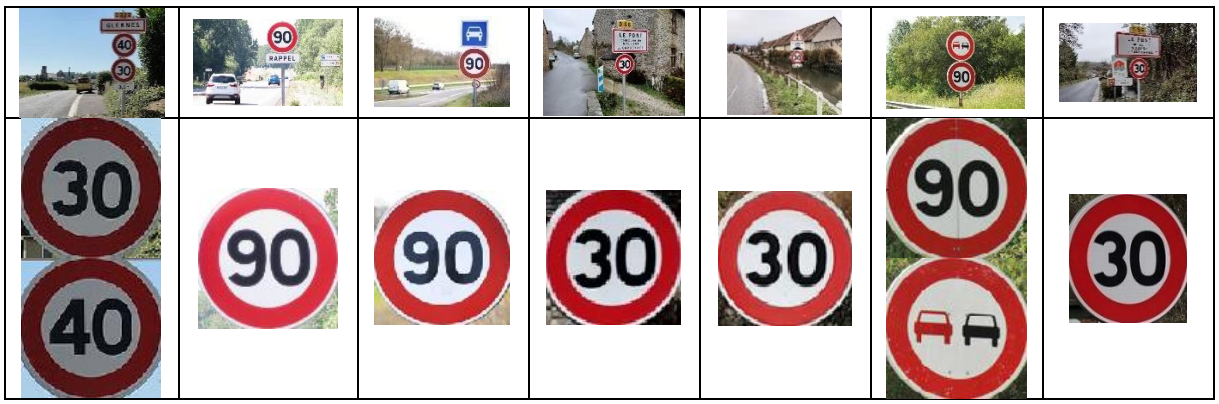
Informatique

Matrices de pixels et images

Détection et extraction de panneaux

A.I. Contexte

Nous allons réaliser un algorithme qui permet d'identifier, d'extraire et de redimensionner des panneaux de circulation à partir de photos prises dans la circulation routière. Pour cette étude, nous identifierons les panneaux cerclés de rouge. Voici quelques exemples d'application de l'algorithme à à partir de photos issues d'internet :



Nous verrons en deuxième année (ITC2) un algorithme d'intelligence artificielle (TD 3-1 - Algorithme KNN) capable de les reconnaître automatiquement.

Pour cette application, nous allons utiliser l'image ci-contre nommée « Image_1.bmp » de format 800x600 au format RGB.
Vous avez en annexe à la fin de ce sujet un extrait de l'aide de Python à propos des modules matplotlib et numpy.

Les images sous python

On ouvre les images avec la fonction imread du module matplotlib.

Question 1: Préciser le type des images ainsi ouvertes
Question 2: Préciser le type de codage des nombres dans ces images
Question 3: En détaillant le calcul, préciser le nombre d'octets que prend un pixel dans la mémoire de l'ordinateur
Question 4: Préciser la taille approximative de l'image fournie en Mo arrondie au dixième
Question 5: Sachant qu'un calcul dans un ordinateur est de l'ordre de la micro seconde, donner une estimation du temps de traitement de cette image avec python

Ouverture de l'image

L'image bmp est placée dans le répertoire où notre fichier Python est stocké.

Question 6: Créer une fonction Affiche(fig,im) qui permet d'afficher l'image im (format issu de imread) sur la figure fig
Question 7: Ecrire les lignes de code créant l'image « Image », transformant en triplets si quadruplets le cas échéant, et l'affichant sur la figure 1

Dans la suite, l'argument im lors de la définition des fonctions sera cette image en couleurs.

Traitement noir et blanc

On souhaite pouvoir utiliser numpy dans la suite en l'appelant np.
Question 8: Ecrire l'instruction réalisant cet import

Nous devons sélectionner le rouge dans l'image étudiée. Un simple critère sur les valeurs seules R, G et B des pixels n'est pas suffisant. Dans l'ouvrage collectif coordonné par Philippe FOUCHER de titre « Détection et reconnaissance de la signalisation verticale par analyse d'images », on trouve une référence [18] page 24 au travail de G. DUTILLEUX et P. CHARBONNIER intitulé « Détection de signalisation routière par ajustement de formes prototypes » dont voici un extrait :

2.1.1 Prédétection

Pour identifier les pixels présentant une dominantes rouge, on travaille dans l'espace RGB. Le prédétecteur stipule qu'un pixel est rouge si ses composantes vérifient

$$\begin{aligned} R &> \alpha(G+B) \\ R - \max(G,B) &> 2\alpha[\max(G,B) - \min(G,B)] \end{aligned} \quad (1)$$

Le premier critère revient à poser une contrainte sur la composante rouge normalisée $R/(R+G+B)$ qui doit être dominante. La normalisation donne sa robustesse au prédétecteur face aux variations d'illumination. Le deuxième critère vérifie que le pixel ne tend pas vers le jaune ou le magenta, c'est à dire que les composantes G et B ne sont pas trop proches l'une de l'autre. Le paramètre α peut être ajusté au niveau d'une séquence d'images. Ses valeurs habituelles varient de 0.5 à 0.75. On privilégie des valeurs de α relativement faibles pour ne pas risquer de voir un panneau disparaître lors de la prédétection.

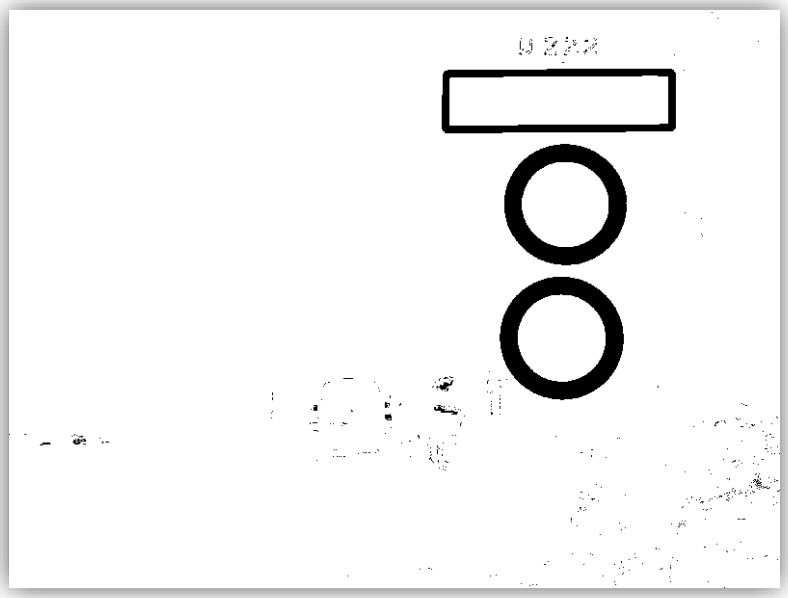
Lorsqu'un pixel est considéré rouge, on le mettra en noir sur l'image noir et blanc, blanc sinon.

Question 9: Créer une fonction NB(im,alpha) qui renvoie une nouvelle image (format array de numpy) qui sera la transformation de l'image im en noir et blancs en respectant les critères proposés ci-dessus (im non modifiée)

On choisit $alpha = 0{,}75$.

Question 10: Ecrire les lignes de codes créant l'image noir et blanc « Image_NB » et l'affichant sur la figure 2

Voici l'image obtenue (cadre ombré ajouté dans ce document pour que les bords soient visibles) :



Question 11: Préciser la complexité en temps de la fonction NB

Sur l'image obtenue, on remarque beaucoup de points noirs isolés. On souhaite proposer un traitement afin de les faire disparaitre. On donne le code suivant :

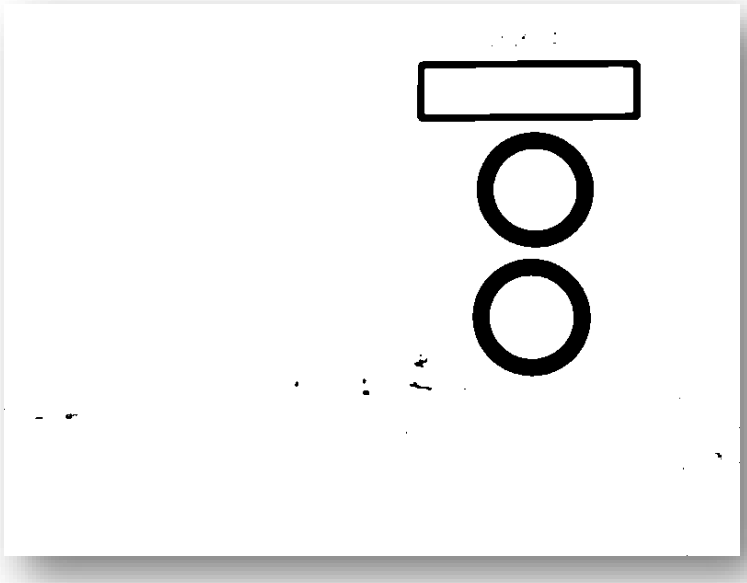
```
def Convolution(im,K):
    Nl,Nc = im.shape[0:2]
    Dim_K = K.shape[0]
    k = Dim_K//2
    Im_Conv = np.copy(im)
    for c in range(k,Nc-k):
        for l in range(k,Nl-k):
            Im_Loc = im[l-k:l+k+1,c-k:c+k+1]
            R,G,B = 0,0,0
            n = K.shape[0]
            for ll in range(n):
                for cc in range(n):
                    tk = K[ll,cc]
                    RM,GM,BM = Im_Loc[ll,cc]
                    R += tk*RM
                    G += tk*GM
                    B += tk*BM
            R,G,B = int(R),int(G),int(B)
            R,G,B = max(min(R,255),0),max(min(G,255),0),max(min(B,255),0)
            Im_Conv[l,c] = R,G,B
    return Im_Conv
```

On souhaite proposer une fonction qui, à partir d'une image en nuances de gris $(R = G = B = N)$, renvoie une nouvelle image en noir et blanc selon le critère : $\begin{cases} N \leq k \Rightarrow Noir \\ N > k \Rightarrow Blanc \end{cases}$.

Question 12: Proposer une fonction Seuil(imng,k) prenant en argument une image en nuances de gris et un seuil k, et renvoyant une nouvelle image en noir et blanc comme précisé (imng non modifiée)

Question 13: Proposer un traitement à l'image « Image_NB » afin d'obtenir le résultat ci-dessous qui sera affiché sur la figure 3

Remarque : l'image Image_NB sera écrasée et remplacée par le résultat du traitement



Dans la suite, l'argument imnb lors de la définition des fonctions sera cette image en noir et blanc.

Etude des zones de l'image

L'image obtenue ci-dessus présente une grande « zone » blanche et un certain nombre de « zones » noires. Nous allons programmer une méthode permettant d'associer un numéro à chacune de ces zones afin de pouvoir les dénombrer et de les étudier.

Pour chaque pixel de l'image étudiée désigné par une liste [l,c] de sa ligne l et sa colonne c, on souhaite déterminer chacun de ses 4 voisins (gauche, droite, bas, haut) dans cet ordre sous la forme d'une liste de 4 listes [li,ci]. Un voisin qui sortirait de l'image sera défini comme égal au pixel [l,c].

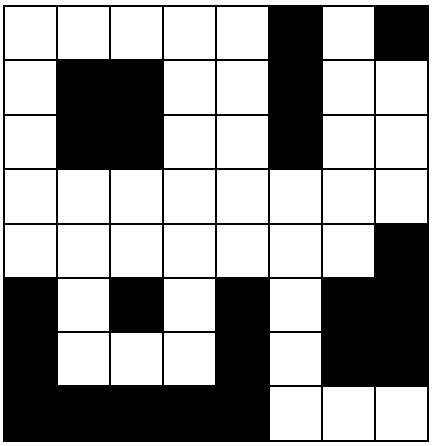
```
>>> Liste_voisins(0,0,10,10)
[[0, 0], [0, 1], [1, 0], [0, 0]]

>>> Liste_voisins(1,1,10,10)
[[1, 0], [1, 2], [2, 1], [0, 1]]

>>> Liste_voisins(9,9,10,10)
[[9, 8], [9, 9], [9, 9], [8, 9]]
```

Question 14: Proposer une fonction Liste_voisins(l,c,Nl,Nc) prenant en argument la ligne l et colonne c du pixel étudié, les nombres de lignes Nl et colonnes Nc de l'image, et renvoyant la liste de ses 4 voisins comme précisé ci-dessus

On suppose avoir à disposition une table T sous forme d'array à deux dimensions, de mêmes dimensions que l'image étudiée, contenant des entiers codés sur 64 bits. Elle est initialisée à des valeurs de -1 partout. On souhaite que cette table contienne par la suite des entiers positifs croissants tels que toutes les cases contenant l'entier k représentent une « zone » numéro k de l'image noir et blanc.

Ainsi, comme le premier pixel en haut à gauche est blanc, la première zone de numéro k=0 sera l'intégralité du blanc de l'image ne formant qu'une zone. La zone 1 sera une première zone noire, la zone deux une seconde, etc.

Voici un exemple de table T associée à l'image de 8x8 pixels ci-contre en réalisant un parcours ligne par ligne (pour chaque ligne, puis pour chaque colonne) de la procédure que nous allons mettre en place :



0	0	0	0	0	1	0	2
0	3	3	0	0	1	0	0
0	3	3	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	4
5	0	6	0	5	0	4	4
5	0	0	0	5	0	4	4
5	5	5	5	5	0	0	0

Ce qui donnera, en affichant la table T avec notre fonction Affiche (lorsque ce sont des entiers, et non des triplets, on obtient un dégradé de couleurs de bleu à jaune automatiquement) :

Dans la suite, on dira qu'une case T[l,c] a été **marquée** si sa valeur T[l,c] est différente de -1.
Par ailleurs, on dira par abus de langage « **pixel [l,c]** » pour désigner le pixel à la ligne l et la colonne c et « **case [l,c]** » la valeur de la case à la ligne l et la colonne c de la table T.
Enfin, comme nous travaillerons sur l'image en noir et blanc, on parlera de « **valeur** » 0 ou 255 pour identifier les valeurs R=G=B de tous les pixels.

On souhaite créer une procédure qui, à partir d'un pixel initial [l,c] quelconque de l'image associé à une case T[l,c] initialisée à un entier k dans T, explore tous ses voisins non encore marqués ayant la même valeur, afin de les marquer du même entier k, et procède ainsi pour tous les voisins des voisins (etc.), tant qu'il y en a. Cette procédure va donc permettre de remplir la table T avec le même entier k pour chaque zone de l'image.

Principe de la fonction d'exploration à partir du pixel initial [l,c] :

- Initialiser une pile (liste) avec le couple [l,c] du pixel initial
- Tant que la pile n'est pas vide :
    - Dépiler un pixel [l,c]
    - Affecter l'entier k à la case [l,c]
    - Déterminer tous les voisins du pixel [l,c]
    - Pour chaque voisin non marqué de même valeur :
        - Ajouter ce voisin à la pile

Attention : Tout n'est volontairement pas dit

Exemples : L'appel de la fonction en

- [0,0] va créer toute la zone de 0 de la table T
- [0,5] va créer toute la zone de 1 dans la table T

Question 15: Proposer une fonction Explorer(imnb,l,c,T,k) prenant en argument la ligne l et la colonne c du pixel initial et l'entier k, et réalisant la procédure attendue

Il reste maintenant à appeler cette procédure sur l'intégralité des pixels non marqués de la table T sur l'image en noir et blanc à partir du pixel [0,0].

Principe de la fonction de détermination des zones :

- Initialisation d'une table T d'entiers à -1 (`dtype='int64'`)
- Initialisation de l'entier k à 0
- Parcours de tous les pixels ligne par ligne
- Exploration du pixel s'il n'est pas marqué en lui attribuant l'entier k (création de la zone k)
- Incrémentation de l'entier k
  Attention : Tout n'est volontairement pas dit

Question 16: Créer la fonction Zones(imnb) réalisant cette procédure et renvoyant la table T associée à imnb

Question 17: Ecrire les lignes de code créant la table « Table » associée à l'image fournie, l'affichant sur la figure 4, et créant et affichant dans la console le nombre de zones trouvées « Nb_Zones »

Remarque : On pourra utiliser np.amax(A) pour obtenir le maximum d'un array A.

Dans la suite, les arguments n et T lors de la définition des fonctions seront le nombre de zones « Nb_Zones » et la table « Table ».

Vous devriez obtenir ceci :

On souhaite mettre en place une fonction qui, en un seul parcours de la table T, renvoie une liste LD des données D de chaque zone LD[k]=D=[Taille,Ml,Mc,Col,l_min,c_min,l_max,c_max] avec :

- Taille : nombre de pixels de la zone k (entier)
- Ml : ligne moyenne de la zone k (flottant)
- Mc : colonne moyenne de la zone k (flottant)
- Col : valeur R du triplet RBG de la zone k (0 : Noir, 255 : Blanc)
- l_min,c_min,l_max,c_max sont les limites de la zone k (incluses)

Remarque : le point [Ml,Mc] est le centre de la zone k sur l'image. Pour rappel, on obtient le centre (L,C) d'un ensemble de n pixels (Li,Ci) ainsi : $\begin{pmatrix} M_l \\ M_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{n}\sum_{i=0}^{n-1} L_i \\ \frac{1}{n}\sum_{i=0}^{n-1} C_i \end{pmatrix}$

On propose le code suivant :

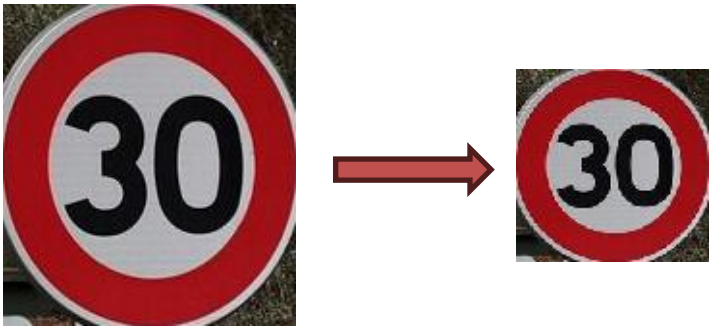
```
def Donnees(T,n,imnb):
    Nl,Nc = T.shape
    Taille,Ml,Mc,Col,l_min,c_min,l_max,c_max = 0,0,0,-1,# ZONE 1 #
    LD = [[Taille,Ml,Mc,Col,l_min,c_min,l_max,c_max] for k in range(n)]
    for c in range(Nc):
        for l in range(Nl):
            k = # ZONE 2 #
            Taille,Ml,Mc,_,l_min,c_min,l_max,c_max = LD[k]
            Ml = # ZONE 3 #
            Mc = # ZONE 4 #
            Taille += 1
            Col = # ZONE 5 #
            if l < l_min:
                # ZONE 6 #
            if l > l_max:
                # ZONE 7 #
            if c < c_min:
                # ZONE 8 #
            if c > c_max:
                # ZONE 9 #
            LD[k] = [Taille,Ml,Mc,Col,l_min,c_min,l_max,c_max]
    return LD
```

Question 18: Compléter les différentes zones du code proposé et proposer les lignes de code permettant de créer la liste « Donnees_Zones » contenant les données issues de la fonction Donnees

Dans la suite, l'argument LD lors de la définition des fonctions sera cette liste « Donnees_Zones ».

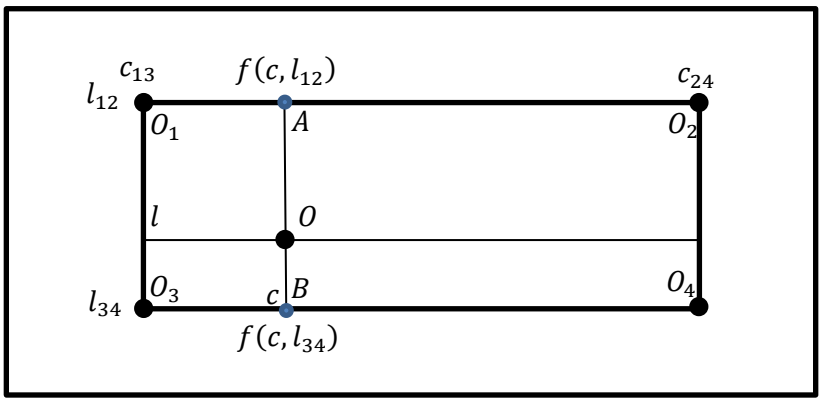
Redimensionnement

Dans la suite, nous allons être en mesure d'isoler et d'extraire automatiquement les panneaux de l'image étudiée. Il nous faudra transformer des images rectangulaires en images carrées, que ce soit pour l'identification ou l'extraction de ces panneaux, comme illustré ci-dessous :



Pour cela, nous allons réaliser un algorithme de redimensionnement par interpolation bilinéaire.

On considère 4 points dits « Origine » O_1, O_2, O_3 et O_4 dans une image aux lignes et colonnes (l_{ij}, c_{ij}) précisées ci-dessous :



Les 4 points peuvent être placés dans l'image (pas forcément sur les bords), mais :

- O_1 et O_2 doivent être à la même ligne, de même que O_3 et O_4
- O_1 et O_3 doivent être à la même colonne, de même que O_2 et O_4

A chaque point O_i de cette image est associée un n-uplet noté P_i. On souhaite déterminer le n-uplet $P = f(l, c)$ associé à un point quelconque $O(l, c)$ de l'image par interpolation bilinéaire. Nous avons réalisé cette démarche dans le cours sur l'agrandissement avec P_i les triplets RGB de points encadrants une zone à remplir, je ne rappelle donc ici que la fonction utile pour la suite :

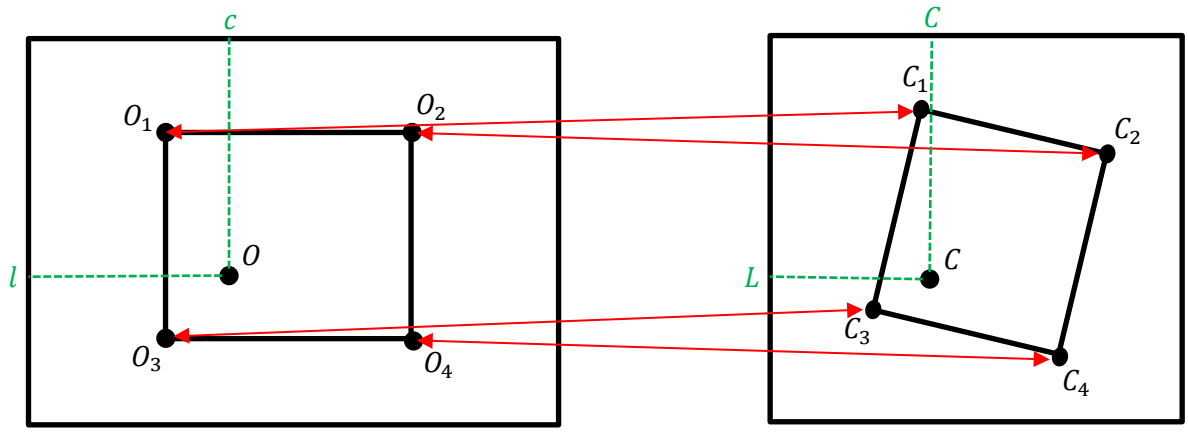
$$P = f(O) = f(l, c) = \frac{1}{(l_{34} - l_{12})(c_{24} - c_{13})} [l_{34} - l \quad l - l_{12}] \begin{bmatrix} P_1 & P_2 \\ P_3 & P_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_{24} - c \\ c - c_{13} \end{bmatrix}$$

On obtiendra par exemple $f(O_i) = P_i$, et si $C = \frac{1}{4}\sum O_i$ est le centre des 4 points P_i, $f(C) = \frac{1}{4}\sum P_i$.

Soit une image blanche de dimensions (N_l, N_c) dite « origine » et l'image à recadrer dite « cible » de dimensions (N_L, N_C). En parcourant toute l'image « origine », on va pour chaque point $O(l,c)$ déterminer par interpolation bilinéaire les coordonnées du point de l'image « cible » à recadrer $C(L,C)$. On appliquera alors au point O de l'image origine la couleur du point C dans l'image cible si ce point en fait partie.

Autrement dit, en définissant $P_i = C_i$ les coordonnées des 4 coins dans l'image à recadrer :

- On calcule les coordonnées $L, C = f(l,c)$ du pixel associé dans l'image cible
- A partir d'une image d'origine blanche, on applique la couleur dans l'image origine $ImO[l,c]$ du pixel $ImC[L,C]$ si $L \in [0, N_L - 1]$ et $C \in [0, N_C - 1]$. Toutefois, dans notre application, il ne sera pas nécessaire de réaliser ces deux tests car les points O_i étant les 4 coins de l'image origine, leurs images seront incluses dans le quadrilatère délimité par les points C_i



On ne travaillera qu'avec des listes sauf pour les valeurs des pixels qui seront des arrays.

On propose les deux fonctions suivantes :

```
def Prod_MV(M,V):
    Res = []
    n = len(M)
    t = len(M[0][0])
    for l in range(n):
        Res_Loc = [0 for _ in range(t)]
        for c in range(n):
            for i in range(t):
                Res_Loc[i] += V[c]*M[l][c][i]
        Res.append(Res_Loc)
    return Res

def Prod_VV(V1,V2):
    n = len(V1)
    t = len(V1[0])
    Res = [0 for _ in range(t)]
    for i in range(n):
        for j in range(t):
            Res[j] += V1[i][j]*V2[i]
    return Res
```

Question 19: Proposer une fonction LC_Bilin(l,c,LO,LC) prenant en argument les coordonnées l,c d'un point de l'image origine, les listes LO et LC, et renvoyant les coordonnées L,C associées au couple l,c par interpolation bilinéaire

A partir d'une image au format array, on veut obtenir la liste des listes (li,ci) de ses 4 coins automatiquement et dans l'ordre : haut gauche, haut droit, bas gauche, bas droit. Exemple sur une image 50x100 :

```
>>> Coins(test)
[[0, 0], [0, 49], [99, 0], [99, 49]]
```

Question 20: Proposer une fonction Coins(im) renvoyant la liste des 4 coins de l'image im

Pour rappel, dans notre application, l'image cible présentera la particularité d'être un rectangle (côtés horizontaux et verticaux) à redimensionner en carré.

Question 21: Proposer la fonction Resize(im,dim) prenant en argument une image im rectangulaire et le tuple dim contenant les nombres de lignes et colonnes de l'image attendue, et renvoyant une nouvelle une image aux dimensions souhaitées (im non modifiée)

Voici un exemple d'application :

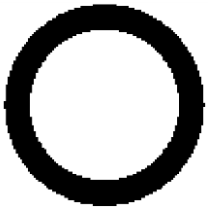
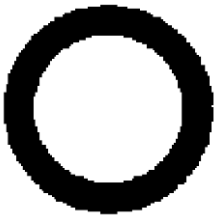
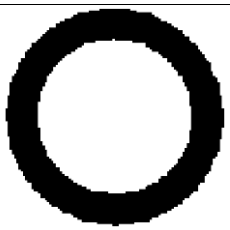
```
Affiche('test',Resize(Image,(100,50)))
```

Sélection des panneaux

Nous souhaitons dans cette partie identifier automatiquement sur l'image étudiée les panneaux cerclés de rouge. Pour cela, nous avons à disposition dans le répertoire de travail l'image rouge « Cercle.bmp » ci-contre.

Pour comprendre où l'on va, la procédure globale de cette partie est la suivante :

- Transformation de l'image « Cercle » en image noir et blanc « Cercle_NB »
- Redimensionnement de « Cercle_NB » en 100x100
- Itérations sur toutes les zones k détectées par l'algorithme de détection de zones :
    - Extraction de la zone k dans l'image en noir et blanc avec une fonction « Extraction_k » permettant d'extraire la zone par son numéro sans inclure d'autres zones. Ainsi, si d'autres zones sont proches du cercle ou dans le cercle, elles ne seront pas extraites
    - Redimensionnement de ces zones en 100x100
    - Calcul et normalisation de la distance entre chaque zone extraite et « Cercle_NB » (dn)
    - Stockage des couples [dn,k] des distances normalisées et numéros des zones
- Sélection des zones ayant une « distance » inférieure à un critère « Crit »
- Extraction des zones sélectionnées dans leur totalité (cercle + contenu) à l'aide d'une fonction « Extraction »

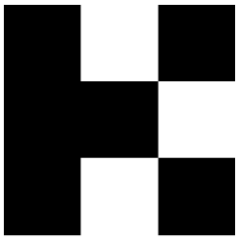
Cercle_NB	Zones proches de Cercle_NB	Panneaux extraits
		
		

Nous allons travailler avec des n-uplets (listes de n termes) qui seront associées à chaque image. On suppose que le nombre de termes n de chaque n-uplets est identique dans tout le sujet.
On rappelle que la distance euclidienne entre deux n-uplets $u = (u_0, u_1, \dots, u_{n-1})$ et $v = (v_0, v_1, \dots, v_{n-1})$ est le résultat du calcul suivant : $D = \sqrt{\sum_{i=0}^{n-1}(v_i - u_i)^2}$

Question 22: Créer une fonction Distance_uv(u,v) renvoyant la distance euclidienne entre les deux n-uplets sous forme de listes u et v

Pour chaque image, on crée une liste L_RGB des valeurs de R, G et B de chacun de ses pixels. Ainsi, avec des images ayant toujours la même dimension de 100x100 pixels, on obtient une liste de 30 000 valeurs pour chacune. Exemple d'application :

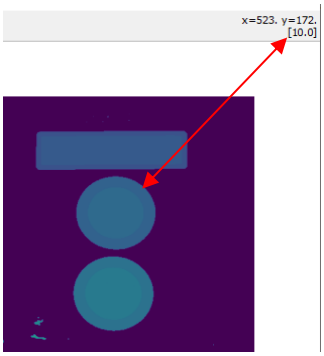
Code	Figure

`Noir = [0,0,0]`
`Blanc = [255,255,255]`
`L1 = [Noir,Blanc,Noir]`
`L2 = [Noir,Noir,Blanc]`
`L3 = [Noir,Blanc,Noir]`
`A = [L1,L2,L3]`
`Damier = np.array(A,dtype='uint8')`
`Affiche('Damier',Damier)`
	

```
>>> Analyse(Damier)
[0.0, 0.0, 0.0, 255.0, 255.0, 255.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0,
0.0, 255.0, 255.0, 255.0, 0.0, 0.0, 0.0, 255.0, 255.0, 255.0, 0.0, 0.0, 0.0]
```

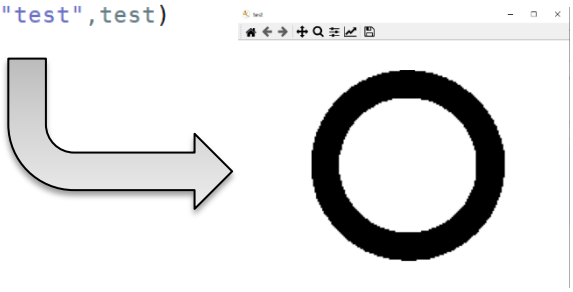
Question 23: Créer une fonction Analyse(im) qui, à partir d'une image sous forme d'array, renvoie la liste L_RGB associée – Attention, transformer les R, G et B en flottants, sinon il y aura overflow avec les uint8 lors des calculs de distances

Il nous faut maintenant pouvoir extraire une zone d'indice k dans l'image en noir et blanc. En passant la souris sur l'image de « Table » obtenue précédemment, on trouve le numéro du contour rouge du panneau supérieur : 10.



Nous allons proposer une fonction qui procède à l'extraction de ce contour de la sorte :

```
>>> test = Recadrage_k(Image_NB,Donnees_Zones,Table,10)
>>> Affiche("test",test)
```



Question 24: Créer la fonction Recadrage_k(imnb,LD,T,k) renvoyant une nouvelle image aux dimensions de la zone k, et ne contenant que les pixels de cette zone dans l'image imnb

Remarque : Les panneaux circulaires se projettent et les cercles sont en réalité des ellipses sur Image_NB. Le recadrage proposé dans ce DS déformera légèrement le contenu des panneaux. Pour aller plus loin, il faudra réaliser un algorithme de détection d'ellipses et un recadrage projectif.

On souhaite proposer une fonction qui réalise la procédure décrite en début de cette partie, c'est-à-dire :

- Initialiser une liste vide Res
- Redimensionner le cercle en 100x100
- Le transformer en noir et blanc
- En crée la liste L_RGB
- Pour chaque zone k de l'image en noir et blanc
    - Créer l'image noir et blanc de la zone par recadrage
    - Redimensionner la zone en 100x100
    - Créer sa liste L_RGB
    - Calculer la distance d
    - Normaliser la distance d en calculant d_n (*)
    - Ajouter à Res le couple [dn,k]
- Trier en place Res par ordre croissant des distances (utilisation de la méthode sort autorisée)
- Renvoyer Res

(*) La normalisation consiste à exprimer les distances entre 0 et 1 quelles que soient la dimension des images comparées. Soit a le nombre de lignes/colonnes des images (carrées) contenant donc a^2 pixels. Les listes L_RGB contiennent donc $3a^2$ valeurs. La distance maximale trouvée par distance euclidienne vaut :

$$d_{max} = \sqrt{\sum_{i=1}^{3a^2} 255^2} = \sqrt{3a^2 255^2} = 255a\sqrt{3}$$

On calculera donc $d_n = \frac{d}{255a\sqrt{3}}$

Question 25: Créer la fonction Etude_Motif(imnb,imc,T,LD,a) prenant en argument l'array imc associé à l'image du cercle, le côté des images redimensionnées a, et renvoyant la liste Res attendue

Question 26: Proposer le code créant la liste « Distances » issue de la fonction Etude_Motif

On souhaite proposer une fonction qui renvoie la liste des données contenues dans « Donnees_Zones » des zones les plus proches au sens de la norme euclidienne de « Cercle » selon un critère « dmax ».

Question 27: Selection(Ldst,dmax,LD) renvoyant la liste attendue

Nous avons appliqué l'algorithme développé précédemment sur les 7 images présentées en début de ce sujet et affiché le résultat de la commande suivante :

```
print([round(t[0],2) for t in Distances][0:4])
```

Voici les résultats obtenus:

```
Image_1: [0.23, 0.23, 0.59, 0.59]
Image_2: [0.23, 0.56, 0.56, 0.59]
Image_3: [0.22, 0.59, 0.59, 0.62]
Image_4: [0.26, 0.53, 0.59, 0.59]
Image_5: [0.21, 0.59, 0.59, 0.59]
Image_6: [0.24, 0.26, 0.59, 0.59]
Image_7: [0.25, 0.59, 0.59, 0.59]
```

Question 28: Proposer la valeur du critère dmax à utiliser par la suite
Question 29: Proposer le code créant la liste « Zones_Sel » des données des panneaux de l'image « Image »

Extraction des panneaux

Maintenant que nous avons sélectionné les panneaux, il ne reste plus qu'à les extraire de l'image en couleur et à les redimensionner. Pour récupérer une zone dans une image, il serait simple de récupérer la zone d'intérêt avec des slices : `im[l_min:l_max+1,c_max:c_max+1]`. Toutefois, nous interdisons les slices dans ce sujet.

Question 30: Créer la fonction Recadrage(im,l_min,l_max,c_min,c_max) renvoyant une nouvelle image contenant la portion de im dans les limites (incluses) désignées par les 4 paramètres l_min,l_max,c_min,c_max

Pour chaque zone sélectionnée, il ne reste plus qu'à :

- Déterminer ses limites l_min,l_max,c_min,c_max dans « Image »
- La recadrer
- La redimensionner en 100x100
- L'afficher sur une figure dont le numéro sera 10 pour la première, 11 pour la seconde etc.
- Sauvegarder cette image au format bmp avec imsave pour ne pas la redimensionner à l'enregistrement

Question 31: Créer le code attendu

Voici le résultat obtenu :
Il est maintenant temps de mettre en place un algorithme d'IA pour reconnaitre ces panneaux automatiquement !

ANNEXE

Extraits de l'aide numpy	
shape	shape(a) Return the shape of an array. Parameters ---------- a : array_like Input array. Returns ------- shape : tuple of ints The elements of the shape tuple give the lengths of the corresponding array dimensions.
copy	copy(a, order='K', subok=False) Return an array copy of the given object. Parameters ---------- a : array_like Input data. Returns ------- arr : ndarray Array interpretation of `a`.

ones	ones(shape, dtype=None, order='C', *, like=None)
	Return a new array of given shape and type, filled with ones.
	Parameters
	---------- 	
	shape : int or sequence of ints
	Shape of the new array, e.g., ``(2, 3)`` or ``2``.
	dtype : data-type, optional
	The desired data-type for the array, e.g., `numpy.int8`. Default is `numpy.float64`.
	order : {'C', 'F'}, optional, default: C
	Whether to store multi-dimensional data in row-major (C-style) or column-major (Fortran-style) order in memory.
	like : array_like
	Reference object to allow the creation of arrays which are not NumPy arrays. If an array-like passed in as ``like`` supports the ``__array_function__`` protocol, the result will be defined by it. In this case, it ensures the creation of an array object compatible with that passed in via this argument.
	.. note::
	The ``like`` keyword is an experimental feature pending on acceptance of :ref:`NEP 35 <NEP35>`.
	.. versionadded:: 1.20.0
	Returns
	------- 	
	out : ndarray
	Array of ones with the given shape, dtype, and order.
	See Also
	-------- 	
	ones_like : Return an array of ones with shape and type of input.
	empty : Return a new uninitialized array.
	zeros : Return a new array setting values to zero.
	full : Return a new array of given shape filled with value.
	Examples
	-------- 	
	>>> np.ones(5)
	array([1., 1., 1., 1., 1.])
	>>> np.ones((5,), dtype=int)
	array([1, 1, 1, 1, 1])
	>>> np.ones((2, 1))
	array([[1.],[1.]])
	>>> s = (2,2)
	>>> np.ones(s)
	array([[1., 1.],[1., 1.]])

Extraits de l'aide matplotlib.pyplot	
imread	imread(fname, format=None) Read an image from a file into an array. Parameters ---------- fname : str or file-like The image file to read: a filename, a URL or a file-like object opened in read-binary mode. format : str, optional The image file format assumed for reading the data. If not given, the format is deduced from the filename. If nothing can be deduced, PNG is tried. Returns ------- `numpy.array` The image data. The returned array has shape - (M, N) for grayscale images. - (M, N, 3) for RGB images. - (M, N, 4) for RGBA images.
imshow	imshow(X, cmap=None, norm=None, aspect=None, interpolation=None, alpha=None, vmin=None, vmax=None, origin=None, extent=None, *, filternorm=True, filterrad=4.0, resample=None, url=None, data=None, **kwargs) Display data as an image, i.e., on a 2D regular raster. The input may either be actual RGB(A) data, or 2D scalar data, which will be rendered as a pseudocolor image. For displaying a grayscale image set up the color mapping using the parameters ``cmap='gray', vmin=0, vmax=255``. The number of pixels used to render an image is set by the axes size and the *dpi* of the figure. This can lead to aliasing artifacts when the image is resampled because the displayed image size will usually not match the size of *X* (see :doc:`/gallery/images_contours_and_fields/image_antialiasing`). The resampling can be controlled via the *interpolation* parameter and/or :rc:`image.interpolation`. Parameters ---------- X : array-like or PIL image The image data. Supported array shapes are: - (M, N): an image with scalar data. The values are mapped to colors using normalization and a colormap. See parameters *norm*, *cmap*, *vmin*, *vmax*. - (M, N, 3): an image with RGB values (0-1 float or 0-255 int). - (M, N, 4): an image with RGBA values (0-1 float or 0-255 int), i.e. including transparency. The first two dimensions (M, N) define the rows and columns of the image. Out-of-range RGB(A) values are clipped.
figure	figure(num=None, figsize=None, dpi=None, facecolor=None, edgecolor=None, frameon=True, FigureClass=<class 'matplotlib.figure.Figure'>, clear=False, **kwargs) Create a new figure, or activate an existing figure. Parameters ---------- num : int or str, optional A unique identifier for the figure.
axis	axis(*args, emit=True, **kwargs) Convenience method to get or set some axis properties. option : bool or str If a bool, turns axis lines and labels on or off. If a string, possible values are: ======== == Value Description ======== == 'on' Turn on axis lines and labels. Same as ``True``. 'off' Turn off axis lines and labels. Same as ``False``.
imsave	msave(fname, arr, **kwargs) Save an array as an image file. Parameters ---------- fname : str or path-like or file-like A path or a file-like object to store the image in. If *format* is not set, then the output format is inferred from the extension of *fname*, if any, and from :rc:`savefig.format` otherwise. If *format* is set, it determines the output format. arr : array-like The image data. The shape can be one of MxN (luminance), MxNx3 (RGB) or MxNx4 (RGBA).