

Observations des Sprites

S. Celestin et M. Garnung

LPC2E, Université d'Orleans, CNRS, Orleans, France

11/05/2017

Introduction: les évènements lumineux transitoires (TLE)

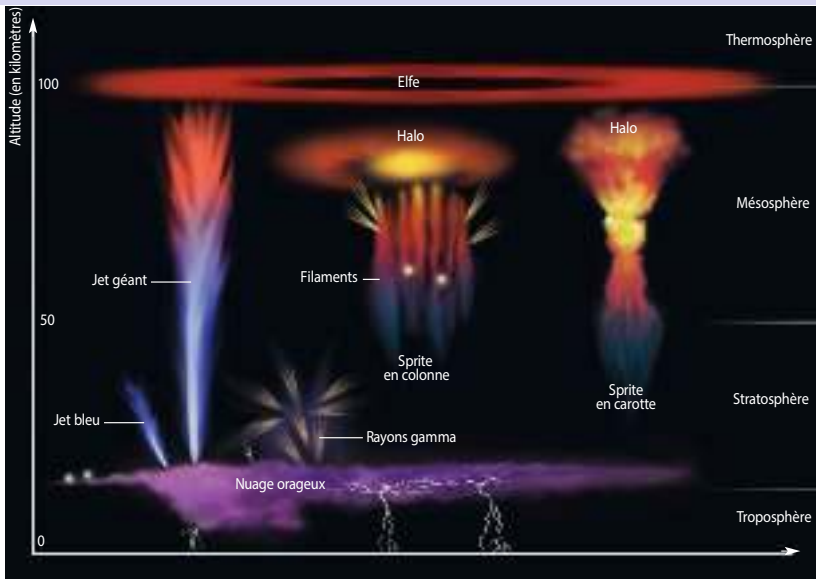


Figure adaptée de [Blanc et Farges, Pour la Science, 416, 48, 2012].

Introduction: les évènements lumineux transitoires (TLE)

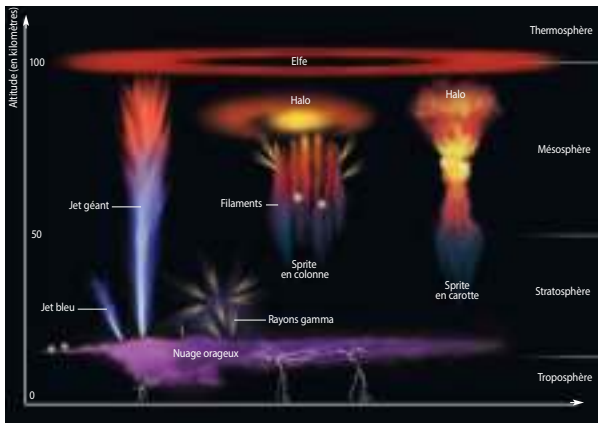


Figure adaptée de [Blanc et Farges, Pour la Science, 416, 48, 2012].

- Les évènements lumineux transitoires (TLEs) sont des phénomènes optiques de grandes dimensions dans la stratosphère, la mésosphère, et la thermosphère directement associés à l'activité électrique d'un orage.
- Ce sont des manifestations lumineuses des couplages électrodynamiques entre les couches de l'atmosphère.

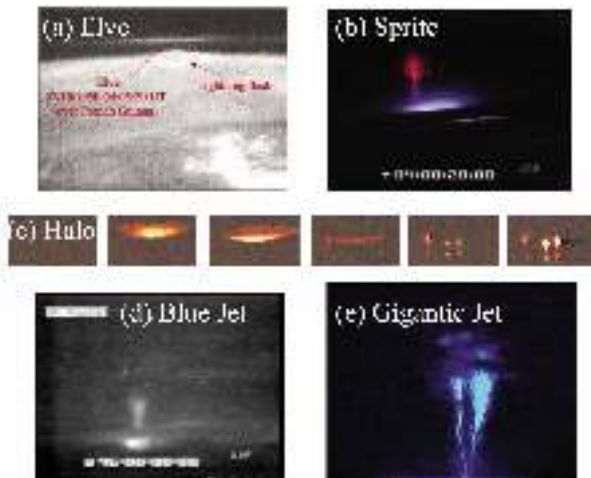
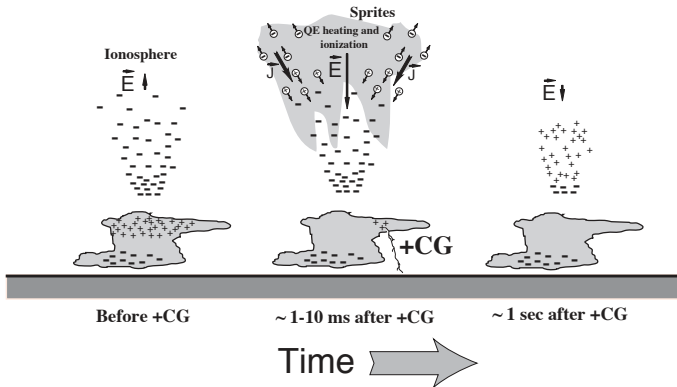


Figure reproduite de [Pasko et al., JGR, 115, A00E35, 2010, Figure 1].

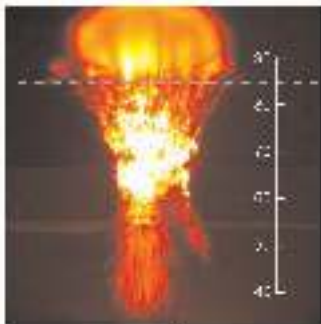
- Occurrence globale des sprites: ~ 1 event/min [Chen et al., JGR, 113, A08306, 2008].
- Halos: ~ 1 events/min.
- Elves: ~ 35 events/min.

Phénoménologie du déclenchement d'un sprite

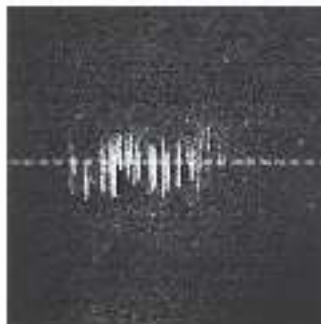


Reproduit de [Pasko et al., JGR, 102, 4529, 1997, Figure 2].

Sprite morphology



Carrot sprite
[Peters and Stenose, *Nature Geophys.* 2011, 6, 202]



Columnar sprites
[Stenose et al., *ASTROPHYS. J.*, 1996]

Carrot and column sprites

- **Problématiques:** mécanisme d'initiation, rôle des inhomogénéités ionosphériques (causées par les météores?), filamentation, propagation, morphologie, spectroscopie, effets globaux (chimie de l'atmosphère, GEC, perturbation ionosphériques, impact sur la propagation des ondes radio, etc).

Vidéos de sprites à 1000 fps

Sprite carotte au large de l'île de Ré. L'évènement est associé à un éclair +CG générant un courant pic de 139 kA. (Long.: 46.0790, Lat.: -2.2735). Dispositif: caméra Watec 902H2 et UFOCapture.

Différences entre sprites et météores

	Méteore	Sprite
Temps d'observation	\simeq qq. sec	\simeq 33 ms
Trajectoire	Dynamique	Statique
Luminosité	Forte	Variable
Géométrie	"Point"	"Surface"
Occurence	Partout sur Terre	Orages
Bruit	Aéronefs, Étoiles, Bâtiments, Lumières	

Comparaison des propriétés d'observation entre les météores et les sprites

Quelques difficultés et quelques solutions

Contraintes

- Peu mesure de ce type (All Sky) publiées
- Événements très rapides
- Complexité géométrique
- Pas d'interférence avec freeture
- Minimisation du temps de calcul

Réponses

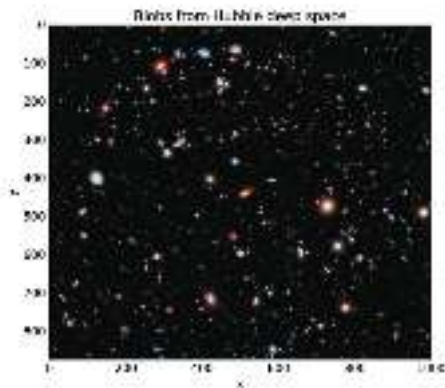
- Utilisation d'un modèle pour imitier l'aspect fisheye
- Exploitation de la géométrie du sprite en "fisheye"
- Code "chirurgical"
- SIMD, MT, GPU

Algorithme de déclenchement

L'idée de base s'appuie la
Différence de Gaussiennes (DoG)

Consiste à créer une pile d'image
consistée de la différence de
deux images précédemment
floutées par un filtre gaussien de
largeur σ

Dans cette pile, on recherche les
maximums locaux de chaque
image



Blobs vu par Hubble.

Algorithme de déclenchement

- Notre implémentation utilise la DoG
- Cependant, le bruit de la caméra est un problème
- Adaptation de l'algorithme pour prendre en compte le bruit

Hypothèse semi-empirique

On suppose que les points d'intérêt sont corrélés spatialement

Solution

Procédure de filtrage basée sur un seuillage relatif
Calcul des distributions spatiales

Mais

Comment évaluer la détection ?

Différents estimateurs statistiques utilisés :

- Ecart-type : Dispersion de la distribution spatiale → Hors du sprite
- Distance à la moyenne : Barycentre du système de points → Hors du sprite

Solution

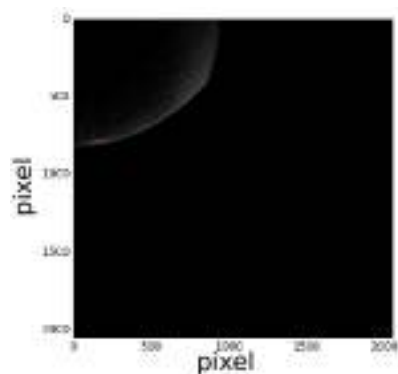
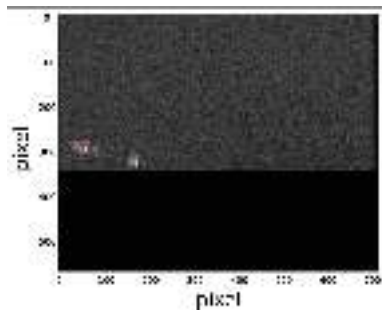
MAD (Median Absolute Deviation)

$$\text{MAD}(X) = \text{median} \{|X - \text{median}\{X\}|\}$$

- Complexité en $\mathcal{O}(n \log(n))$
- Faible taux de faux positifs

- Notre jeu de données provient d'une caméra Watec 902H2
- Très différents des caméras FRIPON (objectif fisheye, résolution, gain, exposition...)
- Différence majeure : la géométrie de l'objectif
- Présente des avantages pour la détection (ROI, intensité lumineuse)
- Comportement de l'algorithme pas connu en pratique

Besoin de campagne pour affiner notre algorithme



Détection avec données Watec (gauche) et transformées (droite). Le cercle rouge indique la position de la MAD de la détection

Conclusions

- L'algorithme que nous avons développé se base sur la DoG, le seuillage par histogramme et la MAD
- Cohabitation possible avec la detection des météores
- Code optimisé et prêt pour les campagnes

Perspectives

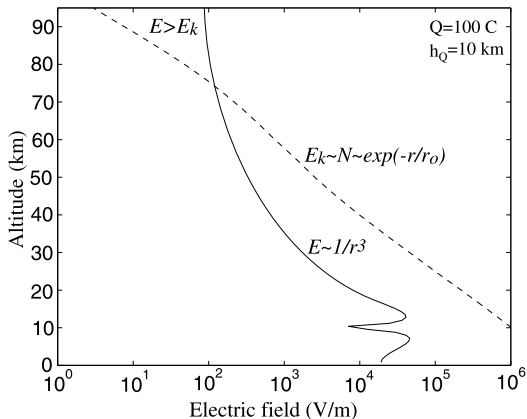
- Campagne très prochainement en dehors d'Orléans
- Rétroaction sur l'algorithme
- Développement d'une nouvelle approche à base de FFT (en cours)
- Offre une approche inédite et novatrice pour l'étude des sprites

Merci de votre attention.

Ces travaux sont financés par le CNES.

Les données éclairs ont été obtenues grâce à Serge Soula (OMP, Université de Toulouse, France), Torsten Neubert (DTU Space, Danemark), et Olivier Chanrion (DTU Space, Danemark) via Vaisala Global Lightning Dataset (GLD) 360. La caméra a été opérée par M. Ihaddadene (ancien doctorant du LPC2E).

Halos and sprites



Adapted from [Pasko, JGR, 115, A00E35, 2010]

Prediction of large-scale gas discharge events above thunderstorms by the Nobel Prize winner C.T.R. Wilson in 1925.