

Conception conjointe optique/traitement pour imageurs compacts

Pauline Trouvé

Sous la direction de F. Champagnat, G. Le Besnerais
(ONERA/DTIM)

et J. Idier (IRCCyN)

Financement DGA

ONERA

THE FRENCH AEROSPACE LAB

retour sur innovation

Conception classique/ conception conjointe
Problématique
Extension de la profondeur de champ (EDOF)
Conclusion et perspectives

Principe :

Il n'est pas indispensable d'avoir une image en sortie de l'optique de très bonne qualité car certains défauts peuvent être corrigés par traitement

Intérêt :

- Diminution de l'encombrement
- Diminution du coût

Problématique : méthodes de co-conception

Choix d'un critère de qualité d'un imageur:

- Résolution
- Profondeur de champ
-

Extension de la profondeur de champ (EDOF)



Profondeur de champ : région de l'espace où les objets sont vus nets

Extension de la profondeur de champ (EDOF)



La PSF varie dans l'image selon la profondeur

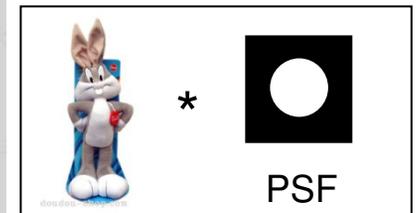
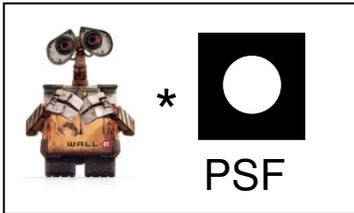
Profondeur de champ : région de l'espace où les objets sont vus nets

Extension de la profondeur de champ (EDOF)



Objectif : Obtenir une image nette d'objets placés à différentes profondeurs

Stratégie 1 : rendre la PSF invariante avec la profondeur



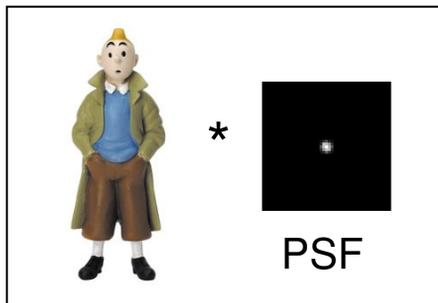
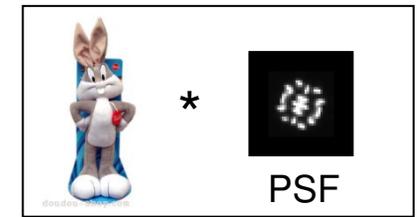
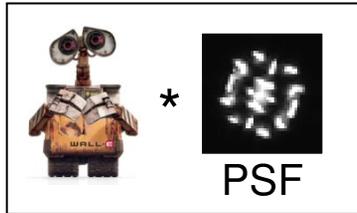
Une même déconvolution pour toute l'image

Résultat de la stratégie 1



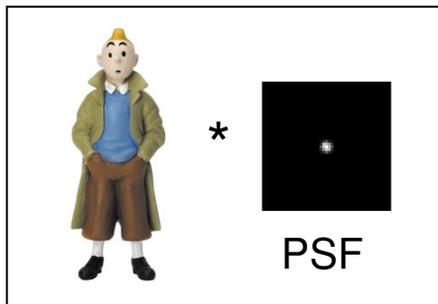
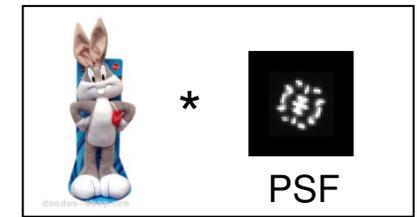
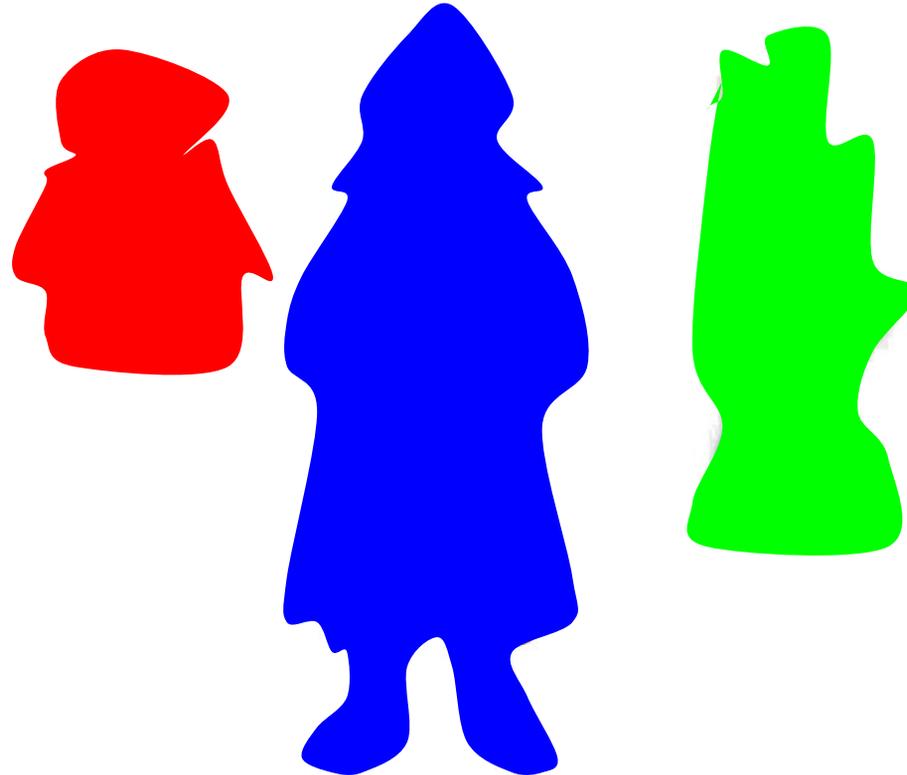
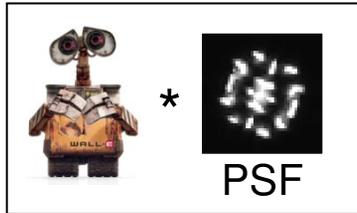
Une image de plus grande profondeur de champ

Stratégie 2 : accentuer la variabilité de la PSF



1. Identification locale de la PSF

Stratégie 2 : accentuer la variabilité de la PSF



1. Identification locale de la PSF
2. Segmentation de l'image en niveau de profondeur
3. Déconvolution locale

Résultat de la stratégie 2:



P3



P1



P2

Une image de plus grande profondeur de champ
Une carte des profondeurs de la scène {P1,P2,P3}

PSF variable

Solution optique:

- Pupille codée [Levin07]
- Chromatisme [Guichard09]

Traitement:

Identification de PSF
Segmentation de l'image
Déconvolution locale

Avantage :

Information 3D sur la scène

Inconvénient :

Traitements locaux complexes

PSF invariable

Solution optique:

- Codage du front d'onde [Cathey02]
- Optique non conventionnelle [Druart08]

Traitement:

Déconvolution globale

Avantage :

Un traitement pour toute l'image

Inconvénient :

Pas d'information sur la profondeur

PSF variable

Solution optique:

- Pupille codée [Levin07]
- Chromatisme [Guichard09]

Traitement:

Identification de PSF
Segmentation de l'image
Déconvolution locale

Avantage :

Information 3D sur la scène

Inconvénient :

Traitements locaux complexes

PSF invariable

Solution optique:

- Codage du front d'onde [Cathey02]
- Optique non conventionnelle [Druart08]

Traitement:

Déconvolution globale

Avantage :

Un traitement pour toute l'image

Inconvénient :

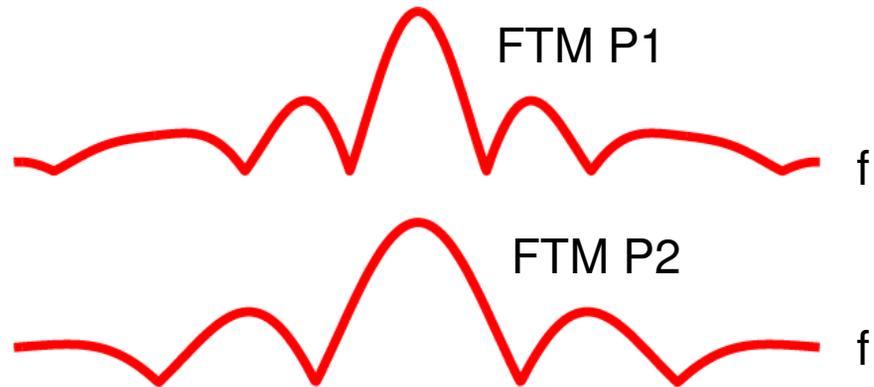
Pas d'information sur la profondeur

Pupille codée: [Levin07]



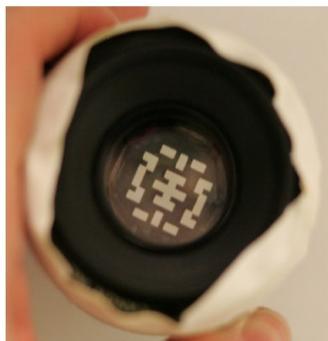
Construction d'une pupille qui favorise la discrimination en profondeur

Calibration des PSF nécessaire

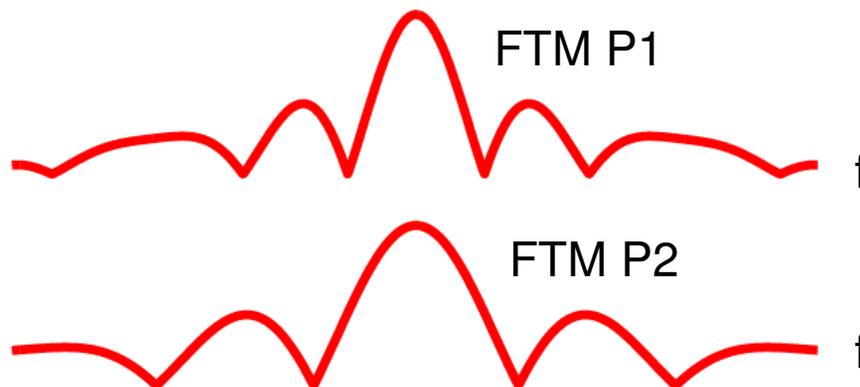


Solution optique

Pupille codée: [Levin07]

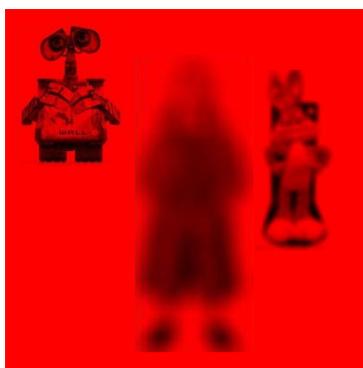


Construction d'une pupille qui favorise la discrimination en profondeur



Calibration des PSF nécessaire

Chromatisme : [Guichard09]



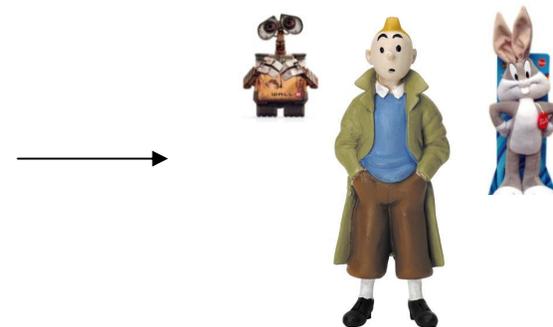
Canal R



Canal V

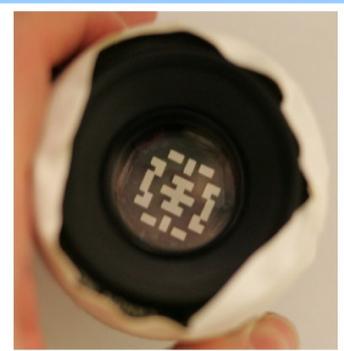


Canal B

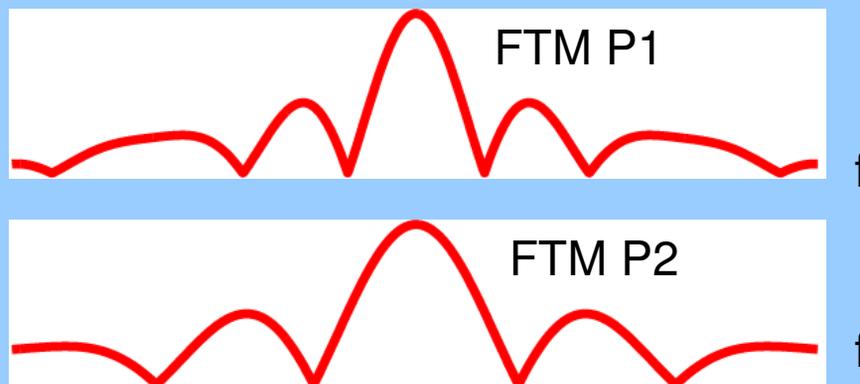


Solution optique

Pupille codée: [Levin07]

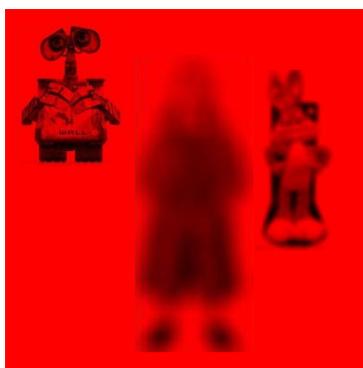


Construction d'une pupille qui favorise la discrimination en profondeur

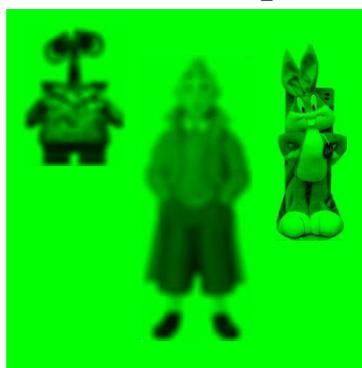


Calibration des PSF nécessaire

Chromatisme : [Guichard09]



Canal R



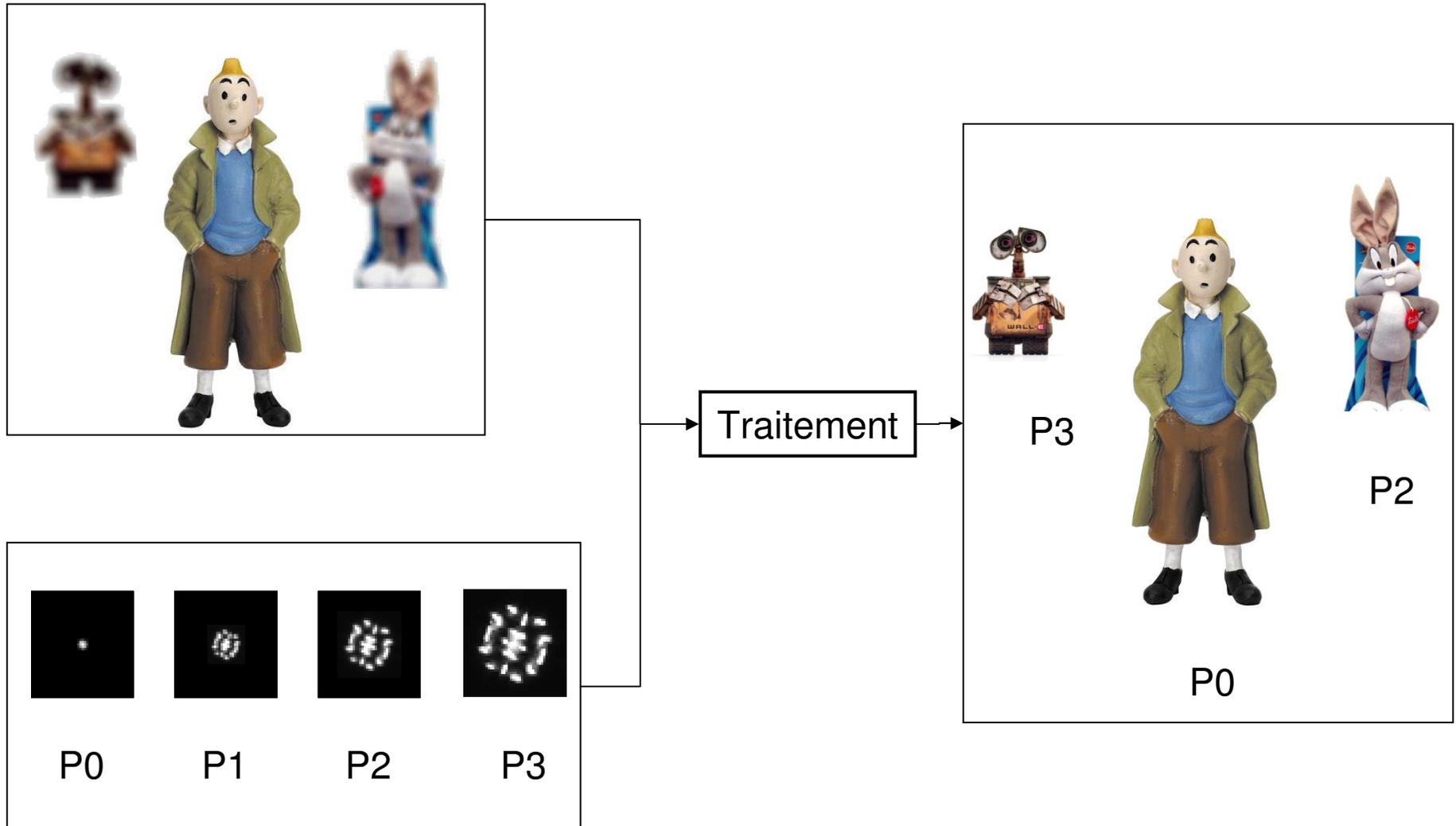
Canal V



Canal B



Position du problème inverse



Méthodes de résolution du problème inverse (1/2)

Problème du type:
$$y[k] = \sum_m h_k[k - m]x[m]$$

Problème de déconvolution aveugle mais $h_k \in \{h_{P1}, h_{P2}, \dots, h_d, \dots, h_{PN}\}$

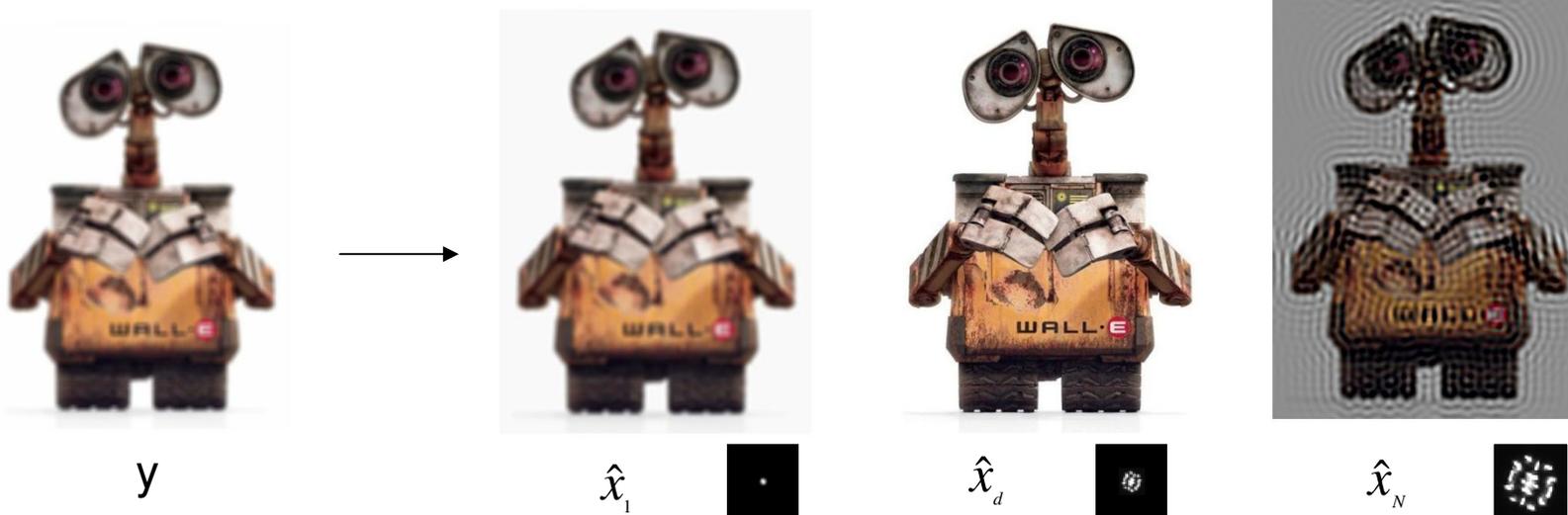
Méthodes de résolution du problème inverse (1/2)

Problème du type: $y[k] = \sum_m h_k[k - m]x[m]$

Problème de déconvolution aveugle mais $h_k \in \{h_{P1}, h_{P2}, \dots, h_d, \dots, h_{PN}\}$

1. Critère d'erreur de sortie régularisée [Levin 07 et 09]

Déconvolution de y par tous les h_k



$$E_i(d) = |y_i - (h_d * \hat{x}_d)_i|^2 + \alpha F_i(\hat{x}) \quad d_i = \arg \min_d E_i(d)$$

Méthodes de résolution du problème inverse (2/2)

2. S'inspirer des techniques de déconvolution aveugle avec pour objectifs :

1. Identifier h_d sur des fenêtres de l'image y
2. Estimer x

Marginalisation de la probabilité jointe par rapport à l'objet [Levin09]

$$p(y|h_a) = \int p(x, y|h_a) dx$$

Identification de h_d localement puis déconvolution à noyau variable

Marginalisation avec un a priori gaussien sur l'objet:

- Calcul du critère de validation croisée : Problèmes de bord à cause du fenêtrage
PSF non symétriques
- [Chakrabarti10] pour une PSF à 1D, avec régularisation de la carte de profondeur

Conclusion et perspectives

Conclusion:

L'extension de la profondeur de champ: un exemple de co-conception

La résolution du problème inverse demande de trouver une méthode fiable d'estimation locale de la PSF à partir d'un ensemble de PSF possibles

Perspectives:

- Tester les différentes méthodes d'identification de PSF avec une seule image
- Explorer la piste du chromatisme
- Utiliser plusieurs images défocalisées, comme en diversité de phase [Idier05]
- A long terme élaboration d'un prototype pour un projet interne à l'ONERA

Merci de votre attention