

Chapitre

4

Transformations avancées

Chapitre

4

Section

1

L'ouverture morphologique

L'OUVERTURE MORPHOLOGIQUE

Soit le problème suivant : Comment se débarrasser du bruit qui peut être présent sur une image (ici, on voudrait simplement conserver le mot bonjour) ?



L'OUVERTURE MORPHOLOGIQUE

L'ouverture morphologique consiste à effectuer une érosion, puis une dilatation d'une image à l'aide du même élément structurant.

Soit $I \subseteq \mathbb{Z}^n$ et $E \subseteq \mathbb{Z}^n$, on définit **l'ouverture** de I par E comme

$$I \circ E = (I \ominus E) \oplus E$$

L'OUVERTURE MORPHOLOGIQUE

Exemple : calculer le résultat de $I \circ \Gamma_8$

0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	1	1	1	1	0	0
0	0	0	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	1	0	0
0	0	0	1	1	1	0	0	0
0	0	0	1	1	1	1	0	0
0	0	0	1	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0

I

0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	1	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	1	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0

$I \ominus \Gamma_8$

0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	1	1	1	1	0	0
0	0	0	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	1	0	0
0	0	0	1	1	1	0	0	0
0	0	0	1	1	1	1	0	0
0	0	0	1	1	1	1	0	0
0	0	0	1	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0

$I \circ \Gamma_8 = (I \ominus \Gamma_8) \oplus \Gamma_8$

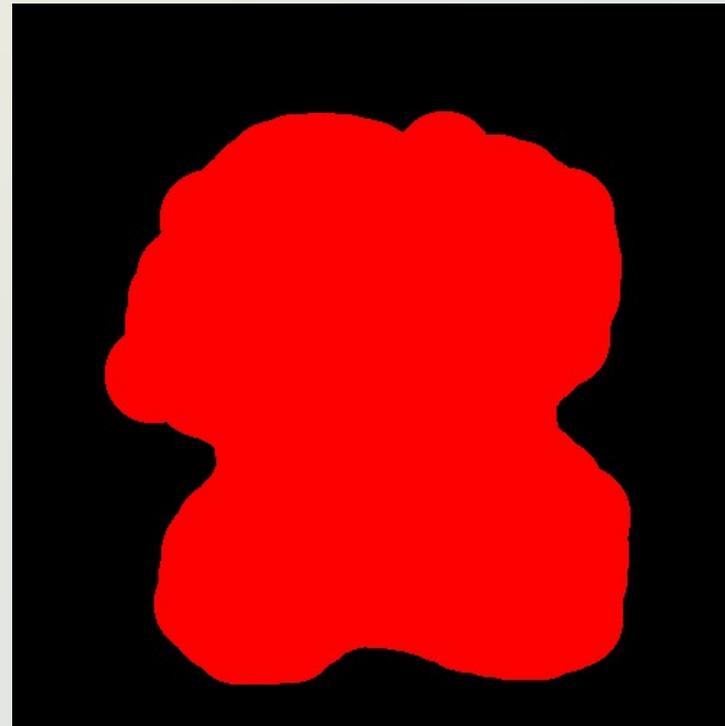
1	1	1
1	1	1
1	1	1

Γ_8

L'ouverture permet de supprimer de l'objet les branches où l'élément structurant ne passe pas.

L'OUVERTURE MORPHOLOGIQUE

On peut voir l'ouverture morphologique comme une **peinture de l'objet I avec un pinceau de la forme de E** : tous les endroits de I où E ne passe pas ne seront pas peints (et seront absents du résultat).



I

$I \circ E$



E

L'OUVERTURE MORPHOLOGIQUE



Bonjour

/



Bonjour

$I \circ 2\Gamma_8$

L'OUVERTURE MORPHOLOGIQUE

On peut proposer une autre définition, équivalente à la première :

Soit $I \subseteq \mathbb{Z}^n$ et $E \subseteq \mathbb{Z}^n$, l'ouverture de I par E est

$$I \circ E = \bigcup_{E_x \subseteq I} E_x$$

Cette définition est à comparer à celle de l'érosion $\ominus E = \bigcup_{E_x \subseteq I} \{x\}$

La fermeture morphologique

LA FERMETURE MORPHOLOGIQUE

La fermeture morphologique est l'opération duale de l'ouverture, et consiste à réaliser une dilatation suivie d'une érosion.

Soit $I \subseteq \mathbb{Z}^n$ et $E \subseteq \mathbb{Z}^n$, on définit la fermeture de I par E comme

$$I \bullet E = (I \oplus E) \ominus E$$

LA FERMETURE MORPHOLOGIQUE

Exemple : calculer le résultat de $I \bullet \Gamma_8$

0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	1	1	0	0
0	0	0	1	0	1	1	0	0
0	0	1	1	1	1	1	0	0
0	0	0	1	1	0	0	0	0
0	0	1	1	1	1	1	0	0
0	0	1	1	1	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0

I

0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	1	1	1	1	0
0	0	1	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0

$I \oplus \Gamma_8$

0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	1	1	0	0
0	0	0	1	1	1	1	0	0
0	0	1	1	1	1	1	0	0
0	0	1	1	1	1	1	0	0
0	0	1	1	1	1	1	0	0
0	0	1	1	1	1	1	0	0
0	0	1	1	1	1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0

$I \bullet \Gamma_8 = (I \oplus \Gamma_8) \ominus \Gamma_8$

1	1	1
1	1	1
1	1	1

Γ_8

La fermeture permet de boucher les trous ou les petites « encoches » sur les bords de l'objet.

LA FERMETURE MORPHOLOGIQUE

On peut voir la fermeture morphologique comme une **peinture du complémentaire de l'objet I avec un pinceau de la forme de \check{E}** : tous les endroits de I où \check{E} ne passe pas ne seront pas peints (et seront ajoutés à l'objet).

*Propriétés de la fermeture et de
l'ouverture*

PROPRIÉTÉS DE L'OUVERTURE ET DE LA FERMETURE

Quel que soit l'élément structurant, l'ouverture est anti-extensive et la fermeture est extensive.

$$\text{Pour tout } I \subseteq \mathbb{Z}^n \text{ et pour tout } E \subseteq \mathbb{Z}^n, \\ (I \circ E) \subset I \subset (I \bullet E)$$

PROPRIÉTÉS DE L'OUVERTURE ET DE LA FERMETURE

L'érosion et la dilatation possèdent ces propriétés seulement si l'élément structurant contient l'origine. Pourquoi pas la fermeture et l'ouverture ?

0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	1	1	0	0
0	0	0	1	0	1	1	0	0
0	0	1	1	1	1	1	0	0
0	0	0	1	1	0	0	0	0
0	0	1	1	1	1	1	0	0
0	0	1	1	1	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0

I

1	0	1
0	0	1
0	0	0

E

0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0

$(I \ominus E) \not\subset I$

0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	1	0	0	0
0	0	0	1	0	1	0	0	0
0	0	1	0	1	1	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	1	1	1	1	0	0	0
0	0	0	0	1	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0

$((I \ominus E) \oplus E) \subset I$

Si l'érosion fait « sortir » le résultat de I , la dilatation qui suit fera « rentrer » le résultat final dans I .

PROPRIÉTÉS DE L'OUVERTURE ET DE LA FERMETURE

L'ouverture et la fermeture sont toutes deux des **opérateurs croissants du point de vue de l'image** :

Si $A_1 \subset A_2$, alors

$$(A_1 \circ E) \subset (A_2 \circ E)$$

$$(A_1 \bullet E) \subset (A_2 \bullet E)$$

Du point de vue de l'élément structurant, **l'ouverture est décroissante** tandis que **la fermeture est croissante** :

Si $E_1 \subset E_2$, alors

$$(A \circ E_2) \subset (A \circ E_1)$$

$$(A \bullet E_1) \subset (A \bullet E_2)$$

PROPRIÉTÉS DE L'OUVERTURE ET DE LA FERMETURE

La dernière propriété de l'ouverture et de la fermeture, **qui est essentielle à connaître**, est **l'idempotence** :

Pour tout $I \subseteq \mathbb{Z}^n$ et pour tout $E \subseteq \mathbb{Z}^n$,

$$I \circ E = (I \circ E) \circ E$$

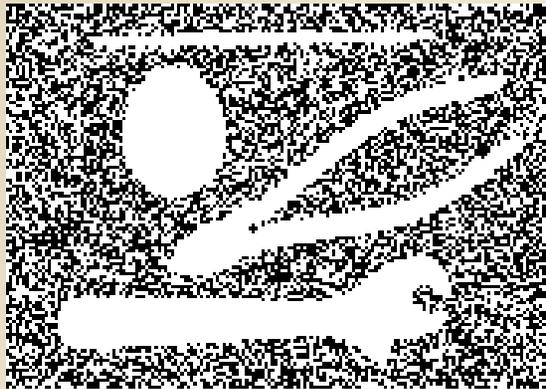
$$I \bullet E = (I \bullet E) \bullet E$$

Il **n'est pas utile** de répéter plusieurs fois une même ouverture ou une même fermeture sur la même image !

Cas pratiques

CAS PRATIQUE : SUPPRIMER DU BRUIT

Comment supprimer le bruit et extraire les outils de l'image ?



Im

```
Im = imread('tools_noise.png');  
D = strel('disk', 3);  
Op1 = imopen(Im, D);  
L = strel('line', 30, 0);  
Op2 = imopen(Im, L);  
Add = Op1 + Op2;  
Gamma4 = strel('diamond', 1);  
Op3 = imopen(Add, Gamma4);
```



Op1

Add

Op2

Op3

CAS PRATIQUE : SUPPRIMER DU BRUIT (2)

Comment supprimer le bruit et extraire les lettres de l'image ?



Im



$C = Im \cdot \Gamma_4$



$R = C \circ 2\Gamma_8$

```
Im = imread('bonjourbruit.png');  
Gamma4 = strel('diamond', 1);  
C = imclose(Im, Gamma4);  
DeuxGamma8 = strel('square', 5);  
R = imopen(C, DeuxGamma8);
```

CAS PRATIQUE : LES RÉSIDUS

Quelles parties de mon terrain où je faisais atterrir mon drone (voir diapo 55) puis-je vendre car elles ne me serviront jamais ?



Dr

```
Terrain = imread('trace.png');  
Dr = imread('drone.png');  
Op = imopen(Terrain, logical(Dr));  
R = Terrain - Op;
```

$R = \text{Terrain} - \text{imopen}(\text{Terrain}, \text{logical}(\text{Dr}))$

On s'intéresse uniquement aux parties du terrain qu'aucune partie du drone ne touchera jamais lors de l'atterrissage.

LES RÉSIDUS

On appelle généralement **résidu** la partie « modifiée » par une transformation morphologique.

Par exemple, le **résidu R de l'ouverture** d'une image I par un élément structurant E permet d'obtenir les parties de I éliminées par l'ouverture :

$$R = I \setminus (I \circ E)$$