

Université Kasdi Merbah -Ouargla-
Faculté des Nouvelles Technologies de l'Information et de la
Communication



Département d'Informatique et Technologie de l'information

Master Académique

Filière : Informatique

Spécialité : Informatique Industrielle

Réalisé par :

Ahmed ABOUBOU

Mohammed Salah BEKKOUCHE

Thème

La criminalistique d'appareils photo :
« La mise en place d'un système de preuve en forensic »

Soutenu publiquement

Le : 01/07/2017

Devant le jury :

☒ M. F. ZITOUNI

☒ M. A. BENMIR

☒ M. CH. TOUMI

Encadreur

Président

Examineur

UKM OUARGLA

UKM OUARGLA

UKM OUARGLA

Remercîment

Avant de présenter notre modeste travail, il nous apparaît opportun de présenter d'abord nos remerciements :

*Avant tout, nous remercions **Allah**, le tout puissant qui nous a donnés à la fois, le courage et la puissance pour pouvoir mener ce travail à terme.*

*Nous manifestons nos remerciements distingués à notre encadreur **Mr. Farouq ZITOUNI** pour tous ses efforts fournis, son aide immense, ses conseils précieux et son orientation pour atteindre nos objectifs.*

Et aussi, nous tenons à remercier l'Université Kasdi Merbah Ouargla

*Un très grand remerciement et reconnaissance destinés à : **Charaf Eddine MECHALIKH, Rami BOUAFIA et Khaoula GUERAICHI** qui nous ont énormément aidés pendant la réalisation de ce mémoire à travers leurs conseils pertinents.*

Et nous remercions les membres de jurys qui ont accepté d'évaluer ce travail de fin d'études.

Sans oublier, toute personne ayant contribué, de près ou de loin, à l'accomplissement de ce travail.

En espérant que ce modeste travail soit à la hauteur et reflète ce que nous avons pu acquérir pendant cette période de projet.

Ahmed & Mohammed Salah

Je dédie ce modeste travail à :

Avant tous à mes chers parents que Dieu les protège

Mes dédicaces s'adressent également à mon Neveu Mohamed

*À mes frères Hamza & Mehdi
et mes sœurs Hayat & Nour El Houda & Maroua*

Et à tous les membres de ma famille

Aussi, je dédie ce travail à tous mes chers amis

*A tous les enseignants que ce soit du primaire, du moyen, du secondaire ou
de l'enseignement supérieur*

A la fin je dédie très chaleureusement ce mémoire à mon binôme

Mohammed Salah BEKKOUCHE

Ahmed ...

Je dédie ce modeste travail à :

Avant tous à mes chers parents que Dieu les protège

Mes dédicaces s'adressent également à ma grand-mère

À mes sœurs Salma & Ahlam

Et à tous les membres de ma famille

Aussi, je dédie ce travail à tous mes chers amis

A tous les enseignants et toutes les enseignantes d'informatique

A la fin je dédie très chaleureusement ce mémoire à mon binôme

Ahmed ABOUBOU

Mohamed Salah...

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Schéma Présentant Quelques Disciplines Sollicités en Criminologie [4]	5
Figure 2 : Cybercriminalité	6
Figure 3 : Schema de Médecine Légale Numerique [11]	7
Figure 4 : Photographie Judiciaire [15]	9
Figure 5 : Les Pixels	13
Figure 6 : Codage de Couleur Modèle RGB	14
Figure 7 : Codage de Couleur Modèle CMJN	14
Figure 8 : Codage de Couleur Modèle TLS	14
Figure 9 : Source d'Acquisition d'Image	16
Figure 10 : Appareil Photographique [8]	16
Figure 11: Anatomie d'un Appareil Photo Numérique [6]	17
Figure 12: Matrice Filtre de Couleur	17
Figure 13 : Fonctionnement des capteurs CCD	19
Figure 14 : Fonctionnement des capteurs CMOS	20
Figure 15 : Les étapes d'acquisition d'une image	21
Figure 16: Image simple et son bruit	22
Figure 17 : Schéma bruit d'image [10]	23
Figure 18 : Schéma de la structure de projet	27
Figure 19: L'extraction du Bruit	29
Figure 20 : Logo MATLAB	32
Figure 21 : Logo Visual C#	32
Figure 22 : L'Interface de l'Application SCI	33
Figure 23 : Choix de Répertoire des Smartphones	34
Figure 24 : l'Affichage des Répertoires et leurs Contenu	34
Figure 25 : Choix d'une Image de Test	35
Figure 26 : Sélection de l'Image	35
Figure 27: Affichage de l'image de Test	36
Figure 28 : Bruit d'Image	36
Figure 29 : Liste des PRNU du chaque Smartphones	37
Figure 30 : sélection de l'appareil	37
Figure 31 : PRNU de « Samsung Galaxy S6 »	38
Figure 32 : Résultat Obtenu	38

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Comparaison Entre CCD et CMOS	20
---	----

LISTE DES ABREVIATIONS

APN : Appareil Photo Numérique.

CAN : Convertisseur Analogique Numérique.

CCD: Charge Coupled Devices.

CFA: Color Filter Array.

CMJN: Cyan, Magenta, Jaune, Noire.

CMOS: Complementary Metal Oxide Semiconductor.

CMYK: Cyan, Magenta, Yellow, Key.

DPI: Dots per Inch.

DSLR: Digital Single-Lens Reflex.

FPN: Fixed Pattern Noise.

GPS: Global Positioning System.

HLS : Hue, Lightness, Saturation.

IP: Internet Protocol.

PCE: The Peak to Correlation Energy ratio.

PPI: Points per Inch.

PPP: Points Par Pouce.

PRNU: Photo Response Uniformity.

RGB: Red, Green, Blue.

RVB : Rouge, Vert, Bleu.

SCI : Source Camera Identification.

TLS : Teinte, Luminance, Saturation.

Table des matières

LISTE DES FIGURES	V
LISTE DES TABLEAUX.....	V
LISTE DES ABREVIATIONS	VI
Table des matières.....	VII
Introduction Général	1
Chapitre 1 : Criminalistique	3
Introduction.....	4
1. Terminologie.....	4
1.1. Crime.....	4
1.2. Criminalité	4
1.3. Criminologie	5
1.4. Criminaliste.....	5
1.5. Criminalistique.....	6
2. L’informatique et criminalistique	6
3. Médecine légal numérique.....	7
3.1. Multimédia forensique	8
4. La photographie	8
4.1. Définition	8
4.2. L’évolution de l’appareil photo.....	8
5. La photographie judiciaire.....	9
Conclusion.....	10
Chapitre 2 : Traitement d’Image.....	11
Introduction.....	12
1. Généralité sur l’imagerie	12
1.1. L’image.....	12
1.2. Image numérique.....	12
1.3. Caractéristiques d’une image numérique	12
1.4. La représentation des couleurs	14
2. Traitement d’image.....	15
2.1. Définition	15
2.2. Domaine d’application	15
2.3. Quelques exemples concrets de traitement d’image	15
3. Source d’acquisition d’image numérique	16
3.1. Appareil photo numérique.....	16

3.2.	Composant d'un appareil photo numérique	17
3.3.	Les capteurs d'image.....	18
4.	La chaine d'acquisition d'une image numérique	21
5.	Le Bruit d'image	21
5.1.	Définition	21
5.2.	Contributions systématiques sources du bruit.....	22
5.3.	Techniques de réduction du bruit.....	22
5.4.	Les types de bruit	23
	Conclusion.....	24
	Chapitre 3 : Conception &	25
	Résultat Obtenu.....	25
	Introduction.....	26
I.	Conception	26
1.	Structure de projet.....	26
2.	Déroulement du projet.....	28
2.1.	Obtenir l'image numérique	28
2.2.	L'identification du PRNU	28
2.3.	Extraction du bruit.....	29
2.4.	PCE	30
3.	Scenario de l'application.....	30
II.	Résultats obtenus.....	32
1.	Matériel et outils utilisés	32
1.1.	Présentation MATLAB	32
1.2.	Présentation visuel C#.....	32
1.3.	Réalisation de la solution	33
1.4.	Test d'Application.....	33
	Conclusion.....	39
	Conclusion générale	40
	Perspectives.....	40
	Références.....	41
	Résumé.....	44
	Abstract.....	44
	ملخص.....	44

Introduction Général

1. Contexte

La criminalistique est en cours de développement dans le domaine de la technologie numérique afin de répondre aux exigences de la justice. Avec l'apparition des réseaux sociaux sur Internet, qui réunissent des personnes via des services d'échanges personnalisés (tels que Facebook, Instagram, Twitter ...), Bien que plusieurs avantages qu'ils découlent, les inconvénients qui en résultent sont aussi nombreux. En effet, l'un des principaux problèmes de l'utilisation des réseaux sociaux est la difficulté d'identifier la source de publication des photos.

De plus, L'identification de la source d'image (appareils photos, Smartphone, Scanner ...) implique deux secteurs : électronique (les capteurs, processeur...) et informatique sous domaine traitement d'image (bruit image, programmation...).

Dans cette optique, nous avons lancé un projet de réalisation une application qui permet aux criminalistes d'identifier les appareils photo pour diminuer les crimes électroniques

2. Problématique

Actuellement, les crimes électroniques augmentent jour après jour. L'évolution des techniques de traitement d'image qui permettent de manipuler les photos exemple : Photoshop entraîne des troubles aux victimes. Afin de pallier ces problèmes, nous avons lancé un projet de réalisation d'une application qui vise à répondre aux objectifs suivants :

3. Objectifs

Le but de ce travail est de proposer un système qui est capable d'identifier l'appareil ayant pris une image, ou de déterminer si des images ont été prises par le même appareil.

4. Organisation du mémoire

Notre mémoire est organisé en trois chapitres, incluant cette introduction générale et terminant avec une conclusion générale.

Dans le premier chapitre nous présentons des terminologies sur la criminalistique ainsi que le rôle de l'informatique dans ce domaine.

Dans le deuxième chapitre, nous présentons les concepts de traitement d'image y compris la source d'identification d'image numérique et les capteurs principaux qui permettent d'obtenir une image, et nous terminons par la définition de bruit PRNU qui joue le rôle d'empreinte image.

Dans le troisième chapitre nous présentons les étapes de projet par un schéma descriptif ainsi que la démonstration d'application et les résultats obtenu.

Nous concluons ce travail par la présentation des perspectives de notre travail.

Chapitre 1 : Criminalistique

Introduction

Le criminaliste applique des principes scientifiques et des méthodes techniques afin de résoudre des affaires criminelles, des questions d'ordre civil ou réglementaire. Grâce aux preuves matérielles qu'ils récoltent et analysent (traces, empreintes, objets).

Dans ce chapitre, nous présentons la criminalistique. Ensuite, nous parlons sur le rôle de l'informatique dans ce domaine.

1. Terminologie

1.1. Crime

Ensemble des actes illégaux, délictueux (délits) et criminels (crimes), commis dans un milieu donné, à une époque donnée, la criminalité est la transgression des normes juridiques d'un système social [1].

1.2. Criminalité

La catégorie des infractions les plus graves, catégorie plus ou moins vaste suivant les pays et systèmes juridiques [2]. L'éventail de possibilités criminelles est suffisamment large pour être divisé en catégories qui permettent un classement ordonné :

- **Les crimes contre la personne** : une catégorie de la violence physique qui comprend tous les cas de meurtre, d'homicide involontaire, de duel, de suicide [2].
- **Les crimes contre les biens** : Dans cette catégorie, nous incluons les vols, l'escroquerie, les cas de recel, les désertions de domestiques et les incendies volontaires [2].
- **Les crimes contre les mœurs** : On retrouve dans cet ensemble tous les délits sexuels tels que l'adultère [2].
- **Les crimes de lèse-majesté** : comprend les offenses commises contre la religion ou l'État.
- **Agression sexuelle** : violence sexuelle, contacts sexuels non désirés, activité sexuelle sans consentement ou sous contrainte [3].
- **Harcèlement criminel (traque)** : comportement harcelant qui inclut suivre une personne, communiquer avec elle ou surveiller sa maison de façon répétée. La traque furtive est une infraction criminelle [3].
- **Conduite avec facultés affaiblies** : pour les victimes d'accidents causés par des personnes dont la capacité de conduire était affaiblie [3].
- **La cybercriminalité** : comme le piratage (email, Bank, système, ...).

1.3. Criminologie

La criminologie est une science multidisciplinaire qui fait appel aux expertises de l'anthropologie, de la biologie, de la psychiatrie, de la psychologie et de la sociologie criminelle [4], voici (**Figure 1**) .

Un criminologue est un analyste des comportements délictueux et délinquants ainsi que de tous les aspects en relation avec tout acte criminel.

Le champ de recherche criminologique couvre les incidences, les formes, les causes et les conséquences du crime autant que la régulation sociale et institutionnelle de la réaction au crime.

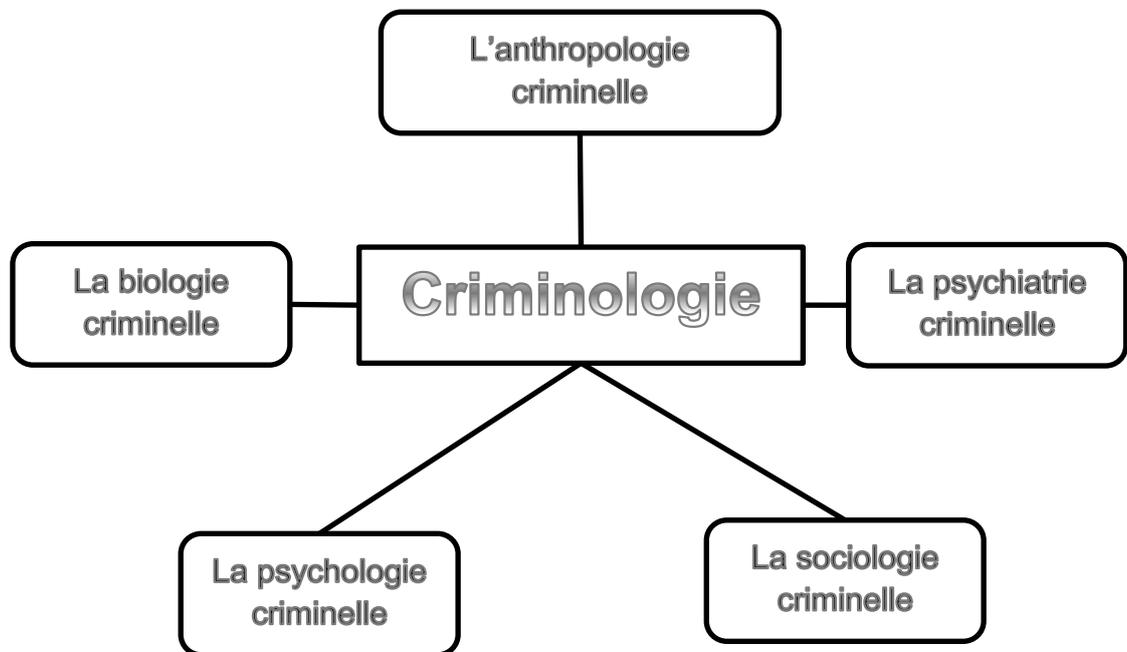


Figure 2: Schéma Présentant Quelques Disciplines Sollicités en Criminologie [4]

1.4. Criminaliste

Fonctionnaires de la police nationale, les ingénieurs de la police scientifique et technique concourent à l'identification des auteurs d'infractions.

1.5. Criminalistique

Criminalistique est l'ensemble des techniques mises en œuvre par la justice, la police et la gendarmerie pour établir la preuve d'un délit ou d'un crime et d'en identifier son auteur [7]. Elle applique une démarche scientifique dans l'étude des traces.

Elle aide la justice à déterminer les causes et les circonstances d'un crime. Encore appelée la police technique scientifique (crime détection science et même science forensique au Québec). C'est une sous-direction au sein de la police nationale. Elle apporte ainsi une aide à l'enquête dans les domaines d'action tels que les recherches criminelles, les missions d'identité judiciaire, les travaux d'analyses réalisés dans les laboratoires de police scientifique, la mise en œuvre d'outils informatiques [4].

La criminalistique contient plusieurs entités comme [8] :

- L'entité centrale d'identité judiciaire et documentation criminelle
- L'entité de l'informatique et des traces technologiques.

Ainsi elle possède des laboratoires comme [8] :

- Balistique : étude des armes, munitions, trajectoires de tir.
- Biologie : analyse de sang, sperme, cheveux, recherche d'empreintes génétiques.
- Documents - traces papillaires : analyse de faux documents et écritures.
- Incendies - explosions : étude des explosifs et liquides inflammables.
- Physique - chimie : étude des peintures, résidus de tir, verres.
- Stupéfiants : analyse de substances chimiques (échantillons de saisie, stupéfiants.) ;
- Toxicologie : recherche de toxiques.
- Technologies Numériques : analyse des téléphones, GPS, vidéos.

2. L'informatique et criminalistique

Le métier de policier informatique consiste à traiter les signaux audios, les images (authentification) et de faire de l'expertise informatique. Ce service est assez récent et a pour but de lutter contre le terrorisme informatique et de travailler sur l'authentification de messages [9]. L'Unité



Figure 3 : Cybercriminalité

des crimes informatiques enquête sur les cas de haute technologie le piratage et certaines intrusions de réseaux (les virus mais non la fraude) [10].

Elle offre également du soutien à toutes les sections de la Police scientifique comme suit :

- Analyser les données informatiques sur les ordinateurs et les téléphones cellulaires.
- Offrir une aide technique spécialisée.
- Exécuter les mandats de perquisition.
- Faciliter l'enquête sur les cas de cyber intimidation, de menaces de violence ou de suicide en ligne.
- Retracer l'origine des courriels et déterminer les adresses IP.
- Cacher un message secret dans une image « **Sténographie** ».

3. Médecine légal numérique

La médecine légale numérique (parfois la science législative numérique) est une branche de la science judiciaire englobant la récupération et l'investigation du matériel trouvé dans les appareils numériques [11], voici (**Figure 3**).

La médecine légale numérique possède trois catégories pour notre cas nous nous intéressons à la catégorie « **multimédia forensique** ».

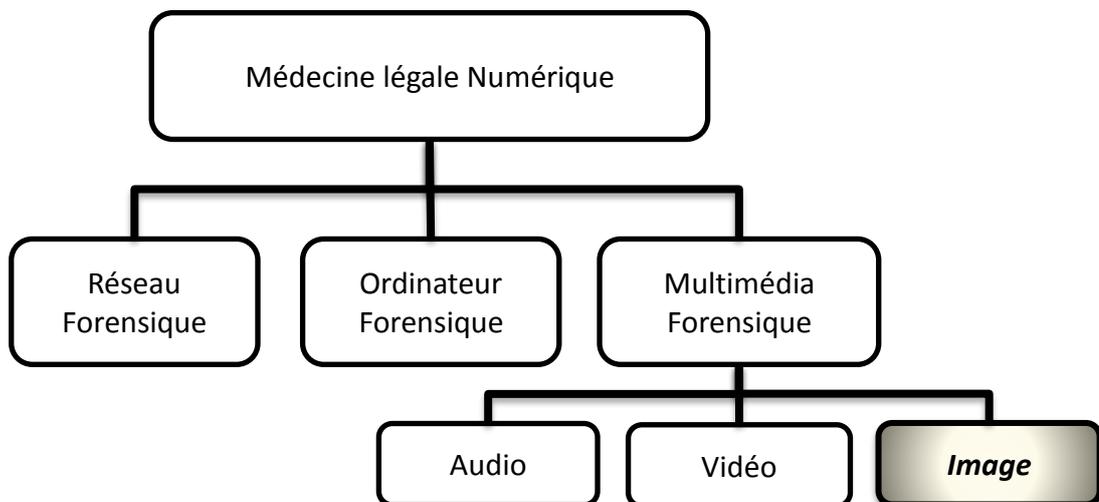


Figure 4 : Schema de Médecine Légale Numérique [11]

3.1. Multimédia forensique

Comprend un ensemble de technique scient récemment propose pour l'analyse de signaux multimédia (audio, vidéo, images) afin de récupéré leur preuve probante, en particulier, ces technologies visent à révéler l'histoire des contenus numérique [11] :

- Identifier le dispositif d'acquisition qui a produit les données.
- En validant l'intégrité du contenu.
- Récupérer des informations à partir de signaux multimédias.

4. La photographie

4.1. Définition

La photographie est une technique permettant de fixer des images grâce à la lumière. Ce terme désigne également l'image obtenue par un tel procédé et la branche des arts graphiques lui étant dédiée [12].

4.2. L'évolution de l'appareil photo

On distinguera plusieurs types d'appareil photos au cours de l'histoire, voici les principaux appareils photos connus de l'histoire :

4.2.1. Le sténopé

Un appareil photographique à sténopé se présente sous la forme d'une boîte dont l'une des faces est percée d'un trou minuscule qui laisse entrer la lumière. Sur la surface opposée à cette ouverture vient se former l'image inversée de la réalité extérieure, que l'on peut capturer sur un support photosensible, tel que du papier photographique [13].

4.2.2. La photographie argentique

La photographie argentique est une technique photographique permettant l'obtention d'une photographie par un processus photochimique comprenant l'exposition d'une pellicule sensible à la lumière puis son développement et, éventuellement, son tirage sur papier [13].

4.2.3. La photographie numérique

Un appareil photographique reflex numérique (ou DSLR, pour Digital Single-Lens Reflex) est un appareil utilisant un capteur numérique comme surface sensible [13].

Note : Le paragraphe détaillé dans le chapitre 2, paragraphe 3. Source d'identification d'Image numérique.

5. La photographie judiciaire

La photographie judiciaire est un outil indispensable pour l'identification des délinquants ou l'investigation des scènes d'infraction. L'illustration constitue le meilleur moyen de présentation de la preuve matérielle car *“une image vaut mieux que mille mots”* [14].



Figure 5 : Photographie Judiciaire [15]

Les photographies de scène de crime sont le reflet, en 2 dimensions, de plusieurs parties de la scène de crime telle qu'elle a été découverte par le technicien à son arrivée.

Les images produites peuvent donner de mauvaises impressions sur les distances, se focaliser sur des détails sans importance et en oublier d'autres ou encore donner une mauvaise reproduction des couleurs et des reliefs (balance des blancs, angle de vue, ombres portées).

Pour minimiser les risques, des règles propres à la photographie forensique sont adoptées (tests millimétrés, repères, éclairages, traitement numérique) [14].

Conclusion

Ce premier chapitre a servi d'introduction au domaine de la criminalistique. Nous avons eu une idée sur la terminologie utilisée dans ce domaine. De plus, nous avons parlé sur le rôle de l'informatique dans la criminalistique. Ce qui nous permettra, par la suite, de comprendre la valeur ajoutée de notre application.

Dans le chapitre suivant, nous allons aborder l'imagerie, Et nous parlerons sur la source d'acquisition d'image numérique et la différence entre les capteurs d'image. Pour finir nous définirons le bruit et ses contributions.

Chapitre 2 : Traitement d'Image

Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons quelques notions sur l'imagerie, le principe de fonctionnement et les composants d'appareil photo numérique puis nous détaillons le fonctionnement des deux types de capteurs d'image.

Enfin, nous terminons par le bruit sa contribution dans le développement de notre application.

1. Généralité sur l'imagerie

1.1.L'image

L'image est une représentation d'une personne ou d'un objet par la peinture, la sculpture, le dessin, la photographique, le film, etc. C'est aussi un ensemble structure d'informations qui, après affichage sur l'écran, a une signification pour l'œil humain [1].

1.2.Image numérique

Le terme d'image numérique désigne, dans son sens le plus général, toute image qui a été acquise, traitée et sauvegardée sous une forme codée représentable par valeurs numériques (une série de bits) [2].

L'image numérique est l'image dont la surface est divisée en éléments de tailles fixes appelés cellules ou pixels, ayant chacun comme caractéristique un niveau de gris ou couleurs prélevé à l'emplacement correspondant dans l'image réelle, ou calcule à partir d'une description interne de la scène à représenter [1].

1.3.Caractéristiques d'une image numérique

L'image est un ensemble structuré d'informations caractérisé par les paramètres suivant :

1.3.1. Pixel

Pixel est le plus petit point de l'image, c'est une entité calculable qui peut recevoir une structure et une quantification. Si le bit est la plus petite unité d'information que peut traiter un ordinateur, le pixel est le plus petit élément que peuvent manipuler les matériels et logiciels d'affichage ou d'impression [1], voici (**Figure 5**).



Figure 6 : Les Pixels

1.3.2. Définition

Définition est une caractéristique qui représente le nombre de pixels composant l'image en hauteur (axe vertical) et en largeur (axe horizontal) : 200 pixels par 450 pixels par exemple, abrégé en « 200 × 450 » [1].

1.3.3. Résolution

Résolution est un nombre de pixels par pouce. Elle s'exprime en dpi (Dots Per Inch), en PPI (Points Per Inch) ou, pour les français, en ppp (Points Par Pouce). Ces trois unités sont équivalentes. Sachant qu'un pouce est égal à 2,54cm, on pourrait facilement calculer une résolution en pixels par centimètre mais ce n'est pas dans les habitudes. La résolution ne prend donc du sens que lorsque l'image est restituée : affichée sur un écran ou imprimée [1].

$$\text{Résolution} = \text{taille de capteur} \times \text{nombre de pixel}$$

1.3.4. Luminance

La luminance est le degré de luminosité des points de l'image. Elle est définie aussi comme étant le quotient de l'intensité lumineuse d'une surface par l'aire apparente de cette surface. Pour un observateur lointain, le mot luminance est substitué au mot brillance, qui correspond à l'éclat d'un objet. [1]

1.3.5. Le bruit

Le bruit (ou grain) est la présence d'informations parasites qui s'ajoutent de façon aléatoire aux détails de la scène photographiée numériquement [3].

Note : Le paragraphe détaillé dans le chapitre 2, paragraphe 5. Bruit d'image.

1.4. La représentation des couleurs

1.4.1. L'image monochrome

Le terme monochrome signifie au sens littéral : « qui est d'une seule couleur ». En effet, le mot vient du grec : **mono** qui signifie « seul », et **chroma**, la couleur.

Dans le contexte des images monochromes noir et blanc, qui nous intéresse plus particulièrement, les valeurs d'intensités associées aux pixels sont appelées niveaux de gris ou bien « nuancé de gris ».

Le niveau de gris d'un pixel représente une mesure de l'accumulation de la lumière collectée dans la région du plan occupée par ce pixel [4].

1.4.2. L'image trichrome

C'est un système de codage de la couleur, couplé à celui de la représentation des niveaux de luminosité, doit être employé pour représenter les informations concernant la colorimétrie.

De nombreux systèmes de codage ayant leurs particularités propres existent, comme par exemple :

- **RGB (ou RVB)** : basé sur un mélange additif (combinaison de rayons lumineux) de trois couleurs primaires (Rouge, Vert, Bleu) [2], voici (Figure 6).

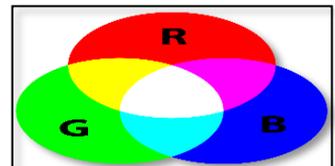


Figure 7 : Codage de Couleur Modèle RGB

- **CMYK ou (CMJN)** : basé sur un mélange soustractif (combinaison de pigments colorés) de trois couleurs primaires Cyan, Magenta, Jaune et du noir [2], (Figure 7).

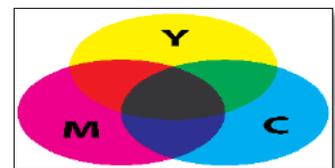


Figure 8 : Codage de Couleur Modèle CMJN

HLS (ou TLS) : basé sur la perception physiologique de la couleur par l'œil humain (Teinte, Luminance, Saturation) [2], voici (Figure 8).

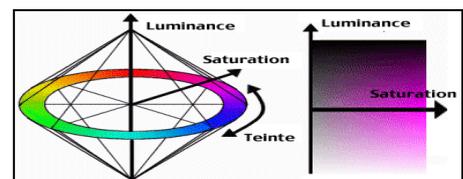


Figure 9 : Codage de Couleur Modèle TLS

Remarque :

Le codage le plus répandu en traitement numérique des images est le codage « **RGB** » car il correspond directement aux systèmes d'affichage typiquement utilisé en informatique graphique (affichage sur un écran), et est plus simple à manipuler au niveau des opérations de combinaison de couleur [2].

2. Traitement d'image**2.1. Définition**

Le traitement d'images est une discipline de l'informatique et des mathématiques appliquées qui étudie les images numériques et leurs transformations, Il désigne l'ensemble des opérations automatisées permettant, à partir d'images numérisées, de produire d'autres images numériques ou d'en extraire de l'information [7].

Il a été développé à partir des années 1970 dans le but d'extraire des informations noyées dans le bruit ou abîmées par les défauts optiques des capteurs. Il s'agit donc d'un sous-ensemble du traitement de signal dédié aux images et aux données dérivées comme la vidéo [7].

2.2. Domaine d'application

Les domaines d'applications du traitement d'image sont très nombreux. Les deux principaux domaines, qui ont permis au Traitement d'Image de se développer sont :

- Le domaine militaire : comme (Missiles en tous genres, les simulateurs, etc.).
- Le domaine médical : comme (radiographie, échographie, scanner, IRM, etc.).

2.3. Quelques exemples concrets de traitement d'image

- Recherche d'image par le contenu.
- Reconnaissance de l'écriture.
- Analyse de la vidéo.
- L'Identification de la source d'image.
- Sténographie.
- Classification des images.

3. Source d'acquisition d'image numérique

L'acquisition des images numérique se fait par des convertisseurs analogique-numérique situés dans des dispositifs comme les scanners, les appareils photo ou les caméscopes numériques, voici (Figure 9).

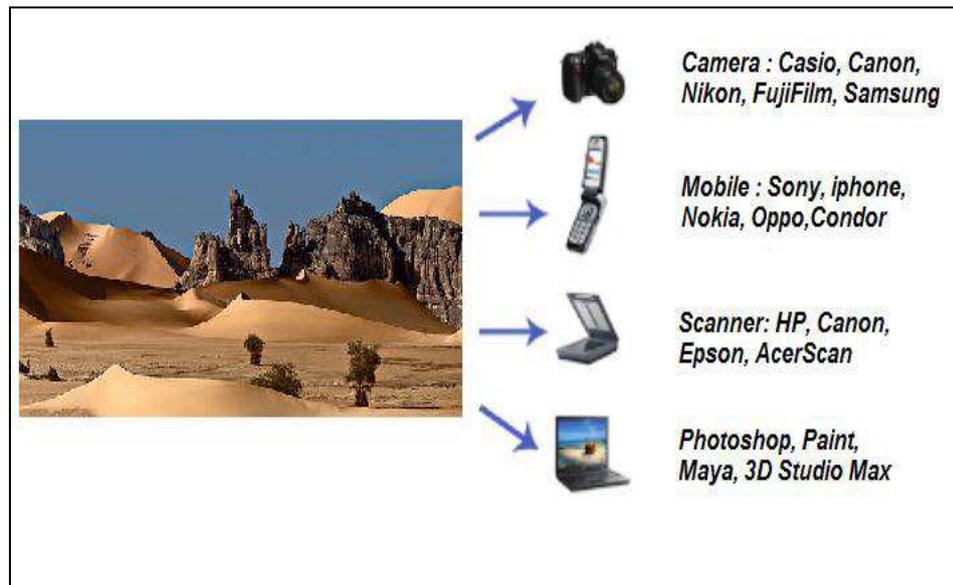


Figure 10 : Source d'Acquisition d'Image

3.1. Appareil photo numérique

Un appareil photo, c'est une boîte faite pour capturer la lumière et la garder en mémoire sur un support adapté. D'autre la photographie numérique est un procédé d'enregistrement qui produit l'image d'un sujet, au moyen de la lumière associée à un système optique et d'un capteur CCD permettant de la numériser. L'image captée par l'objectif est codée en une suite logique de 0 et 1, ce qui correspond au système de numération binaire [25].



Figure 11 : Appareil Photographique [8]

3.2. Composant d'un appareil photo numérique

La photo numérique repose sur l'utilisation d'un objectif et d'un capteur. L'objectif sert à faire rentrer les rayons lumineux.

Voici les composants d'un appareil photo numérique (**Figure 11**) :

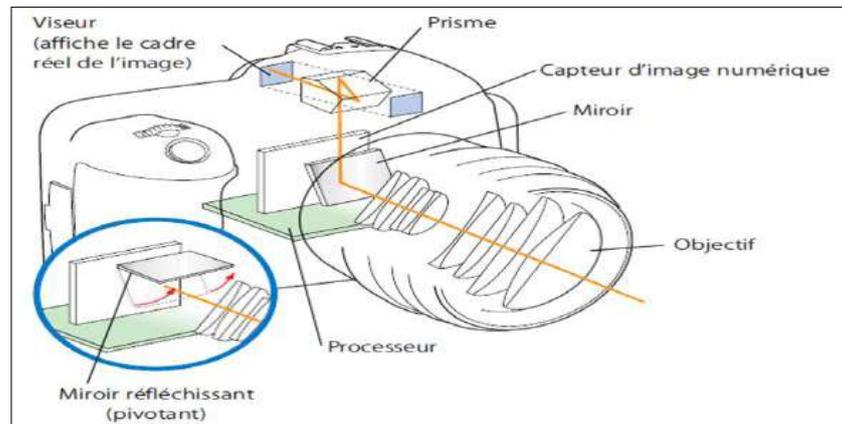


Figure 12: Anatomie d'un Appareil Photo Numérique [6]

3.2.1. L'objectif

Il composé généralement de plusieurs lentilles, c'est la source d'entrée de la lumière [4].

3.2.2. Matrice de bayer

Une matrice de Bayer, également appelé filtre de Bayer, est un type de Color filter array (en), c'est-à-dire matrice de filtres de couleur placée entre une lentille et un capteur photographique numérique, elle est composé de 3 couleurs rouge vert bleu, Ce filtre comporte 2 fois plus de verts car l'œil humain est beaucoup plus sensible au vert, afin de pouvoir enregistrer des photographies en couleur [26], voici (**Figure 12**).

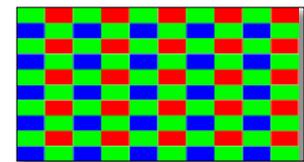


Figure 13: Matrice Filtre de Couleur

3.2.3. Le viseur

Le viseur (viewfinder en anglais) est la fenêtre dans laquelle le photographe regarde pour cadrer l'image. Il est utilisé sur toutes sortes d'appareils photographiques. Il existe plusieurs types de viseurs [4] :

- Sur un réflex, le viseur est situé dans l'axe de l'objectif, l'image est restituée en temps réel grâce à un jeu de miroirs.
- Sur les compacts, le viseur tend à disparaître, mais à l'origine, il proposait un angle de vue décalé bien moins pratique pour le cadrage.

Mais aujourd'hui les appareils numériques sont presque tous munis d'un écran LCD.

3.2.4. L'obturateur

C'est un petit rideau qui s'ouvre pour laisser passer la lumière vers le récepteur photosensible [4].

3.2.5. Le capteur

Il remplace la pellicule, il compose des cellules photosensibles, il transforme en données électriques le signal lumineux [4].

Note : Le paragraphe détaillé dans le chapitre 2, Paragraphe 3.3. Les capteurs d'image.

3.2.6. Processeur d'images

C'est un composant important d'un appareil photographique numérique qui joue un rôle essentiel dans la création de l'image numérique. Le processeur d'images doit réaliser plusieurs tâches complexes [4].

3.3. Les capteurs d'image

3.3.1. Définition

Un capteur d'images est un composant électronique photosensible (photodiode) en captant la lumière (flux de photons). Cette énergie lumineuse est transformée en tension analogique dans le pixel. Puis, convertit en signal numérique, à l'aide d'un convertisseur analogique numérique (CAN), afin d'acquérir des images [27].

De nos jours, il existe deux grandes familles de capteurs d'image, Les premiers qui sont apparus sont les CCD, au début des années 70 avant les capteurs CMOS. Les deux sont aujourd'hui les plus répandus [28].

3.3.2. Capteur CCD

Le capteur CCD (**Charge Coupled Devices**) est un Dispositif à Couplage de Charges. Il s'agit d'un capteur composé de cellules photosensibles. Ce type de capteur capte les Photons de la lumière sur ses photorécepteurs. Pour avoir la valeur d'un pixel, il faut d'écarter et vider toutes les charges entre le registre de sortie et le pixel à lire. Cette opération est longue et enlève le contenu de tous les pixels entre le pixel étudié et la sortie du capteur, voici (**Figure 13**).

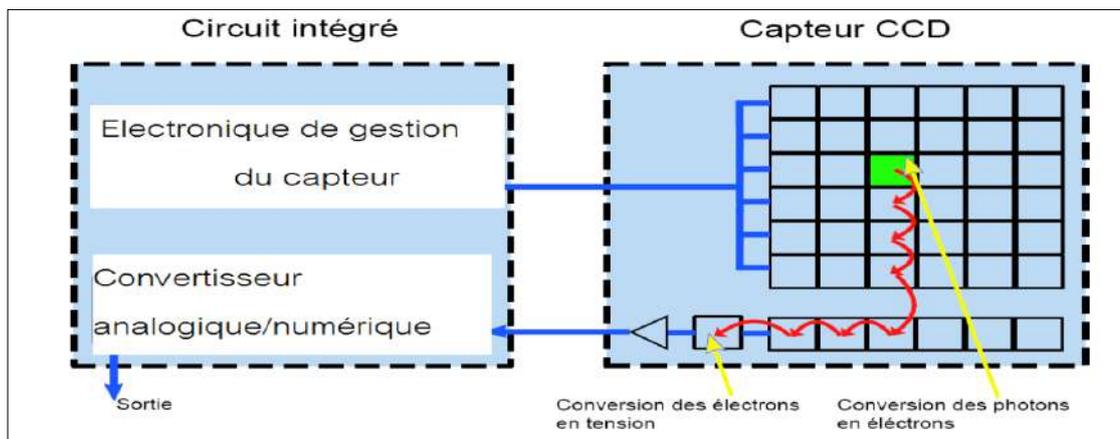


Figure 14 : Fonctionnement des capteurs CCD

Pour le capteur CCD couleur, les photorécepteurs sont organisés en matrice avec un passage pour que les charges électriques puissent être transférées. La lumière reçue est transformée en impulsion électrique, puis il y a conversion. Puis l'image est numérisée via des algorithmes.

Les capteurs CCD ont été utilisés très tôt dans les domaines de hautes performances de qualité d'image, comme l'astronomie, la photographie, les applications scientifiques et industrielles. De nos jours, c'est très courant dans les appareils photo, scanners, caméras [28].

3.3.3. Capteur CMOS

CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor ou en français Semi-conducteur à Oxyde de Métal Complémentaire), voici (**Figure 14**).

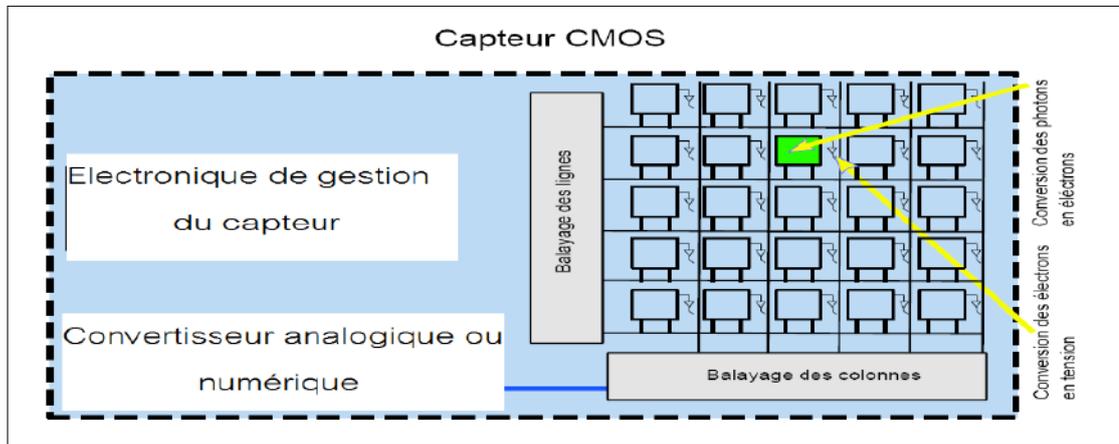


Figure 15 : Fonctionnement des capteurs CMOS

Les capteurs CMOS fonctionnent différemment, même si le principe de base reste le même. Les photosites, comme sur un CCD sont sensibles à la lumière et acquièrent une certaine charge électrique en fonction de la quantité de lumière reçue. Jusqu'ici pas de différence. Mais ensuite, à l'intérieur de chaque photosite, la charge générée est convertie directement en tension utilisable [28].

3.3.4. Comparaison entre les capteurs CCD et les capteurs CMOS

Chaque type de capteur a ses avantages et inconvénients. On ne peut pas dire que l'un est meilleur que l'autre. Ce qu'il faut suivre, c'est l'évolution des techniques et procédés des constructeurs.

Voici le tableau ci-dessous [5] :

Performance	CCD	CMOS
Sensibilité	Elevée	Moyenne
Taille de pixel	Comparable	
Résolution	Comparable	
Risque de saturation	Elevée	Faible
Bruit	Faible	Élevé
Rapidité	Grande	Très grande

Tableau 1 : Comparaison Entre CCD et CMOS

4. La chaîne d'acquisition d'une image numérique

Le principe de base de l'acquisition par un appareil photo numérique consiste en la conversion des rayons lumineux réfléchis d'une scène à un signal via un capteur. Le capteur est constitué d'éléments photosensibles (pixels ou photorécepteurs). Les pixels ou photorécepteurs sont disposés en matrice. Ainsi, le but est d'avoir une image bidimensionnelle. Voici comment nous obtenons une image à partir d'une caméra, voici (**Figure 15**):



Figure 16 : Les étapes d'acquisition d'une image

Le signal lumineux, venant de la scène, forme un flux de photons. Il passe à travers un système de lentilles puis est projeté sur le capteur.

De ce fait, la qualité de l'image résultante est donc liée au système optique (plusieurs lentilles). Le capteur est une partie très importante permettant de donner l'image en question.

A chaque étape de l'acquisition d'une scène, des perturbations (rayures, poussières, caméra, amplification, quantification) vont détériorer la qualité de l'image. Ces perturbations sont regroupées sous le nom de "bruit d'image" [28].

5. Le Bruit d'image

5.1. Définition

Le bruit (ou grain) dans une image est un signal parasite produit par les composants même de l'appareil (capteur électronique), qui vient de s'être superposé au signal utile (image). D'une autre manière, le bruit est la présence d'informations parasites qui s'ajoutent de façon aléatoire aux détails de la scène photographiée numériquement, voici (**Figure 16**)..



Figure 17: Image simple et son bruit

Il est plus particulièrement visible dans les zones peu éclairées. Il se distingue mieux sur les zones sombres, Quand cette valeur augmente, cela signifie que la proportion du signal parasite dans le signal d'origine diminue. Pour parvenir à un bon résultat, il faut donc soit augmenter le signal, soit baisser le bruit [29].

5.2. Contributions systématiques sources du bruit

Les principales sources de bruit dans les images numériques interviennent :

- Durant l'acquisition (quantité de photons collectés trop faible, température du capteur).
- Durant la transmission (échos et distorsions atmosphériques en communication sans-fil).

Remarque :

Pour extraire le bruit résiduel de l'image on soustrait la version débruitée de l'image à partir de l'image elle-même.

5.3. Techniques de réduction du bruit

Pour améliorer la qualité visuelle de l'image, on doit éliminer les effets des bruits (parasites) en lui faisant subir un traitement appelé filtrage. Le filtrage consiste à appliquer une transformation à toute ou partie d'une image numérique en appliquant un opérateur.

On appelle aussi Debruitage (en anglais Denoising). Il y a plusieurs manières et méthode pour l'exécuter [1].

5.4. Les types de bruit

Le bruit est composé de (Figure 17) :

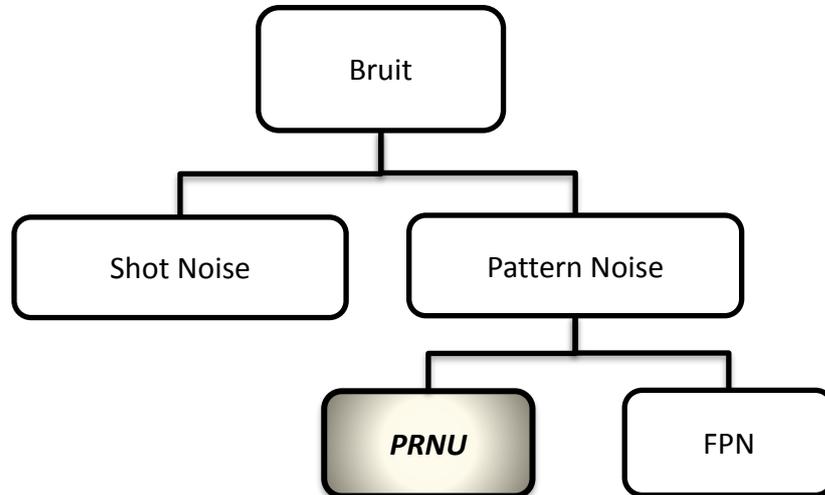


Figure 18 : Schéma bruit d'image [10]

5.4.1. Shot noise

Shot noise terme anglais ou (bruit de tir en français) est un type de bruit électronique qui provient de la nature discrète de la charge électrique. Le terme s'applique également au comptage de photons dans les appareils optiques, où le bruit de tir est associé à la nature particulière de la lumière [10].

5.4.2. Pattern Noise

On trouve plusieurs types et sources de bruits, mais on constate deux types essentiels :

A. FPN

Le FPN terme anglais Fixed Pattern Noise (en français bruit de motif fixe) est un bruit additif, est causé par des courants sombres. Il se réfère principalement aux différences de pixels à pixels lorsque la matrice de capteurs n'est pas exposée à la lumière [10].

B. PRNU

Le PRNU La non-uniformité de la photo-réponse (en anglais Photo-Response Non-Uniformity) est une propriété intrinsèque de tous les capteurs d'imagerie numérique en raison de légères variations dans leur capacité à convertir des photons en électrons.

Conséquemment, chaque capteur émet un faible bruit comme modèle sur chaque image qu'il prend et ce modèle jouent le rôle d'empreinte digitale de capteur. Cette empreinte permette d'identifier l'appareil ayant pris une image.

Étant donné que le PRNU est causé par les propriétés physiques du capteur lui-même, il est presque impossible d'éliminer complètement et est habituellement considéré comme une caractéristique normale du capteur, et on dit un emprunt unique pour chaque capteur [10].

Conclusion

L'identification de l'appareil photo devient un domaine important dans les enquêtes criminelles surtout ces derniers temps.

Dans ce chapitre, nous avons présenté quelques notions de base de l'imagerie principalement le fonctionnement de capteurs des appareils photos.

Dans le chapitre prochain nous essayons de développer une application, qui identifie un appareil photo numérique à partir de bruit d'une image.

Chapitre 3 : Conception & Résultat Obtenu

Introduction

L'application que nous avons réalisée est basée sur l'identification des appareils photo numérique à partir d'une empreinte unique, qui est un bruit ajouté sur les images.

Dans ce chapitre, nous allons, dans un premier lieu, détailler la conception par un schéma descriptif des phases d'application. Par la suite, nous donnons la méthode d'obtenir le bruit avec ses algorithmes. Puis nous détaillons les étapes afin de déterminer la source d'image.

Après avoir présenté la conception, nous abordons la solution implémentée par « *MATLAB* ».

I. Conception

1. Structure de projet

Le déroulement de notre projet suit un enchaînement d'étapes, depuis l'obtenir des images jusqu'à l'identification de sa source. Pour cela, nous avons opté pour la méthode de « *Lukáš* » & « *al.En* » 2005, qui est une référence utilisé par les enquêteurs légistes.

Le schéma ci-dessous décrit les phases de projet (Figure 18) :

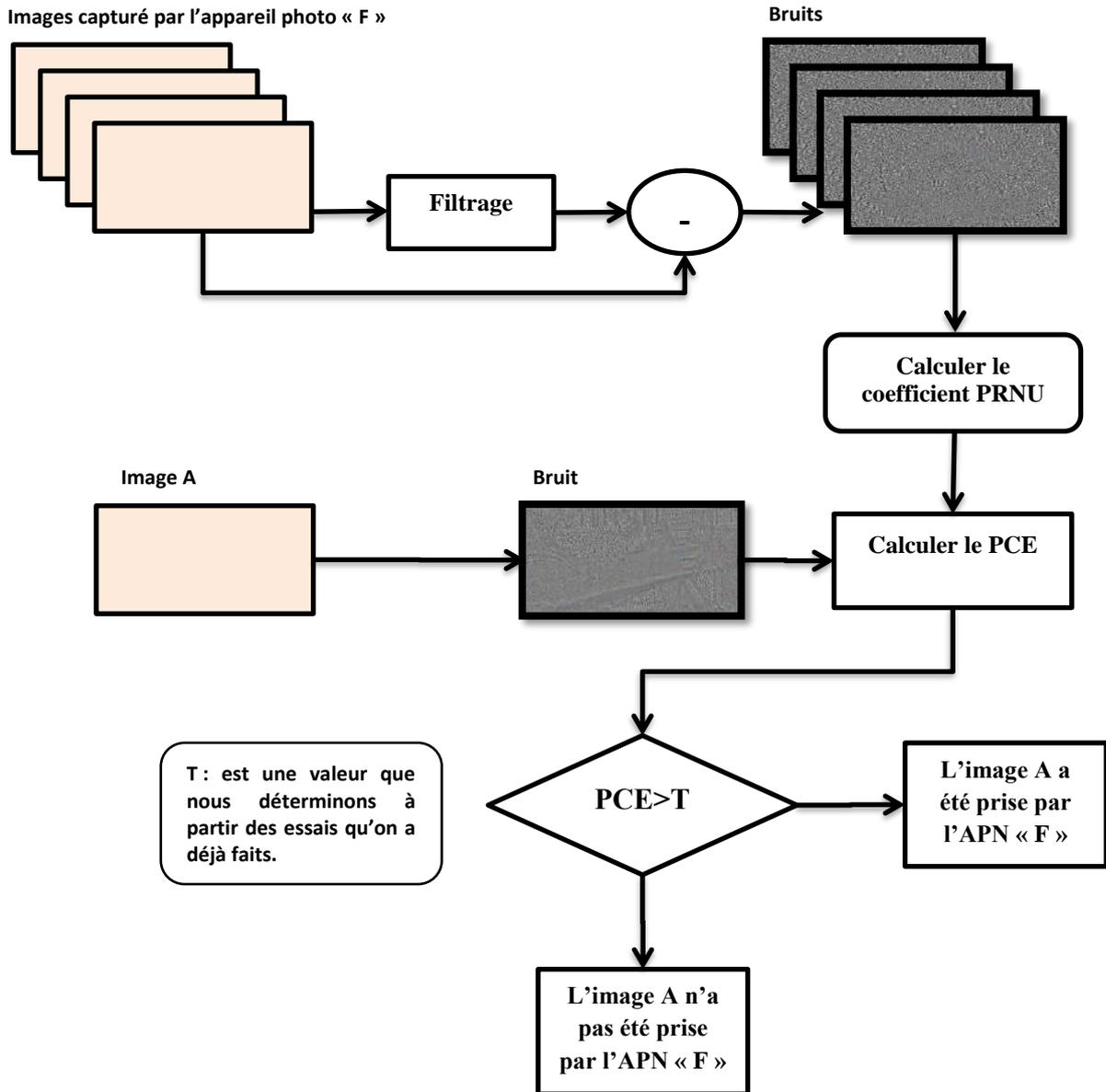


Figure 19 : Schéma de la structure de projet

2. Déroulement du projet

2.1. Obtenir l'image numérique

Nous avons pris plusieurs images que nous avons classées dans des répertoires selon l'appareil photo (dans notre cas des smartphones) afin de calculer leur PRNU. Toute image prise est décrite par la formule (1) [30] :

$$\mathbf{I} = \mathbf{I}_0 + \mathbf{I}_0 \mathbf{K} + \Theta \quad (1)$$

\mathbf{I} : l'image de sortie de la caméra.

\mathbf{I}_0 : l'image "scène réelle" qui serait capturée en l'absence de toute imperfection.

\mathbf{K} : le coefficient PRNU (empreinte digitale du capteur).

Θ : comprend tous les autres composants du bruit, comme le courant sombre, le bruit de tir, le bruit de lecture et le bruit de quantification.

2.2. L'identification du PRNU

Chaque capteur d'image a une empreinte digitale unique, le bruit PRNU est détectable dans toutes les images que le capteur produit.

L'empreinte digitale \mathbf{K} peut être estimée à partir de N images $\mathbf{I}(1), \mathbf{I}(2), \dots, \mathbf{I}(N)$ prises par la caméra. Soient $\mathbf{W}(1), \mathbf{W}(2), \dots, \mathbf{W}(N)$, leurs résidus de bruit obtenus. Voici l'équation (2) [30] :

$$\mathbf{K} = \frac{\sum_{i=1}^N \mathbf{W}(i) \mathbf{I}(i)}{\sum_{i=1}^N (\mathbf{I}(i))^2} \quad (2)$$

\mathbf{I} : L'image de sortie de la caméra.

\mathbf{K} : Le coefficient PRNU (empreinte digitale du capteur).

\mathbf{W} : Le bruit résiduel.

2.3. Extraction du bruit

Pour extraire le bruit résiduel de l'image on soustrait la version débruitée de l'image à partir de l'image elle-même, et ceci est donné par l'équation (3) [30] :

$$N = I - F(I) \quad (3)$$

N : Le bruit résiduel.

I : L'image de sortie de la caméra.

$F(I)$: Filtres de bruit.

Le schéma ci-dessous (**Figure 19**) décrit les étapes d'extraction du bruit :

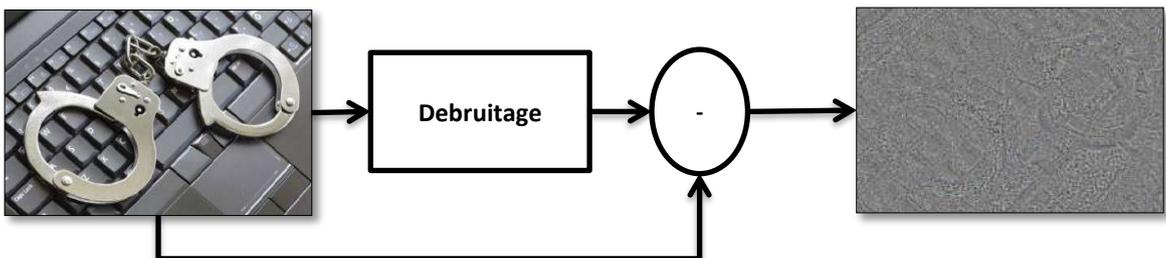


Figure 20: L'extraction du Bruit

2.3.1. Filtrage d'image

L'opération de filtrage s'effectue grâce aux algorithmes Suivant :

- Wavelet Daubechies-8 tap : une transformée en ondelettes discrète.
- Sigma 2 : Écart type du bruit à utiliser pour l'identification (valeur recommandée entre 2 et 3).
- Zero mean: Soustraire la moyenne de tous les sous-signaux du type donné.
- Wiener In DFT : Supprime les motifs périodiques (comme la noirceur) du bruit d'entrée dans le domaine fréquentiel.

2.4. PCE

Le PCE (en anglais **THE PEAK TO CORRELATION ENERGY RATIO**) est une mesure de similarité pour deux signaux discrets. Il est particulièrement adapté aux empreintes digitales bidimensionnelles. Il est aussi une statistique de test plus stable que la corrélation car il est indépendant de la taille de l'image voici l'équation (4) [32].

$$PCE = \frac{\rho(S_{peak}; X, Y)^2}{\frac{1}{mn - |N|} \sum_{s, s \in N} (X \cdot Y(s))^2} \quad (4)$$

Le rapport Peak to Correlation Energy (PCE) est la corrélation carrée divisée par la variance de l'échantillonnage des corrélations croisées circulaires [30].

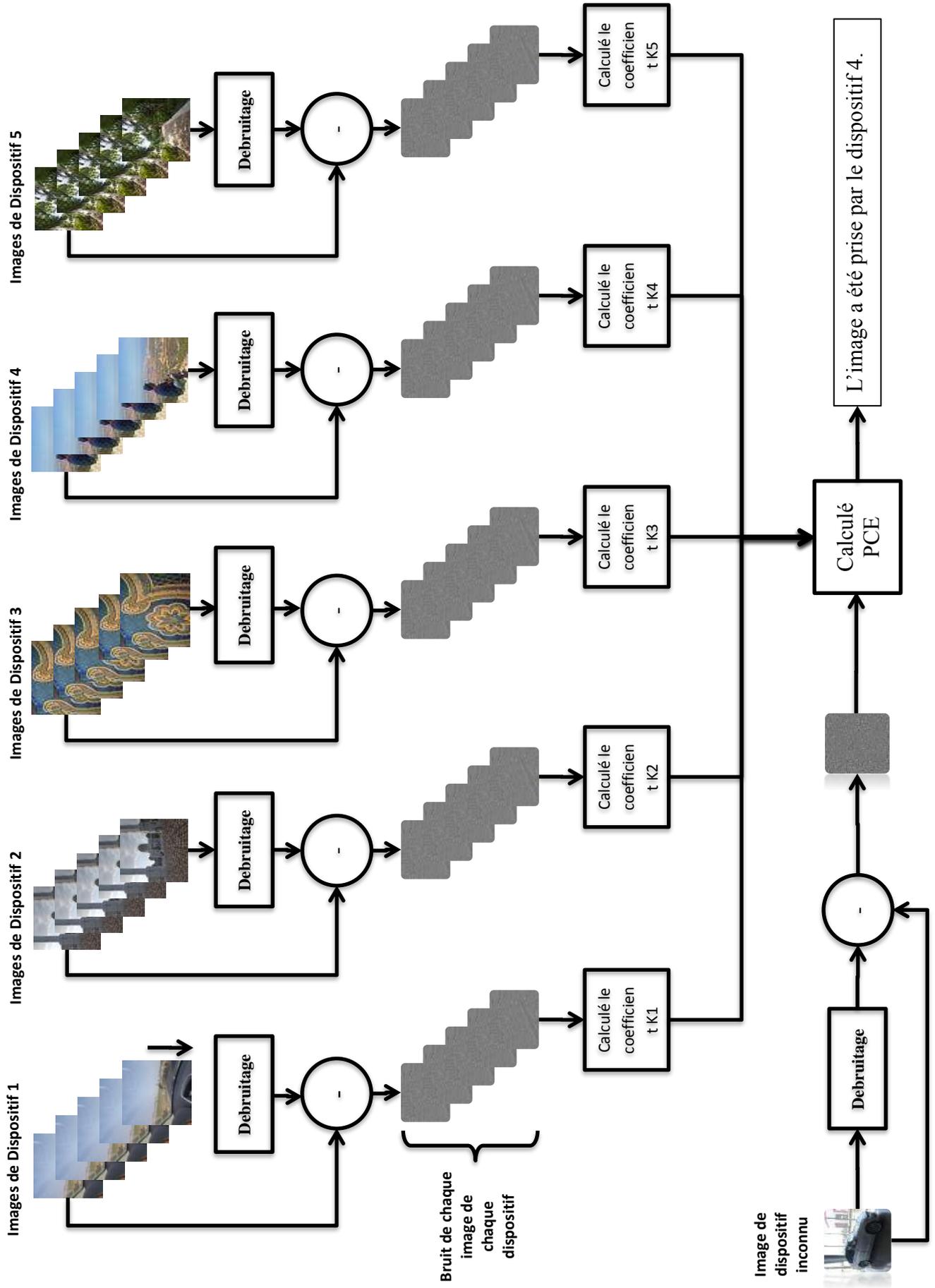
3. Scenario de l'application

Dans notre cas, nous supposons une scène de crime où la victime est menacée par ses photos qui ont été prises par cinq suspects. Pour mener l'enquête, la police technique récupère les appareils de suspects pour identifier le criminel.

Pour cela, on prend 10 photos par chaque appareil mobile pour calculer le PRNU. Ensuite, on applique la fonction PCE entre chaque APN et l'image qu'on dispose.

Si les valeurs de PCE résultantes est inférieure de t donc l'image a été prise par un autre APN, sinon l'APN ayant la grande valeur de PCE est celle de criminel

Nous allons détailler ce scénario dans le schéma ci-dessous :



II. Résultats obtenus

1. Matériel et outils utilisés

Pour réaliser notre Application, nous avons pris en considération les contraintes techniques définies par l'encadreur. Ces exigences sont :

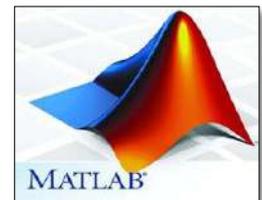
Système exploitation : Windows XP, Windows 7, Windows 8 ou Windows 10.

Environnement de développement : MATLAB R2016a 64 bits, Visual C# 2015.

1.1. Présentation MATLAB

1.1.1. Définition

MATLAB (Matrix Laboratory) est un logiciel pour effectuer des calculs numériques. Il a été conçu initialement pour faciliter le traitement des matrices mais il est maintenant utilisé dans tous les domaines des sciences qui nécessitent de faire des calculs [33].



**Figure 21 : Logo
MATLAB**

MATLAB est dotée d'une librairie très riche et possibilité d'inclure des programmes en C/C#.

1.2. Présentation visuel C#

1.2.1. Définition

Visual C# est apparu pour la première fois dans la version 2002 de Visual Studio. C'est un langage de programmation orienté objet, commercialisé par Microsoft permettant de concevoir des applications articulées autour du langage C# [34].



Figure 22 : Logo Visual C#

1.3. Réalisation de la solution

Pour réaliser notre application, nous avons passé par plusieurs phases d'implémentation qui sont :

- a) Obtenir les photos.
- b) Extraire du bruit.
- c) Calculer la valeur K (le coefficient de PRNU).
- d) Identifier le PCE
- e) Déterminer la source

Remarque :

Pour rendre l'utilisation facile, une interface graphique était créée en utilisant « **Visual C#** ». Cette interface est reliée avec « **MATLAB** » et elle sert à sélectionner les images et afficher les résultats pendant que MATLAB fait tout le calcul (les phases mentionnées précédemment).

1.4. Test d'Application

Pour tester notre application nous allons faire un guide qui décrit les étapes suivantes :

- 1) Cliquer « **Ouvrir Répertoire** » et choisir le dossier « **Image** », voici (**Figure 22**).

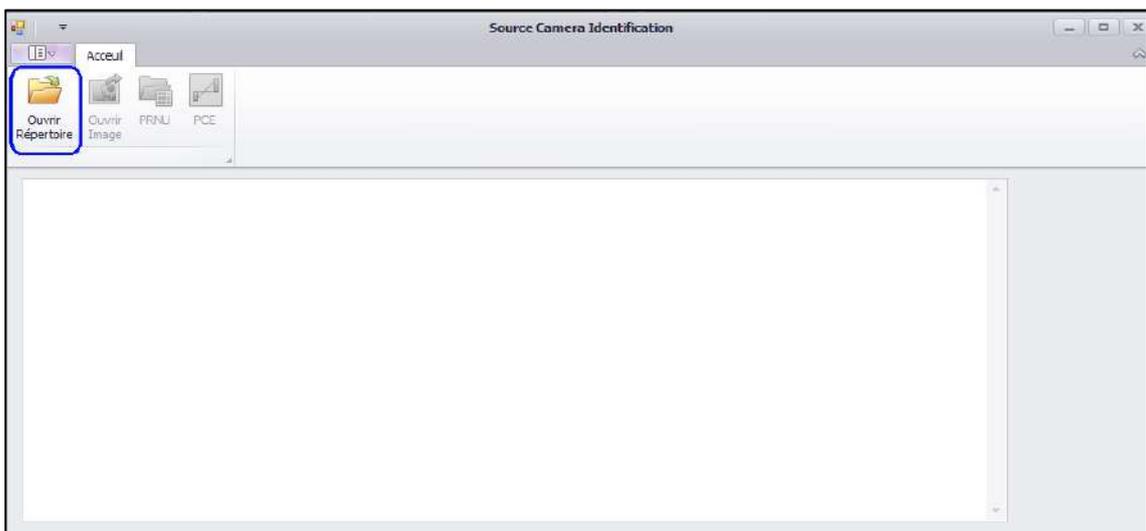


Figure 23 : L'Interface de l'Application SCI

- 2) Choisir le dossier « **Image** » pour accéder à la Liste des Smartphone , voici (**Figure 23**).

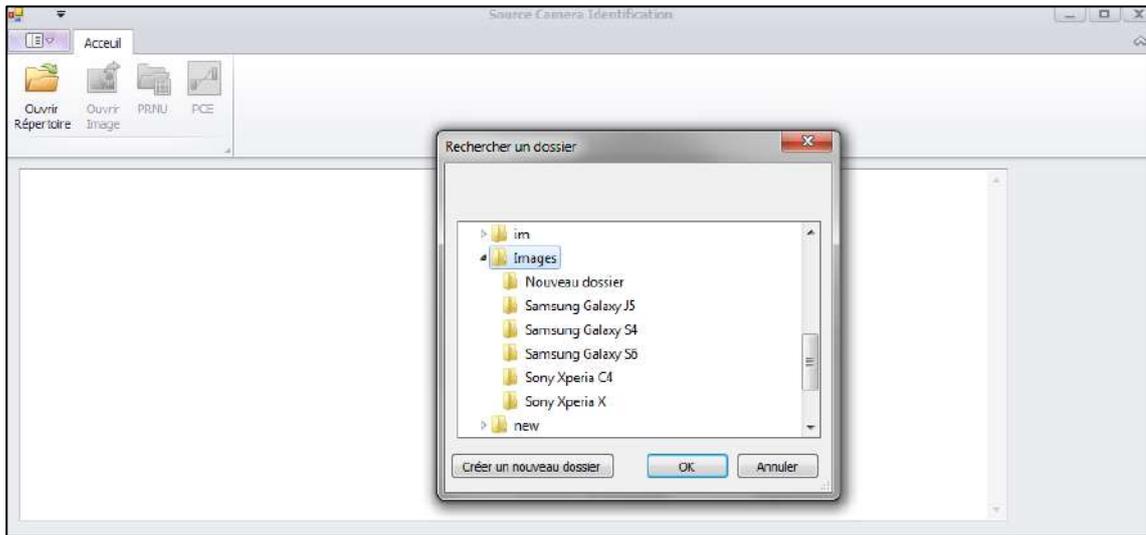


Figure 24 : Choix de Répertoire des Smartphones

- 3) Afficher les répertoires et leurs photos , voici (**Figure 24**).

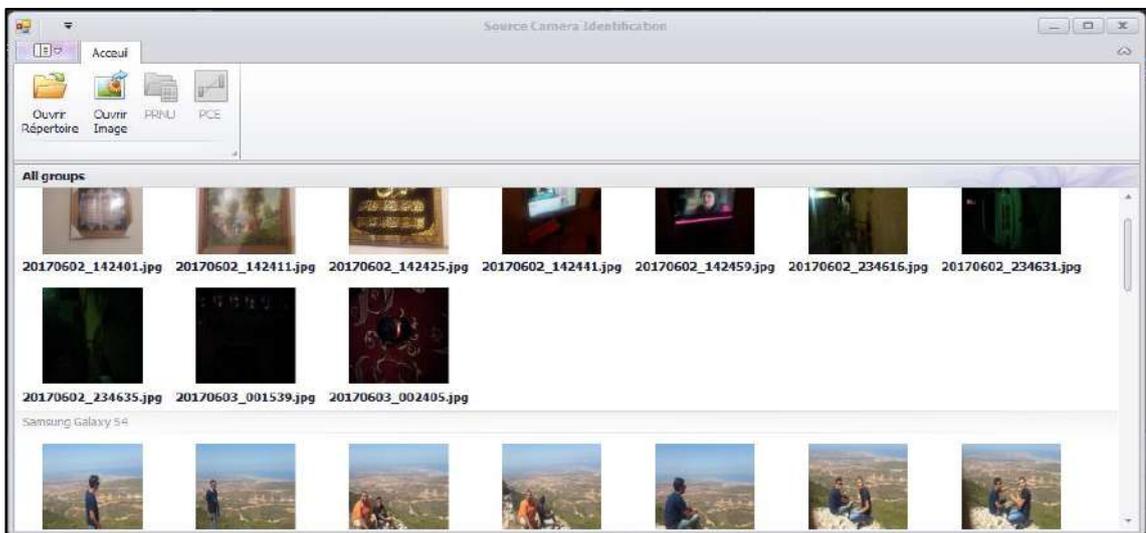


Figure 25 : l’Affichage des Répertoires et leurs Contenu

- 4) Cliquer « **Ouvrir Image** » pour accéder à l'image qu'on va tester sa source, voici (Figure 25).

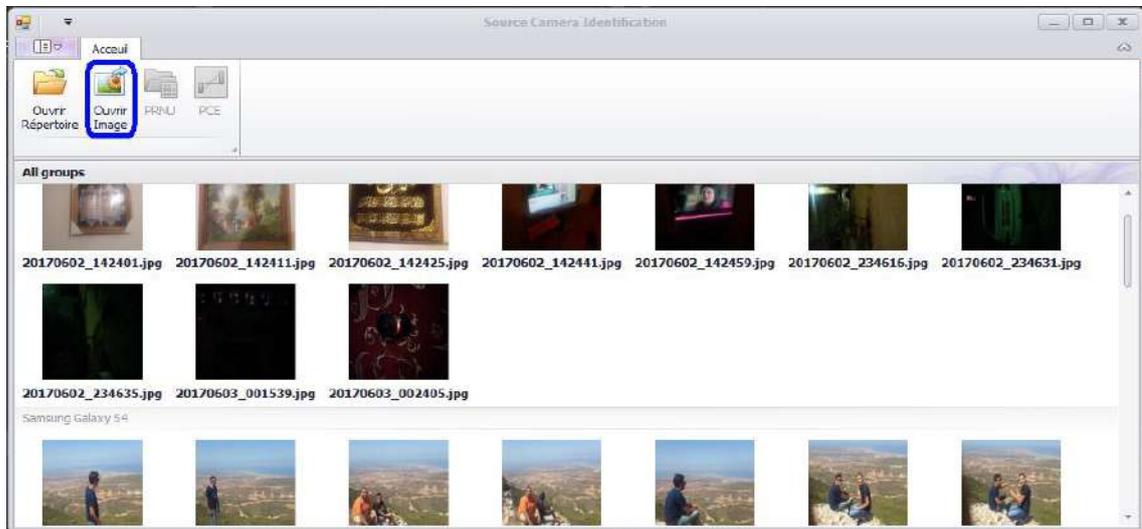


Figure 26 : Choix d'une Image de Test

- 5) Sélectionner l'image et appuyer sur « **Ouvrir** », voici (Figure 26).

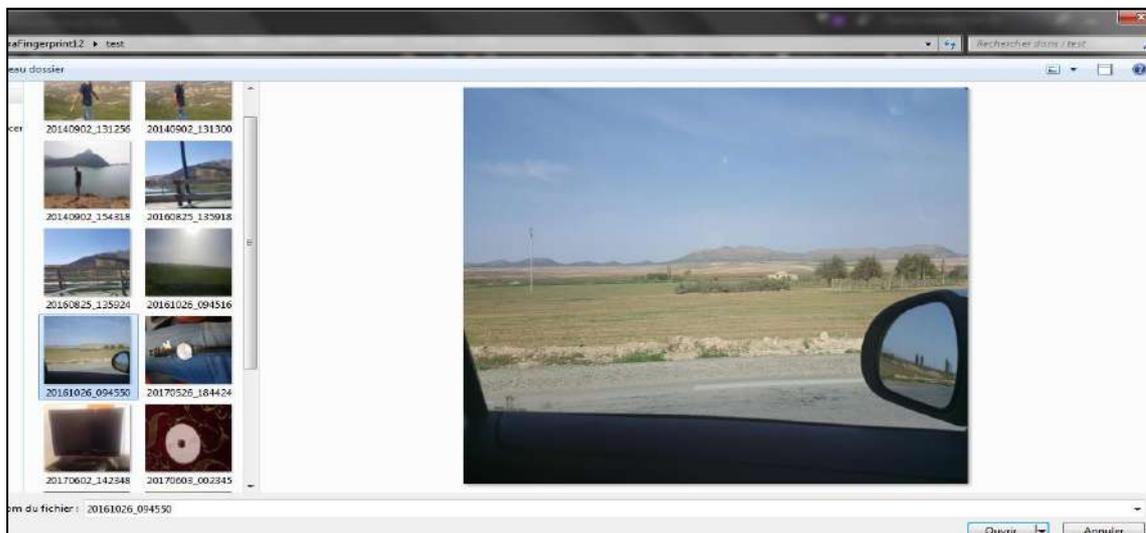


Figure 27 : Sélection de l'Image

6) L'image sélectionnée est apparue, voici (Figure 27).

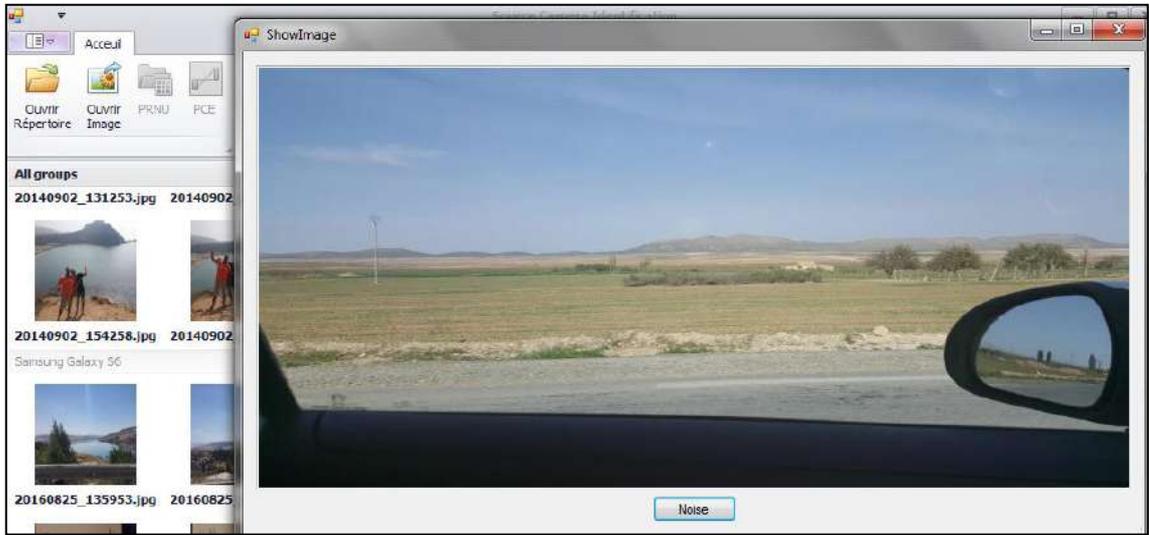


Figure 28: Affichage de l'image de Test

7) Si on clique sur le bouton « Noise », le bruit de l'image s'affiche sous forme d'une matrice, voici (Figure 28).

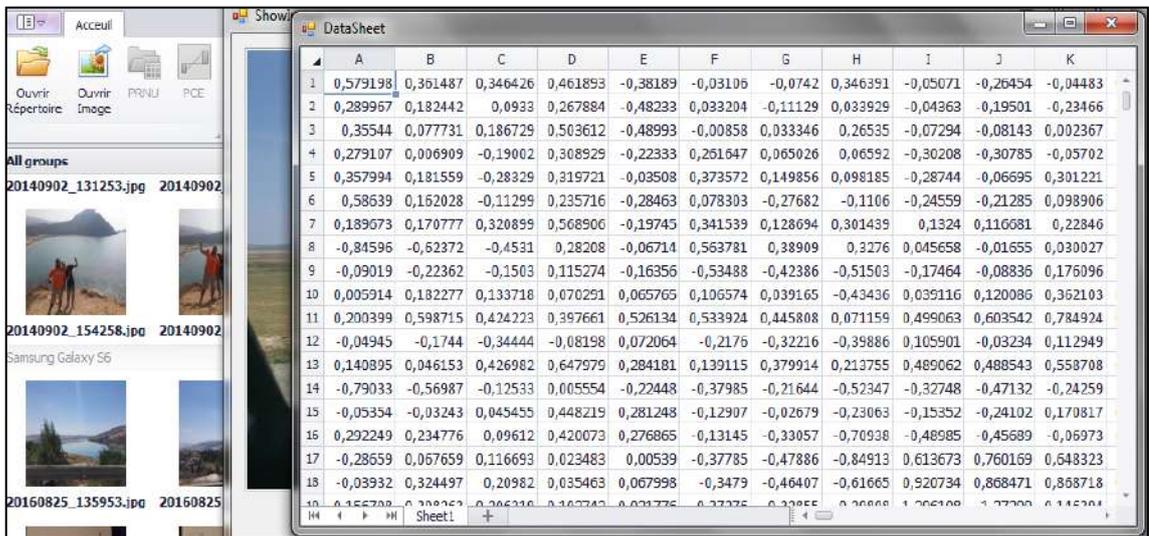


Figure 29 : Bruit d'Image

8) Cliquer « PRNU », voici (Figure 29).

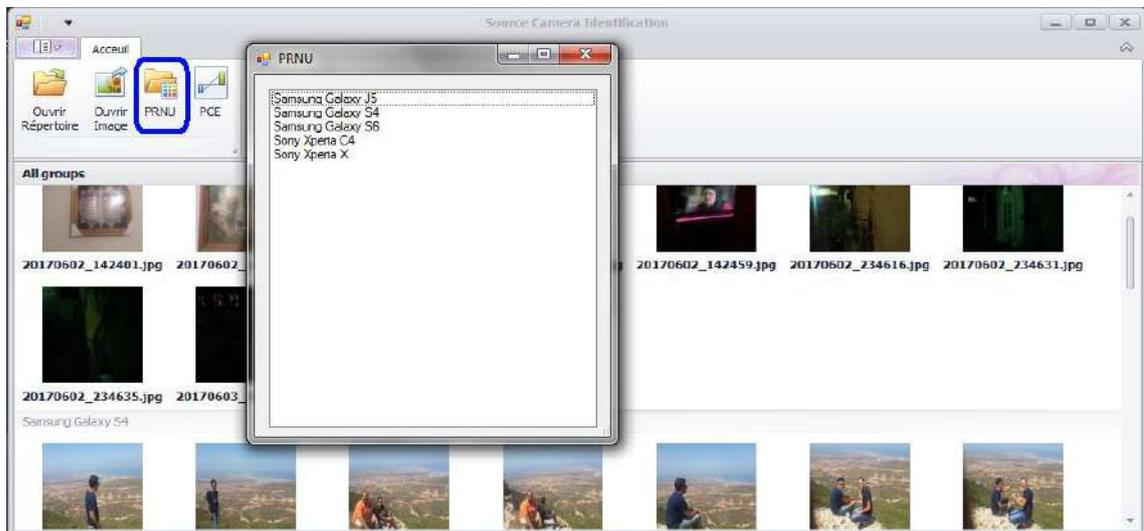


Figure 30 : Liste des PRNU de chaque Smartphones

9) Si on sélection l'appareil sur s'affiche sa matrice de PRNU, voici (Figure 30).

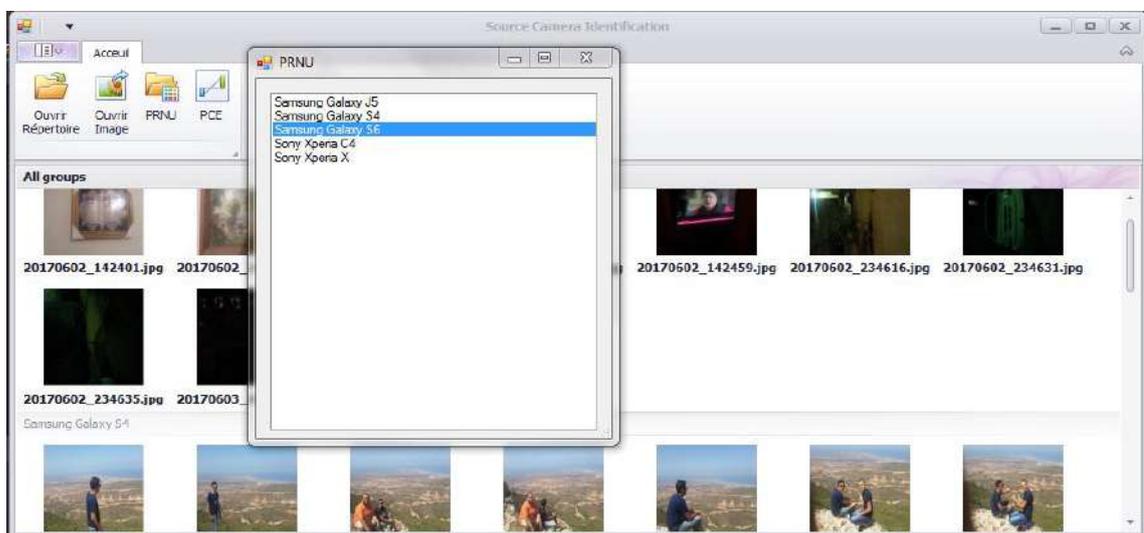


Figure 31 : sélection de l'appareil

10) L'affichage de PRNU de l'appareil « Samsung Galaxy S6 », voici (Figure 31).

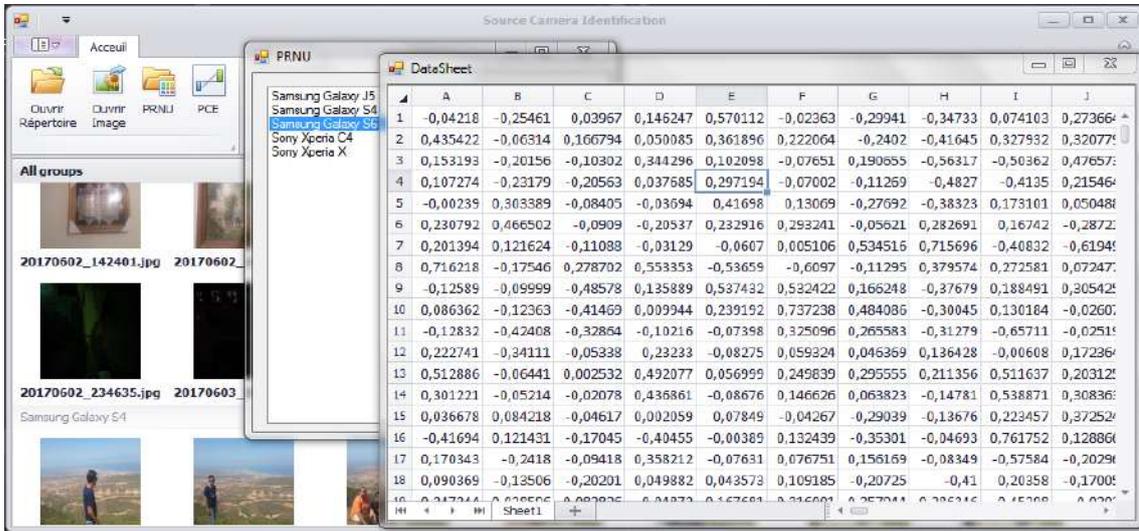


Figure 32 : PRNU de « Samsung Galaxy S6 »

11) Cliquer sur « PCE » pour obtenir les résultats qui détermine la source de l'image, voici (Figure 32).

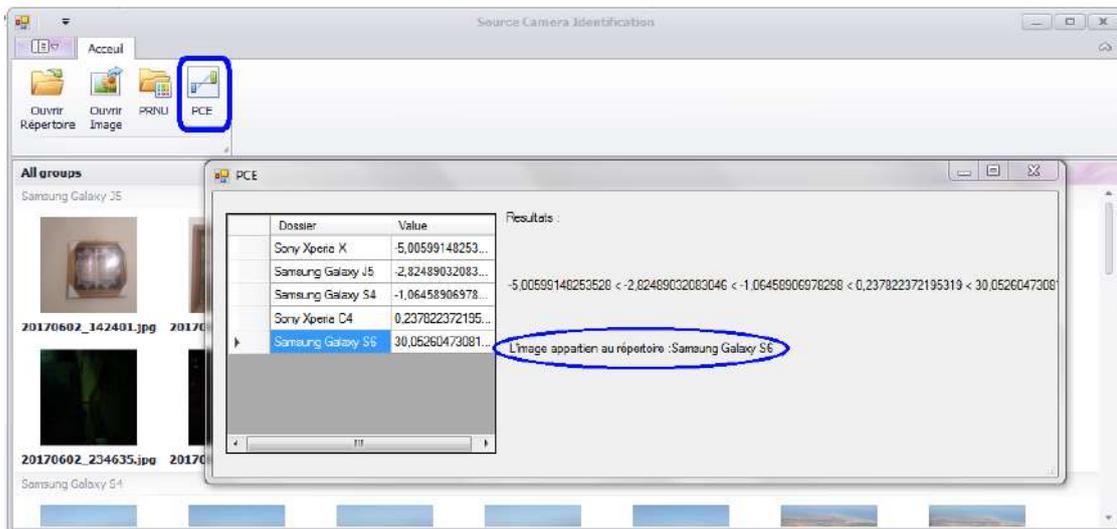


Figure 33 : Résultat Obtenu

Conclusion

A travers ce chapitre, nous avons vu en détails la conception de notre application. Par la suite nous avons présenté les outils de développement ainsi que les captures d'application. Cette dernière permet d'identifier l'appareil photo numérique à partir d'un bruit d'image.

Conclusion générale

Criminalistique est l'ensemble des techniques mises en œuvre par la justice, la police et la gendarmerie pour établir la preuve d'un délit ou d'un crime et d'en identifier son auteur.

Dans ce mémoire de projet de fin d'études intitulé « La criminalistique d'appareils photo : ' La mise en place d'un système de preuve en forensic ' », Nous avons présenté des généralités sur le domaine de la criminalistique, ainsi que le rôle de l'informatique dans ce domaine, comme nous avons présenté des généralités sur l'imagerie.

Dans la partie pratique, nous avons proposé une solution, qui consiste à :

- a) Obtenir les photos.
- b) Extraction du bruit.
- c) Calcule la valeur K (le coefficient de PRNU).
- d) PCE.
- e) Déterminer la source.

Et en dernier, nous avons eu l'opportunité de manipulé le langage **MATLAB** dans le domaine de traitement d'image.

Perspectives

Comme perspectives de notre Application, nous proposons l'identification de source à partir de PRNU de l'appareil photo. Cette solution serait possible si nous pouvons exploiter les bases données relatives aux appareils d'acquisition d'image y compris (appareil photo numérique, smartphone, Scanner...). Par ailleurs, nous proposons d'avoir des serveurs performants en termes d'exécution et de stockage pour déployer cette solution. Enfin, nous proposons de tester cette solution au niveau de la police technique algérienne.

Références

- [1] *Fr.wikipedia.org*. (2017). *Criminalité*. [online] Available at: <https://fr.wikipedia.org/wiki/Criminalit%C3%A9> [Accessed 6 May 2017].
- [2] *justice.gouv.qc.ca*. (2017). *crimes et criminels*. [en ligne] disponible à : <http://www.justice.gouv.qc.ca/francais/ministere/histoire/crimes.htm> [accédé le 6 mai 2017].
- [3] *justice.gov.yk.ca*. (Sans Date). *différents types d'actes criminels - justice - gouvernement du yukon*. [En ligne] disponible à : <http://www.justice.gov.yk.ca/fr/prog/cor/vs/dwdc.html> [accédé le 5 mai 2017].
- [4] *btb.termiumplus.gc.ca*. (2017). *criminaliste / criminalistique / criminologie / criminologiste / criminologue - entrées commençant par c - juridictionnaire - termium plus® - bureau de la traduction*. [en ligne] disponible à : http://www.btb.termiumplus.gc.ca/tpv2guides/guides/juridi/index-fra.html?lang=fra&lettr=indx_catlog_c&page=9r8ul0q5jyja.html [accédé le 6 mai 2017].
- [5] *guidedetectives*. (2017). *criminologues et profilers, les nouveaux membres des agences de détectives privés - guidedetectives.fr*. [en ligne] disponible à : <http://www.guidetectives.fr/articles/criminologues-et-profilers-les-nouveaux-membres-des-agences-de-detectives-privés> [accédé le 5 mai 2017].
- [6] *métiers, f. and défense, s.* (n.d.). *comment devenir criminaliste, informations, formations et salaires*. [en ligne] *l4m.fr*. disponible à : <https://www.l4m.fr/emag/metier/securite-defense-23/criminaliste-4358> [accédé le 5 mai 2017].
- [7] *larousse, é.* (2017). *définitions : criminalistique - dictionnaire de français larousse*. [en ligne] *larousse.fr*. disponible à : <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/criminalistique/20503> [accédé le 6 mai 2017].
- [8] *ORIENTATION.CH*. (N.D.). *PROFESSION - ORIENTATION.CH*. [En ligne] Disponible à : <HTTPS://WWW.ORIENTATION.CH/DYN/SHOW/1900?ID=601> [Accédé le 5 Mai 2017].
- [9] *imaginetonfutur.com*. (2017). *policier informatique - métiers, test d'orientation gratuit, diplôme, formations : imagine ton futur*. [en ligne] disponible à : <http://www.imaginetonfutur.com/policier-informatique.html> [accédé le 5 mai 2017].
- [10] *ottawapolice.ca*. (2017). *Unité criminalistique informatique - service de police d'Ottawa*. [En ligne] disponible à : <https://www.ottawapolice.ca/fr/about-us/computer-forensics-unit.asp> [accédé le 5 mai 2017].
- [11] *FORESTIERI* (2017). *DIGITAL IMAGE FORENSICS: CAMERA FINGERPRINT AND ITS ROBUSTNESS*. [En ligne] *FR.SLIDESHARE.NET*. Disponible à : <HTTPS://FR.SLIDESHARE.NET/JUSTESTADIPERA/DIGITAL-IMAGE-FORENSICS-CAMERA-FINGERPRINT-AND-ITS-ROBUSTNESS> [Accédé le 6 Mai 2017].
- [12] *FUTURA*. (2017). *PHOTOGRAPHIE*. [En ligne] Disponible à : <HTTP://WWW.FUTURA-SCIENCES.COM/MAISON/DEFINITIONS/MAISON-PHOTOGRAPHIE-11095/> [Accédé le 5 Mai 2017].

- [13] LA PHOTOGRAPHIE. (2017). L'ÉVOLUTION ET LE PRINCIPE DE L'APPAREIL PHOTOGRAPHIQUE - LA PHOTOGRAPHIE. [En ligne] Disponible à : [HTTP://LAPHOTOGRAPHIE.OVER-BLOG.FR/ARTICLE-L-EVOLUTION-ET-LE-PRINCIPE-DE-L-APPAREIL-PHOTOGRAPHIQUE-42799438.HTML](http://LAPHOTOGRAPHIE.OVER-BLOG.FR/ARTICLE-L-EVOLUTION-ET-LE-PRINCIPE-DE-L-APPAREIL-PHOTOGRAPHIQUE-42799438.HTML) [Accédé le 6 Mai 2017].
- [14] POLICE SCIENTIFIQUE. (2017). PHOTOGRAPHIE JUDICIAIRE - POLICE SCIENTIFIQUE. [En ligne] Disponible à : [HTTPS://WWW.POLICE-SCIENTIFIQUE.COM/SPECIALITES/PHOTOGRAPHIE](https://WWW.POLICE-SCIENTIFIQUE.COM/SPECIALITES/PHOTOGRAPHIE) [Accédé le 5 Mai 2017].
- [15] GRALON. (2017). PHOTOGRAPHE DE LA POLICE JUDICIAIRE : UN MÉTIER MÉCONNU. [En ligne] Disponible à : [HTTPS://WWW.GRALON.NET/ARTICLES/ENSEIGNEMENT-ET-FORMATION/FORMATION/ARTICLE-PHOTOGRAPHE-DE-LA-POLICE-JUDICIAIRE---UN-METIER-MECONNU-9157.HTM](https://WWW.GRALON.NET/ARTICLES/ENSEIGNEMENT-ET-FORMATION/FORMATION/ARTICLE-PHOTOGRAPHE-DE-LA-POLICE-JUDICIAIRE---UN-METIER-MECONNU-9157.HTM) [Accédé le 6 Mai 2017].
- [16] Scribd-download.com. (2017). débruitage des image - Download PDF. [online] Available at: http://scribd-download.com/d-eacute-bruitage-des-image_58bc82e5e12e89f43aadd374_pdf.html [Accessed 7 May 2017].
- [17] Map.toulouse.archi.fr. (2017). L'image numérique. [online] Available at: <http://www.map.toulouse.archi.fr/works/panoformation/imagenum/imagenum.htm> [Accessed 8 May 2017].
- [18] Fr.wikipedia.org. (2017). Bruit numérique. [online] Available at: https://fr.wikipedia.org/wiki/Bruit_num%C3%A9rique [Accessed 8 May 2017].
- [19] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Monochrome>
- [20] Giacomaggi, F. and Giacomaggi, F. (2017). CMOS ou CCD : le combat final - FPV PASSION. [online] FPV PASSION. Available at: <http://www.fpv-passion.fr/cmos-ou-ccd/> [Accessed 5 May 2017].
- [21] User &. (2017). Comment fonctionne votre appareil photo. [online] Infinea.fr. Available at: <http://www.infinea.fr/soyons-photo-video/index.php/atelier-photo/cours-et-formationen/les-bases-de-la-photographie/32-comment-fonctionne-votre-appareil-photo> [Accessed 5 May 2017].
- [22] Fr.wikipedia.org. (2017). Traitement d'images. [online] Available at: https://fr.wikipedia.org/wiki/Traitement_d%27images [Accessed 5 May 2017].
- [23] Blog comment photographe. (2017). Qu'est-ce qu'un appareil photo ? [online] Available at: <http://www.comment-photographe.com/quest-ce-quun-appareil-photo/> [Accessed 5 May 2017].
- [24] FORESTIERI (2017). DIGITAL IMAGE FORENSICS: CAMERA FINGERPRINT AND ITS ROBUSTNESS. [En ligne] FR.SLIDESHARE.NET. Disponible à : [HTTPS://FR.SLIDESHARE.NET/JUSTESTADIPERA/DIGITAL-IMAGE-FORENSICS-CAMERA-FINGERPRINT-AND-ITS-ROBUSTNESS](https://FR.SLIDESHARE.NET/JUSTESTADIPERA/DIGITAL-IMAGE-FORENSICS-CAMERA-FINGERPRINT-AND-ITS-ROBUSTNESS) [Accédé le 6 Mai 2017].
- [25] (BERNARD H, 1998).

- [26] *Fr.wikipedia.org*. (2017). *Matrice de Bayer*. [online] Available at: https://fr.wikipedia.org/wiki/Matrice_de_Bayer [Accessed 15 Jun. 2017].
- [27] *CommentCaMarche*. (2017). *Le capteur*. [online] Available at: <http://www.commentcamarche.net/contents/2116-le-capteur> [Accessed 17 Jun. 2017].
- [28] *Anon*, (2017). [online] Available at: http://www-iut.univ-lille1.fr/lp_vi/projets/2011_dematricage.pdf [Accessed 15 Jun. 2017].
- [29] *B-rome.com*. (2017). *Le bruit en image numérique*. [online] Available at: http://b-rome.com/Le_bruit_en_image_numerique.html [Accessed 15 Jun. 2017].
- [30] *Anon*, (2017). [online] Available at: <http://www.ws.binghamton.edu/fridrich/Research/EI7254-18.pdf> [Accessed 15 Jun. 2017].
- [31] *Www-users.cs.umn.edu*. (2017). *NFS: Camera Fingerprint*. [online] Available at: <http://www-users.cs.umn.edu/~volcano/prnu.html> [Accessed 10 Jun. 2017].
- [32] *Dde.binghamton.edu*. (2017). *Camera fingerprint*. [online] Available at: http://dde.binghamton.edu/download/camera_fingerprint/ [Accessed 15 Jun. 2017].
- [33] *Cours Matlab de S. Boudet*. (2017). *Cours Matlab*. [online] Available at: <http://www.samuelboudet.com/fr/matlab> [Accessed 10 Jun. 2017].
- [34] *Fr.wikipedia.org*. (2017). *C sharp*. [online] Available at: https://fr.wikipedia.org/wiki/C_sharp [Accessed 10 Jun. 2017].

Résumé

Ce travail consiste à développer une application qui permettra d'identifier, étant donné une image numérique, sa ressource i.e. déterminer l'appareil photo numérique par lequel une photo a été prise. Pour ce faire, nous commençons tout d'abord par identifier le PRNU (Photo-Response Non-Uniformity) de chaque appareil photo numérique et le bruit d'une image ayant une source inconnue. Nous finirons, par calculer le PCE (the Peak to Correlation Energy ratio) entre les deux qui nous permettra de déterminer la source d'acquisition de l'image.

Mots clés : Traitement d'Image, Bruit, Capteur, PRNU, PCE.

Abstract

This work aims to develop an application will be able to identify, the resource of given a digital image, i.e. determine the digital camera by which a photo was taken. To do this, we first start by identifying the PRNU (Photo-Response Non-Uniformity) of each digital camera and the noise of a test image that is of unknown source. Then we will calculate the PCE (Peak to Correlation Energy Ratio) which will allow us to determine the source of image acquisition.

Keywords: Image Processing, Noise, Sensor, PRNU, PCE.

ملخص

هذا العمل عبارة عن تطوير تطبيق يسمح بمعرفة مصدر صورة ملتقطة. ولهذا نقوم بالتعرف على قيمة PRNU لكل جهاز وكذا قيمة التشويش لكل صورة مجهولة المصدر. ثم نقوم بحساب قيمة PCE الذي من خلاله يمكننا معرفة مصدر الصورة.

كلمات المفتاحية: معالجة الصورة، تشويش، جهاز استقبال، PCE، PRNU

