

# Détection d'impacts sur Mars à partir d'images Mars Reconnaissance Orbiter Context Camera

S. May

J. Baroukh

CNES, 18 Avenue Edouard Belin, 31401 Toulouse

stephane.may@cnes.fr  
julien.baroukh@cnes.fr

## Résumé

*Ce papier décrit les travaux relatifs à l'extraction d'impacts de météorites sur Mars avec des caractéristiques pseudo-Haar et apprentissage avec arbre de décision ou algorithme Random Forest. Ces travaux donnent des premiers résultats, et démontrent le potentiel de ce type d'approche pour la reconnaissance d'objets et d'impacts en particulier.*

## Mots Clef

Impact, météorite, pseudo-Haar, arbre de décision, Random Forest

## Abstract

*This paper presents how to extract meteorite impacts from MRO Context Camera (CTX) images with pseudo-Haar features. The learning process is achieved with decision tree and Random Forest. This preliminary work gives first results while using these methods, and demonstrates the potential of such approach to directly recognize particular objects and here meteorite impacts.*

## Keywords

Impact, meteorite, pseudo-Haar, decision tree, Random Forest

## 1 Introduction

### 1.1 Contexte et objectifs

En coopération avec la NASA et le DLR, le CNES développe la sonde Insight (INterior exploration using Seismic Investigations), sonde qui a pour but d'étudier la structure interne de Mars. Le CNES développe en particulier le sismomètre SEIS (Seismic Experiment for Interior Structures) qui permettra de mesurer l'activité tectonique de Mars.

Afin de compléter les mesures du sismomètre, il est proposé de localiser les impacts dus aux météorites sur le sol martien à partir des images issues des missions d'observation. L'objectif de travaux présentés dans ce papier est de pouvoir détecter automatiquement des impacts

dus aux météorites sur le sol martien.

Les impacts soulèvent des résidus autour du point d'impact, et par conséquent, des taches sombres se forment, avec des tailles variant de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres. Un compromis doit être trouvé entre résolution suffisante permettant de détecter les impacts et bonne couverture autour du point d'atterrissage de la sonde Insight. Les images disponibles proviennent de la mission MRO Mars Reconnaissance Orbiter de la NASA. Les images sont librement accessibles via le PDS de la NASA. La résolution varie est en moyenne autour de 6m. La résolution minimale vaut 5m. Des images plus résolues et issues du capteur MRO Hirise sont disponibles entre 30 et 60 cm. Cependant, ces images ne permettent pas une couverture globale de la surface martienne.

### 1.2 Caractéristiques des images et des objets

Lors des étapes de prétraitement, les images MRO Context Camera (CTX) sont rééchantillonnées à un pas égal à 5m. Les images comportent un seul canal panchromatique, codées sur 8 bits mais parfois avec des dynamiques faibles. Les images sont relativement bruitées, des artefacts d'égalisation radiométrique peuvent être constatés. Les images comportent 5056 colonnes, tandis que le nombre de lignes est très variables (la valeur moyenne est de 25000 lignes). Le nombre important d'images acquises, et le nombre élevé de pixels imposent la mise en place de méthodes automatiques ayant à la fois un bon taux de détection et un nombre de fausses alarmes très limité.

Les impacts sont actuellement analysés manuellement. Différents papiers ont recensé le nombre d'impacts selon la région Martienne [2]. On dénombre environ 400 impacts entre 2006 et 2016. Le problème est le suivant : un nombre élevé d'images, images relativement bruitées, de larges zones géographiques à couvrir, avec des événements rares à détecter tout en limitant le nombre de fausses détections. Les objets que nous cherchons à détecter sont particuliers : les tailles sont très variables, leur forme également varie selon l'angle d'incidence des météorites (figure 1). Ce sont des objets rares dans les images. Un impact dans un environnement peu texturée, avec peu de cratères anciens,

présente un fort contraste avec le paysage. Dans des environnements avec des cratères, la présence des ombres rend l'analyse plus complexe. Enfin, dans des paysages rocailloux, les images sont très texturées et la détection est complexe.

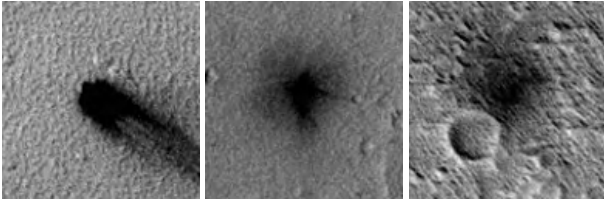


Figure 1: Exemples d'impacts

## 2 Description de la méthode

Différentes primitives peuvent être exploitées. L'un des facteurs de choix concerne le temps de calcul et éventuellement le volume de stockage d'images intermédiaires. Les primitives envisagées pour la reconnaissance des impacts sont : images filtrées avec banques de filtre de Gabor, caractéristiques pseudo-Haar, exploitations des HOG (histogram of Gradient).

Les primitives pseudo-Haar ont fait leur preuve pour la détection d'objets, la reconnaissance de visages [1]. Leur calcul est rapide, en particulier grâce à l'utilisation des images intégrales, qui permettent de calculer des moyennes sur des portions d'images tout en réduisant le nombre d'accès à l'image. Le fait que les impacts puissent avoir des tailles très variables militent en faveur de solutions où l'on puisse aisément exploiter des primitives avec des tailles variables. Les caractéristiques pseudo-Haar utilisées correspondent à celles proposées par Viola et Jones (figure 2). Les intensités des pixels dans chaque fenêtre sont additionnées. La différence entre ces sommes constitue une caractéristique.



Figure 2: Caractéristiques pseudo-Haar utilisées

Les caractéristiques (1) et (2) sont des descripteurs de contours. Les caractéristiques (4), (5), (6) et (7) sont des descripteurs de lignes. Enfin la caractéristique (8) peut extraire des éléments ponctuels.

Ces caractéristiques sont calculées sur les imagerie de taille 128x128 et sur des images dezoomées (4 niveaux d'images dezoomées avec un facteur 2). Pour chaque niveau, les caractéristiques (1), (2) et (3) sont calculées avec une taille de 4x4 pixels, tous les 4 pixels dans l'imagerie. Les caractéristiques (4), (5) et (8) sont calculées avec une taille de 6x6 pixels, tous les 3 pixels dans l'imagerie. Enfin, les caractéristiques (6) et (7) sont calculées avec une taille de 8x8 pixels tous les 4x4 pixels dans

l'image. Pour chaque imagerie, on obtient au final 10365 primitives.

On a ainsi utilisé 486 images comportant des impacts. Une vérité terrain des impacts sur un sous-ensemble de ces images (164 images) a été établie. On a ainsi sélectionné 148 impacts et créé des imagerie de taille 128x128 pixels avec des impacts centrés. Ces vignettes représentent les exemples positifs pour l'apprentissage. Des vignettes de même taille mais ne contenant pas d'impact sont extraites des images avec des positions aléatoires. Ces vignettes représentent les exemples négatifs pour l'apprentissage.

On utilise 118 vignettes d'impacts pour l'apprentissage, et 30 vignettes pour l'évaluation de performances. On utilise 5000 vignettes d'exemples négatifs pour l'apprentissage, et 5000 autres vignettes pour l'évaluation des performances. L'apprentissage est réalisé avec un algorithme d'arbre de décision (profondeur égale au nombre de primitives), et un algorithme Random Forest.

## 3 Résultats et discussions

Les résultats obtenus à l'issue de l'apprentissage sont indiqués dans le tableau 1.

	Decision Tree		Random Forest	
	Positifs	Négatifs	Positifs	Négatifs
Vérité Positifs	22	8	21	9
Vérité Négatifs	46	4954	16	4984

Table 1: Performances

Pour chacun des cas, on obtient un taux de détection de 70%, pour un taux de fausse alarme égal à 0.32%. Bien qu'un certain nombre d'impact soient manqués, ces valeurs sont encourageantes pour la suite des travaux.

## 4 Conclusion et perspectives

Ce papier décrit des travaux préliminaires relatifs à l'extraction d'impacts de météorites sur Mars avec des caractéristiques pseudo-Haar et apprentissage avec arbre de décision. Les premiers résultats sont encourageants.

Des améliorations seront apportées via une extension du nombre d'images positives pour l'apprentissage avec des images d'impacts ainsi que des cratères. Le nombre de primitives actuel est trop grand relativement au nombre d'échantillons positifs. Une réduction de dimension sera réalisée ainsi qu'une sélection des meilleures caractéristiques. Enfin, ces algorithmes seront appliqués sur des images complètes, afin de valider la méthode à grande échelle.

## References

- [1] Viola et Jones, Rapid object detection using a boosted cascade of simple features, *Computer vision and pattern recognition*, 2001.
- [2] Daubar et al, The current martian cratering rate, *Journal Icarus*, Vol. 225, pp. 506-516, 2013.