

# Lecture optique par vision industrielle

Le but du TP est d'effectuer la détection et la lecture automatique de plaques d'immatriculation de véhicules automobiles. Cette application est utilisée pour le contrôle d'accès, le contrôle de la vitesse, le contrôle du stationnement, la recherche de véhicules volés, la gestion du trafic autoroutier, ...

## 1 L'application

La lecture automatique de plaques minéralogiques est une méthode de surveillance de masse qui utilise la technique de la reconnaissance optique de caractères sur des images pour lire les plaques d'immatriculation de véhicules automatiquement.

L'application se décompose en différentes étapes :

- Localisation de la plaque afin de trouver et d'isoler la plaque sur l'image,
- Orientation et dimensionnement de la plaque afin de compenser l'inclinaison de la plaque et ajuster les dimensions à la taille nécessaire,
- Normalisation dans le but d'ajuster l'intensité et le contraste de l'image,
- Segmentation des caractères permettant de localiser les caractères sur la plaque,
- Reconnaissance optique de caractères par classification.

Les principales difficultés de ce type d'application sont :

- le changement de position et d'orientation des plaques sur les véhicules,
- une mauvaise qualité d'image due à une faible résolution et due au bruit d'acquisition,
- les ombres et les reflets générés sur les plaques,
- les changements de luminosité,
- les conditions climatiques,
- les saletés,
- les différences de caractères et de numérotation,
- l'occultation éventuelle d'une partie de la plaque.

La figure 1 montre une plaque d'immatriculation fixée sur un véhicule.



Figure 1 – Un véhicule et sa plaque d'immatriculation

La manipulation consiste donc à lire automatiquement les plaques minéralogiques sur quatre véhicules miniatures fixés sur un disque et défilant à vitesse variable. Ce disque est mis en rotation par un arbre moteur commandé par un variateur. Un potentiomètre permet de régler la vitesse de rotation du moteur et donc la vitesse linéaire des véhicules. Afin de simuler le fonctionnement d'un radar, un capteur de présence permet de détecter le passage du véhicule devant la caméra et un interrupteur permet d'activer le déclenchement de l'acquisition soit en continu, soit au delà d'une certaine vitesse (mode « radar »).

Les véhicules étant en mouvement rapide, un éclairage stroboscopique direct est utilisé pour éclairer l'arrière du véhicule.

Le système de vision utilise une caméra monochrome associée à un objectif de focale  $f = 25$  mm monté sur cette caméra.

Des voyants (vert et rouge) sont disponibles pour avertir l'opérateur si nécessaire.

Les dimensions des plaques apposées sur les véhicules miniatures sont :

- longueur,  $L = 20$  mm,
- largeur,  $l = 4,5$  mm.

## 2 Présentation du matériel

Le système de vision est articulé autour d'un éclairage stroboscopique et d'un automate de vision de marque Ipd. Le modèle utilisé est un modèle Vision Appliances sur lequel sont reliées la caméra ainsi que les différentes Entrées/Sorties.

Il existe plusieurs types d'automates Vision Appliances. L'automate utilisé est l'automate VA21 représenté sur la figure 2.



Figure 2 – L'automate de vision VA21

L'automate de vision VA21 est un système compact (dimensions :  $96 \times 160 \times 50$  mm, poids : 0,75 kg ) pouvant recevoir deux caméras analogiques de résolution maximale  $1024 \times 768$ .

Il dispose de 26 indicateurs d'état, 10 entrées configurables isolées, 8 sorties configurables isolées, 2 ports USB, 1 port Ethernet, 1 port RS232, 1 sortie VGA. Il est alimenté en 24 V – 1 A.

Il utilise un système à microprocesseurs avec 256 Mo de mémoire et 1 Go de mémoire Flash et intègre le système d'exploitation Windows XP embarqué. Il ne requiert aucune installation logicielle puisque trois logiciels d'application sont installés : iNspect, iLabel et Sherlock.

La caméra utilisée est une caméra de marque JAI et de modèle CV-A11. C'est une caméra CCD industrielle monochrome progressive possédant un capteur  $1/3$  de pouce de résolution  $659 \times 494$  pixels et de fréquence image  $F = 30$  img/s (norme RS170). Les images fournies par cette caméra via l'automate de vision ont une résolution de  $648 \times 492$ .

Dans ce TP, le programme sera réalisé avec le système In-Sight du fabricant Cognex. Il existe plusieurs types de capteurs In-Sight ayant des caractéristiques différentes (résolution, cadence, tête déportée, sortie VGA, type d'application, ...). Le capteur utilisé dans ce TP est un capteur In-Sight « standard » qui permet de manipuler des images de résolution  $640 \times 480$ .

Les applications développées sur l'In-Sight sont paramétrées (configurées ou programmées) à l'aide d'une interface tableur unique : In-Sight Explorer qui est l'environnement de configuration des capteurs de vision In-Sight.

### 3 Acquisition des images

Les applications développées sur le VA21 sont paramétrées, configurées et programmées à l'aide du logiciel Sherlock (voir figure 3).

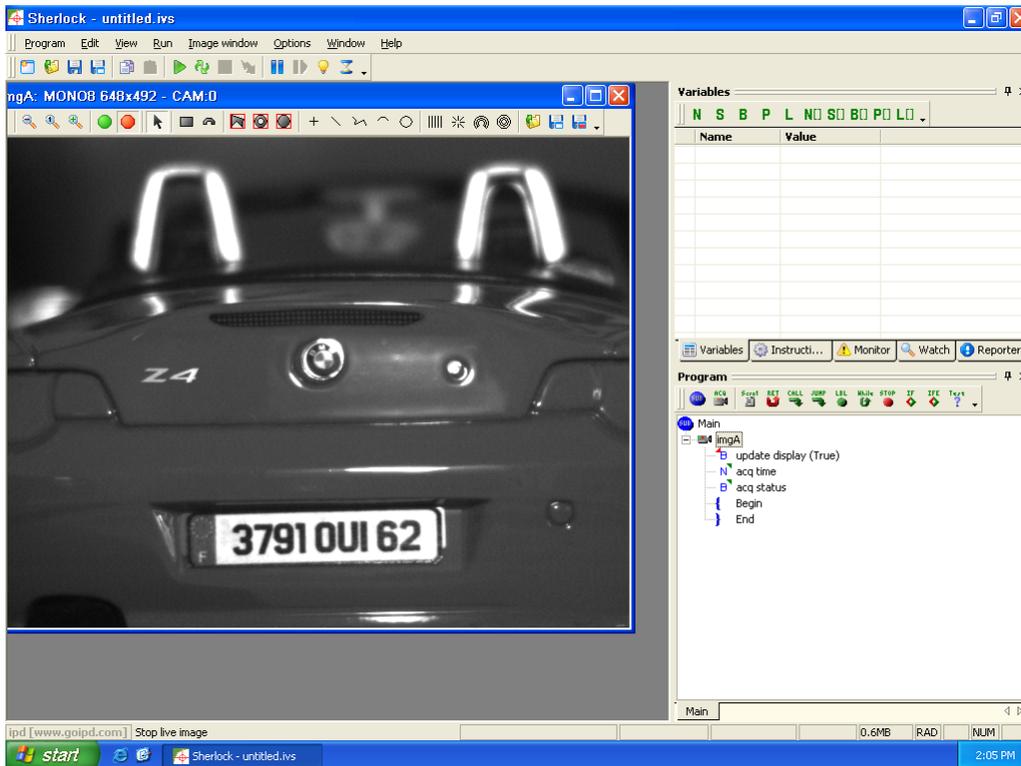


Figure 3 – Le logiciel Sherlock

L'ouverture de ce logiciel donne accès à différentes fenêtres et onglets :

- une fenêtre image contenant l'image acquise (ou ouverte),
- un onglet **Program** contenant les outils de traitement d'image utilisés,
- un onglet **Instructions** donnant accès à l'ensemble des instructions,
- un onglet **Variables** permettant de créer de nouvelles variables pour le programme,
- un onglet **Watch** permettant de visualiser le contenu des variables souhaitées,
- un onglet **Monitor** indiquant l'état du programme.

Un projet Sherlock s'appelle une *investigation*.

Après avoir ouvert Sherlock, une nouvelle investigation est créée. Par défaut, l'automate est connecté avec le système (bouton vert activé dans la fenêtre image) et procède à des acquisitions déclenchées au rythme d'une horloge interne pour alimenter le stroboscope, ce qui permet le réglage de la caméra. Pour déconnecter l'automate du système, il suffit d'activer le bouton rouge de la fenêtre image.

L'ouverture d'une investigation ajoute automatiquement la fonction **Image Window** (voir figure 4) ainsi que la fenêtre image permettant de visualiser cette image.

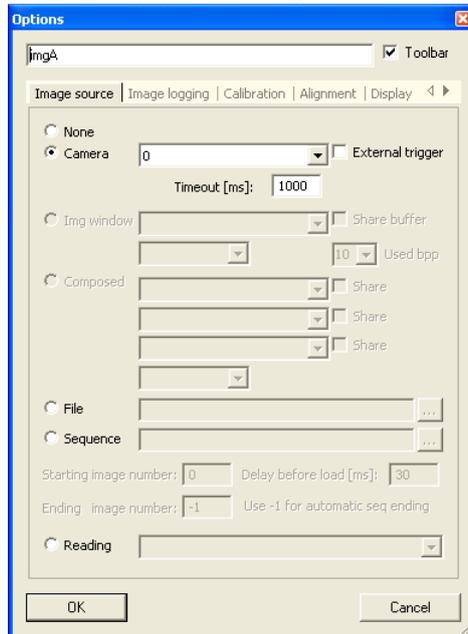


Figure 4 – La fonction Image Window

### 1) Configuration de l'acquisition :

- Éditer la fonction **Image Window** et, dans l'onglet **Image source**, modifier les paramètres de façon à ce que l'acquisition se déclenche sur un capteur (trigger) externe. Mettre l'investigation en ligne et visualiser les images des différents véhicules.
- Indiquer sur votre compte-rendu les paramètres modifiés.

### 2) Création d'une base de données images :

- Dans l'onglet **Image logging** de la fonction **Image Window**, autoriser l'enregistrement d'une séquence d'images après avoir défini le nombre de fichiers à enregistrer ainsi que leur nom **au format BMP**.
- Mettre les véhicules en rotation à la vitesse minimale après avoir autorisé l'acquisition d'images en continu à l'aide de l'interrupteur prévu à cet effet.
- Activer l'exécution du programme en mode continu et attendre que toutes les images soit enregistrées (pour cela, visualiser dans le gestionnaire de fichiers de Windows que les différents fichiers sont visibles dans le dossier d'enregistrement).
- Arrêter l'exécution du programme puis, dans le gestionnaire de fichiers de Windows, sélectionner et renommer quatre images de votre choix correspondant chacune à un des quatre véhicules présents.
- Placer l'interrupteur en mode « radar » et augmenter progressivement la vitesse des véhicules jusqu'à ce que les acquisitions se déclenchent (dépassement de la vitesse limite).
- Répéter les opérations d'enregistrement afin de sauvegarder quatre nouvelles images correspondant chacune à chacun des quatre véhicules.
- Réaliser la même opération à haute vitesse.
- Enregistrer vos douze images ainsi acquises sur une clé USB.

## 4 Analyse des images

Les 12 images des véhicules ont été acquises avec le système de vision décrit dans le paragraphe précédent. Le programme sera réalisé avec le logiciel In-Sight Explorer.

Les outils qui vont être mis en oeuvre avec ce logiciel concernent :

- la configuration de l'application,

- la détection de la plaque d'immatriculation,
- le calcul de l'angle d'orientation de la plaque,
- la création d'un repère relatif à la plaque détectée,
- la mise à l'échelle de la plaque détectée après mesure de ses dimensions et de son angle,
- l'apprentissage des caractères et la lecture de la plaque d'immatriculation,
- la reconnaissance de la marque du véhicule par apprentissage du logo,
- la création d'une interface Homme-Machine.

## 4.1 Configuration

### 3) Configuration de l'émulateur :

- Pour utiliser le capteur sans être connecté, configurer l'émulateur dans le menu *Système* ► *Options* et choisir le modèle In-Sight Standard dans le champ « Emulation ».
- Indiquer le dossier dans lequel sont présentes les images de la séquence dans le menu *Image* ► *Options d'enregistrement/de lecture...*

**Attention, les outils de vision disponibles dans le logiciel dépendent du modèle choisi dans l'émulateur.**

### 4) Création du projet en mode tableur :

- Basculer en vue tableur (menu *Afficher*) et ôter la protection de la feuille de calcul **si nécessaire**.
- Créer un nouveau projet qui sera enregistré dans un répertoire à votre nom. Les noms des projets In-Sight portent l'extension `.job`.
- Indiquer sur votre compte-rendu le nom et l'emplacement du projet.

## 4.2 Détection de la plaque d'immatriculation

### 5) Binarisation

- Binariser les images avec un seuil automatique et relever dans un tableau, pour chaque modèle de véhicule, le seuil calculé (fonction à ajouter) avant de conclure sur cette méthode.
- Binariser les images avec un seuil unique qui permet, à chaque fois, de séparer l'arrière-plan de la plaque d'immatriculation afin d'obtenir une région (appelée *blob* : ensemble de pixels connexes) propre à la plaque et valider votre réglage sur les différentes images de la séquence. Une zone de saisie d'un entier pourra être utilisée pour faire varier la valeur du seuil entre  $-1$  et  $255$ .
- Ajuster le seuil de façon à obtenir un seul blob correspondant à la plaque et de telle sorte que le blob correspondant à la plaque ne soit JAMAIS connecté à d'autres éléments du véhicule SANS se soucier de l'apparence des caractères à ce stade du programme.
- Indiquer sur votre compte-rendu, la valeur du seuil de binarisation choisi.

### 6) Analyse en composantes connexes :

- A l'aide du seuil de binarisation déterminé précédemment, utiliser et configurer la fonction de recherche de blobs (binary large objects) afin de détecter la région correspondant à la plaque d'immatriculation présente dans chaque image.
- Relever, sous forme d'un tableau, les caractéristiques de ces blobs, en particulier, leur position, leur orientation, leur surface, leur périmètre, leur hauteur (fonction à ajouter) et leur largeur (fonction à ajouter) et ajuster avec précision les paramètres de surface de la fonction de recherche de blobs afin de sélectionner le blob correspondant à la plaque.

- Indiquer sur votre compte-rendu les valeurs des paramètres modifiés et représenter graphiquement l'outil dans l'image.
- Que peut-on conclure sur la mesure de l'angle ?

#### 7) Mesure de l'orientation :

- Utiliser et configurer l'outil adéquate de recherche de bords afin de détecter le bord horizontal supérieur de la plaque d'immatriculation par rapport au centre de la région correspondante détectée précédemment.
- Ajouter la fonction permettant de mesurer l'angle du bord détecté et relever, sous forme d'un tableau, cette mesure d'orientation pour chaque modèle de véhicule.
- Comparer cette mesure d'orientation par rapport à l'angle du bob mesuré précédemment et conclure.

#### 8) Création d'un nouveau repère :

- Créer un repère (structure « Fixture ») dont l'origine est le centre de la plaque d'immatriculation estimé par les outils précédents et l'orientation, celle estimée précédemment de telle sorte que le sens des axes soit identique à celui du repère image d'origine.
- Tester la détection des plaques sur l'ensemble des images et ajuster les réglages si nécessaire.

### 4.3 Mesure dimensionnelle et correction spatiale

#### 9) Mesure de longueur et de largeur par détection de bords :

- Insérer la (ou les) fonction(s) de recherche de bords adéquate(s) permettant de détecter les bords opposés des plaques et paramétrer cette (ou ces) fonction(s) afin de mesurer et afficher dans une nouvelle cellule la **largeur** des plaques en pixels et, dans une autre cellule, la **longueur** des plaques en pixels, en faisant attention de positionner la région d'intérêt par rapport au repère estimé précédemment.
- Tester ces outils de mesure sur l'ensemble des images, relever les mesures sous forme d'un tableau et conclure.
- Comparer ces mesures avec les mesures de largeur et de hauteur du blob correspondant et conclure.
- Indiquer également sur votre compte-rendu les valeurs des paramètres modifiés et représenter graphiquement l'outil dans l'image.

#### 10) Changement de repère :

- Insérer la fonction permettant de mesurer les coordonnées du point d'intersection entre les droites correspondant à deux bords perpendiculaires de la plaque d'immatriculation détectée (par exemple le bord horizontal supérieur avec le bord vertical gauche).
- Créer un nouveau repère dont l'origine est le point d'intersection mesurée précédemment et l'orientation, une mesure qui dépend des angles des bords détectés précédemment de telle sorte que le sens des axes soit identique à celui du repère image d'origine.
- Tester ce nouveau repère sur l'ensemble des images et ajuster les réglages si nécessaire.

En fonction de la position du véhicule, la plaque d'immatriculation peut subir de légers mouvements de rotation autour de l'axe optique qu'il est possible de corriger grâce à la mesure d'orientation effectuée pour déterminer l'angle du repère.

L'inclinaison de la plaque d'immatriculation par rapport au plan image de la caméra peut également varier en fonction du profil de l'arrière du véhicule et de la position de celui-ci devant la caméra. Afin de rendre à chaque plaque ses bonnes proportions et afin d'augmenter la résolution des caractères inscrits sur la plaque, une mise à l'échelle et une rotation de l'image peut être effectuée.

Les facteurs d'échelle à appliquer horizontalement (noté  $Z_x$ ) et verticalement (noté  $Z_y$ ) dépendent des

mesures de longueur (notée  $l_x$ ) et de largeur (notée  $l_y$ ) effectuées précédemment sur chaque plaque. Afin de conserver les proportions de chaque plaque, les facteurs d'échelle seront ajustés de telle sorte à ce que la longueur  $L_x$  de la plaque corresponde toujours à 20 mm (600 pixels) et que sa largeur  $L_y$  corresponde toujours à 4,5 mm (135 pixels) :

$$l_x \times Z_x = 600$$

$$l_y \times Z_y = 135$$

#### 11) Facteur d'échelle :

- En utilisant les deux mesures précédentes, insérer dans une cellule le calcul des coefficients  $Z_x$  et  $Z_y$  permettant de corriger les proportions des plaques.
- Utiliser la fonction **ScaleImage** de manière à réorienter, mettre à l'échelle et afficher l'image de la région de la plaque d'immatriculation définie par ses quatre bord en haut à gauche avec une résolution de  $600 \times 135$ .
- Tester et ajuster les paramètres de cette fonction sur l'ensemble des images et indiquer les valeurs (ou formules) de ces paramètres dans le compte-rendu.

## 4.4 Lecture de la plaque

Afin de lire le numéro de la plaque, la fonction **OCRMax** est utilisée. La lecture de caractères s'effectue en deux étapes : l'apprentissage des caractères et la classification. L'apprentissage consiste à segmenter l'image afin d'isoler chaque caractère de la chaîne puis à lui associer la lettre ou le chiffre correspondant pour enregistrer une police de caractères. L'outil **OCRMax** dispose d'une application (bouton « Mise au point automatique ») permettant d'effectuer ces deux opérations automatiquement et simultanément. L'utilisation de la « correction de la segmentation » de cet outil, d'une part, corrige les paramètres de segmentation en fonction du résultat obtenu sur chaque image d'apprentissage utilisée et d'autre part, mémorise la police de caractères après avoir ajouté les caractères appris selon différentes mode d'enregistrement.

#### 12) Lecture optique :

- Réaliser l'apprentissage des caractères "A", "E", "I", "O", "U", et "Y" (voyelles) ainsi que des chiffres de "0" à "9" en utilisant uniquement les véhicules immatriculés "408 AOI 62" et "731 EUY 59" dont les images ont été acquises à vitesse lente (soit deux images d'apprentissage).
- Effectuer la lecture sur les différents véhicules et ajuster les paramètres de reconnaissance en utilisant les deux autres images des véhicules à vitesse lente (SANS enregistrer de nouveaux caractères à la police) afin d'obtenir les meilleurs résultats possibles.
- Indiquer dans votre compte-rendu les valeurs des paramètres modifiés et conclure sur cet algorithme en analysant les résultats de reconnaissance obtenus sur chaque caractère d'une chaîne lue.

#### 13) Amélioration des résultats (facultatif) :

- Si nécessaire, améliorer les résultats en ajoutant un prétraitement de l'image de la plaque réorientée et remise à l'échelle, en utilisant les deux autres images des véhicules à vitesse lente comme images d'apprentissage pour enrichir la base de données par ajout de caractères appris ou en séparant la reconnaissance des voyelles et des chiffres puis en concaténant l'ensemble des caractères lus pour former une seule chaîne de caractères.

Afin d'analyser les valeurs des résultats calculés par une fonction, il est possible d'utiliser :

- des fonctions de conditions (**if**, **choose**, **InRange**, ...),
- des fonctions de comparaison (<, >, =, <=, >=, ...),
- des opérateurs logiques (**And**, **Or**, **Not**, ...),
- des instructions d'affichage en utilisant " ".

#### 14) Reconnaissance du département :

- Extraire les deux derniers chiffres de l'immatriculation lue et afficher le nombre correspondant ainsi que le nom du département correspondant.
- Activer un voyant rouge si le numéro de la plaque se termine par "62" et un voyant vert si il se termine par "59".

### 4.5 Reconnaissance de la marque du véhicule

La reconnaissance de la marque du véhicule consiste à rechercher et identifier le logo de la marque. Pour cela, une solution est d'utiliser un outil de reconnaissance des formes.

#### 15) Recherche de motifs et affichage de la marque :

- Utiliser un outil de reconnaissance des formes afin d'apprendre le logo de chacun des véhicules. Un modèle de logo différent devra être défini pour chacune des quatre marques : PEUGEOT, CITROEN, AUDI et BMW en utilisant les images des véhicules correspondant acquises à vitesse lente.
- Configurer autant d'outils de recherche de motifs qu'il y a de marques afin de calculer un score de ressemblance par image analysée pour chaque marque de véhicule.
- Relever les mesures du score de ressemblance obtenu sur l'ensemble des véhicules avec les différents modèle de logo et définir une règle de décision permettant d'afficher la marque du véhicule. Indiquer cette règle dans votre compte-rendu.
- Étudier les paramètres de cet outil afin que le temps de traitement soit le plus court possible avec des résultats fiables.

### 4.6 Interface Homme-Machine

La dernière partie de l'application de vision consiste à réaliser une interface Homme-machine permettant notamment :

- d'afficher la mesure des dimensions des plaques,
- d'afficher la chaîne de caractères lue correspondant à l'immatriculation des plaques,
- d'indiquer le département,
- d'indiquer la marque du véhicule,
- d'afficher le numéro du véhicule analysé (comptage de chaque passage),
- de compter l'apparition de chaque département et chaque marque,
- d'afficher le temps de traitement,
- de remettre à zéro les compteurs...

#### 16) Vue opérateur :

- Créer une vue opérateur la plus claire possible (titre de l'application, numéro d'immatriculation du véhicule, dimension de la plaque, numéro du département, marque du véhicule, comptage des véhicules, comptages des véhicules en fonction de leur département et de leur marque, temps de traitement,...).