$$\text{Ratio} = \text{Hauteur}/\text{Largeur}$$

Selon la valeur de ce ratio une composante sera sélectionné ou pas comme un visage. La condition de sélection est la suivante :

$$0.8 < \text{Ratio} < 1.8$$

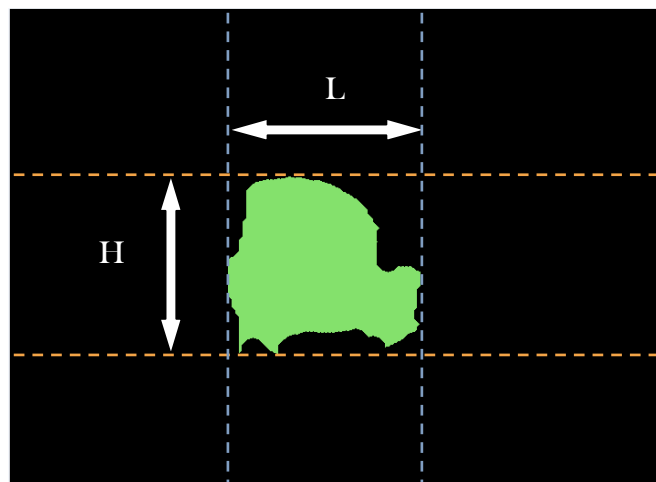


Fig n°4 : Visage n°3 sélectionné

A la sortie de cette phase, on dispose d'un ensemble de visages qui serviront à la localisation des yeux rouges dans la phase suivante.

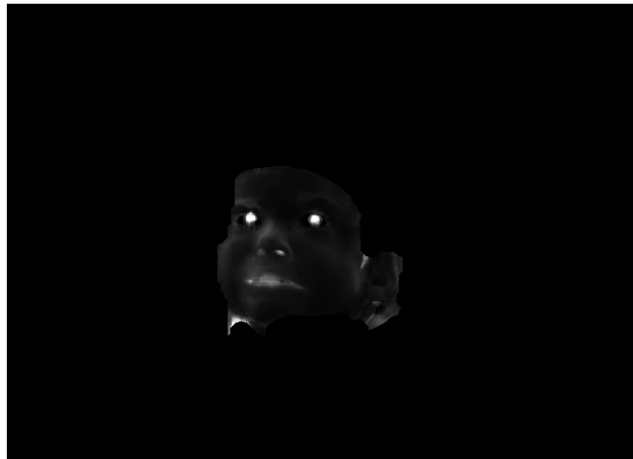
Pour notre exemple, seuls les candidats 3 et 4 sont retenus.

## 2. Détection des yeux rouges :

Un œil rouge présente une saturation dans la composante R par rapport aux valeurs G et B du pixel. Pour pouvoir quantifier cette saturation on calcule l'image de rougeur « Redness » de chacun des visages précédemment détectés à partir de la formule suivante :

$$\text{Redness} = (4 * R - (G + B) - \min(G, B) - \max(G, B)) / R ;$$
$$\text{Redness} = \text{Redness}^4;$$

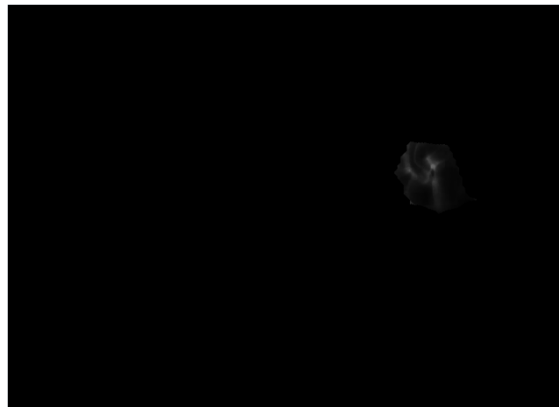
Cette étape correspond à convertir l'image couleur de chaque visage en une image monochromatique (Redness) dans laquelle un œil rouge correspond à une tâche circulaire brillante.



*Fig n°5 : Image monochromatique du visage n°3*

On fixe un seuil pour la détection des yeux rouges de « 115 » permettant de détecter même les yeux avec une faible saturation.

A partir de ce seuil, le visage 2 est éliminé car aucun pixel n'atteint le seuil fixé :



*Fig n°6 : Image monochromatique du visage n°4*

Une fois l'image monochromatique seuillée, on obtient, pour chaque visage la position des pics rouges. Pour valider ces yeux candidats, on teste les différentes contraintes géométriques suivantes :



- Le pourcentage Ratio entre l'air de l'œil candidat et du visage correspondant :

$$P = (A_{\text{œil}}/A_{\text{face}})*100$$

- Le ratio entre la largeur L et l'hauteur H de l'œil candidat :

$$F = \frac{\min(L,H)}{\max(L,H)}$$

Ce critère mesure la distribution spatiale de l'œil candidat.

- Le ratio entre l'air de l'œil candidat et celui d'une ellipse ayant les mêmes dimensions H et L :

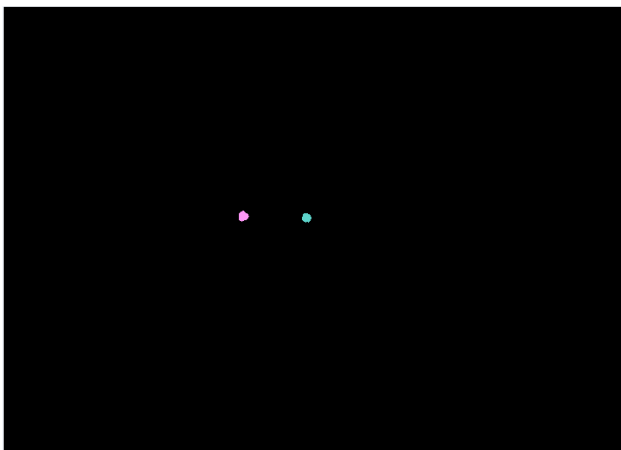
$$O = \frac{4*A_{\text{œil}}}{H*L*\pi}$$

Ce critère teste la rondeur de l'œil détecté.

Pour plusieurs yeux analysés, on accepte les candidats vérifiant :

$$P < 1.5\% \quad , \quad 0.7 < O < 1 \quad , \quad 0.4 < F < 1$$

A ce niveau, on construit un masque contenant la position des pixels des yeux rouges correspondants aux différents visages détectés. On dessine ainsi un rectangle encadrant chaque œil dans l'image d'entrée pour le localiser.



(a)



(b)

*Fig n°6 : Position des Yeux Rouges Détectés*

a) Masque des yeux rouges b) Yeux Rouges encadrés

### III. ALGORITHME DE CORRECTION DES YEUX ROUGES :

La dernière étape de l'algorithme est la correction de la couleur des yeux rouges. Le but est d'attribuer à la pupille une couleur identique à la réalité. Pour ce faire, nous avons besoin de déterminer l'intensité du rouge détecté. En effet, le traitement de correction varie suivant l'intensité. Selon l'intensité, on applique des filtres de lissage de noyaux différents sur le masque des yeux rouges. Pour cette raison, on a proposé l'ensemble de traitements suivants :

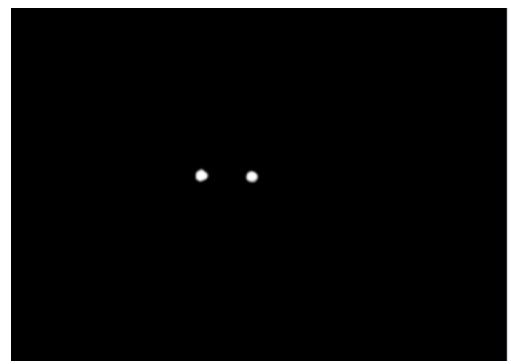
- On applique un lissage sur l'image masque fournie par les étapes précédentes : Le filtre choisi est un filtre gaussien avec un noyau de taille choisi en fonction de l'intensité. (14x14 pour un faible rouge et 7x7 pour le rouge vif).
- Ensuite, on remplace le niveau de gris de chaque pixel, appartenant aux yeux rouges précédemment détectés, par une valeur calculée par l'équation suivante (cette équation est appliquée aux trois plans R, G et B) :

$$R_{new} = R_{old} * (1 - \text{Masksmooth}) + \text{Masksmooth} * R_{mch}$$

$$R_{mch} = \text{moyenne}(G, B)$$



(a)

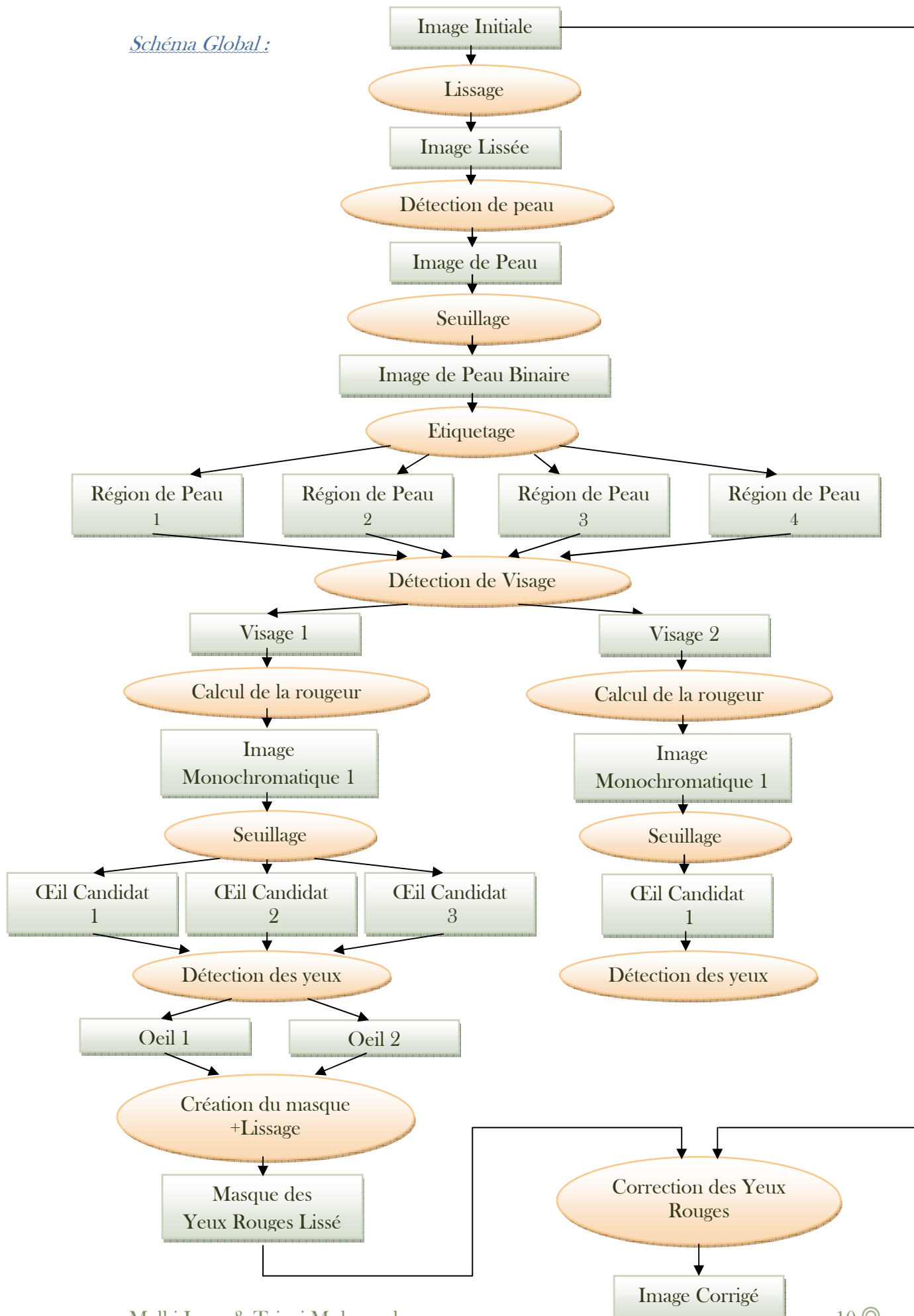


(b)



(c)

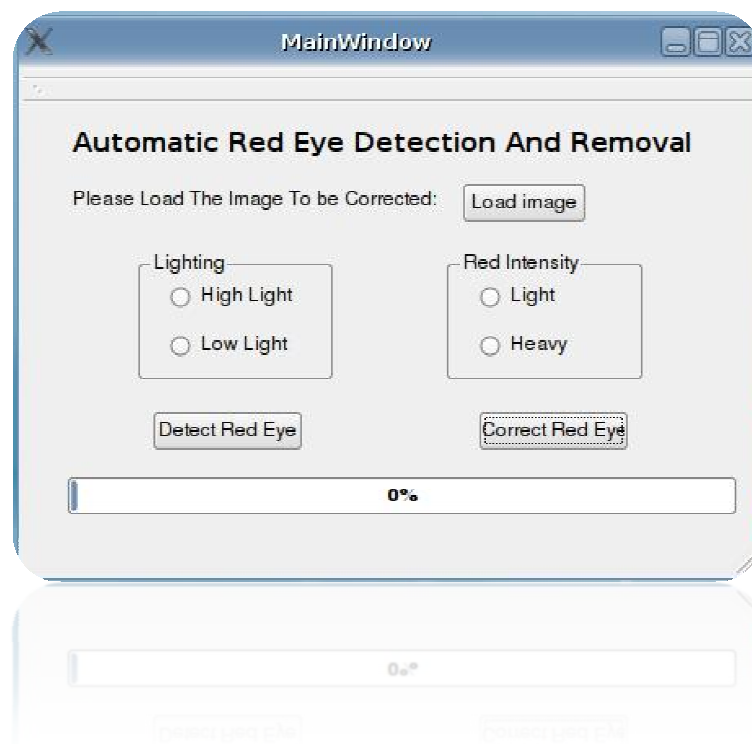
Fig n°7: Correction des Yeux Rouges : a) Image Initiale b) Masque Lissé c) Image Corrigé

*Schéma Global :*

## IV. RESULTATS ET PERSPECTIVES :

### 1. Résultats :

Nous avons développé une interface graphique facilitant la manipulation de notre application :



Cette interface a été développée grâce aux outils de la bibliothèque QT.

Dans la fenêtre affichée, suivez les étapes suivantes :

- Cliquer sur le bouton « **Load** » pour charger une image.
- Choisir les paramètres d'Eclairage « **Lighting** » et d'Intensité du rouge « **Red Intensity** ».
- Cliquer sur « **Detect Red Eye** » pour détecter les yeux rouges.
- Une image avec deux rectangles blancs encadrant les yeux rouges doit apparaître.
- Cliquer sur « **Correct Red Eye** » pour corriger les yeux détectés.

L'algorithme a été testé sur les trois photographies fournies : La détection et la correction a été faite pour les trois cas. Les paramètres utilisés pour chaque cas sont les suivantes :

- Pour la première photo : **Eclairage fort + Rouge Léger**



a) Image Initiale



b) Image Corrigée

Fig n°8: Cas 1 :

- Pour la seconde image : **Eclairage Faible + Rouge Leger**



a) Image Initiale



b) Image Corrigée

Fig n°9: Cas 2 :

## 2. Perspectives :

Pour améliorer les résultats, on propose d'introduire, juste après la détection de la couleur de peau, une phase, appelée « template matching » pour faire une détection automatique des visages.

Dans cette phase, on fournit au système un ensemble d'images de visages positives et négatives. Chaque image est assimilée à un vecteur, ainsi, on peut extraire des vecteurs propres « eigen-faces » ou configurer les poids d'un réseau neurones. Cette méthode est plus robuste, même avec la présence des lunettes, mais les performances de cette méthode sont limitées par son temps calculatoire important. La bibliothèque utilisée dans l'implémentation de notre algorithme « *OpenCV* » fournit des fonctions prédéfinies qui facilite l'implémentation de la méthode template matching.

Un autre point sur lequel on doit axer nos recherches, c'est la correction de la couleur des yeux détectés pour obtenir une couleur plus proche de la réalité. En effet, si on zoom les images on peut voir des artefacts du à la correction proposée.

Une dernière ébauche d'amélioration serait l'accélération du programme pour minimiser le temps de calcul (-10s).

## 3. Notes :

Pour la génération des solutions nous avons utilisé les bibliothèques suivantes :

- OpenCV : (**O**pen **S**ource **C**omputer **V**ision) Bibliothèque de traitement d'images.
- QT : Bibliothèque logicielle orientée objet et développée en C++ par *Qt* Development Frameworks, filiale de Nokia.

Pour compiler le code sous linux taper :

```
« qmake -o Makefile Yeux_rouges.pro  
Make  
./Yeux_rouges »
```

## CONCLUSION

Dans la cadre de ce projet, nous avons proposé une approche automatique de détection et correction des yeux rouges dans les photographies numériques. Le plus grand défis est d'éviter la correction de ce qu'on appelle les fausses détections. Ceci a été satisfait grâce au différentes contraintes à satisfaire (couleurs de pixels de peau, forme de visage, saturation en rouge, caractéristique géométrique d'un œil).

Le teste de cette approche a mis en évidence sa fiabilité pour la détection des yeux rouges avec différentes intensités. Toutefois, nous avons pu repérer une anomalie pour le fonctionnement de cette méthode : Le cas des lunettes. Cette limite est justifiée par le principe de détection de visage qu'on adopte.

Plusieurs améliorations sont possibles pour ce travail, notamment l'introduction d'une méthode de détection de visages basée sur le principe de Template Matching ainsi qu'une amélioration des temps de calculs par des méthodes d'optimisation. Par manque de temps, nous n'étions pas en mesure de finaliser ces deux derniers points.

**REFERENCES ET BIBLIOGRAPHIE**

- [1] « **Segmentation de la Couleur de Peau par Seuillage Selon Différents Espaces de Couleur** » : Bencheriet Chemesse-Ennehar, Boualag Abdelhalim, Tebbikh Hicham, LAIG Université 8 Mai 45 de Guelma
- [2] « **A Modular Procedure for Automatic Redeye Correction in Digital Photo** » : Raimondo Schettini, Francesca Gasparini, Fadi Chazli, DISCO Univesità degli Studi di Milano-Bicocca
- [3] « **Détection de Visages par Méthode Hybride Couleur de Peau et Template Matching** » : Ch. Bencheriet, A/H. Boualleg & H. Tebbikh, LAIG Université 8 Mai 45 de Guelma

**Sites Web :**

Documentation Qt : <http://doc.trolltech.com/4.1/index.html>

Documentation OpenCV : <http://opencv.willowgarage.com/documentation/index.html>