

optique par exemple. En ce sens, l'exploitation de capteurs CCD ou CMOS pour la détection de rayons cosmiques nous semble pertinente dans le contexte de la méthode de coïncidence : nous n'allons pas nous contenter d'observer le comportement d'un unique pixel, mais aussi de ses voisins lors de l'interaction avec une gerbe de particules (multitude de points allumés simultanément) ou si une particule interagit en incidence oblique (trace allongée).

Nos expériences en ce sens nécessitent des appareils capables d'enregistrer des photographies en pose longue (Bulb), uniquement accessible à notre connaissance sur les modèles réflexes haut de gamme. Nous avons donc expérimenté avec les Nikon D5100 et D3200. Quelques exemples de mesures acquises sur des temps de pose de 10 minutes, en plaçant l'appareil photographique dans un environnement aussi sombre que possible, en gain de 1600 ou 3200 ISO, sont proposés sur la Fig. 10. Nous attribuons les pixels lumineux dans les conditions d'obscurité à des interactions avec une gerbe de particules issue de rayons cosmiques [24] sans avoir étudié plus précisément la nature de ces interactions ou les causes autres telles que des effets purement électroniques du capteur.

Le nombre de pixels illuminés sur des temps de pose de 10 minutes varie de 0 à 7 pour nos expériences. Nous ne nous sommes pas efforcés de reproduire toutes les expériences citées ci-dessus sur les appareils photographiques, si ce n'est une tentative grossière de mesure de coïncidence en superposant les deux appareils qui ne donne pas de résultat convaincant. Nous avons évidemment vérifié que ces traces ne sont pas attribuables à des pixels défectueux (la position et la forme de la trace varie d'une photographie à une autre), et un nombre aussi conséquent d'interaction des capteurs optiques avec des particules cosmiques laisse même dubitatif quant à la capacité de nos processeurs de fonctionner sans protection contre les rayonnements ionisants.

Les illustrations de la Fig. 10 sont obtenues par traitement d'image : nous acquérons un certain nombre de photographies en exposition longue (mode Bulb, 10 minutes de temps de pose), gain élevé (1600 ou 3200 ISO), et chargeons ces images dans GNU/Octave (fonction `imread()` pour charger les images au format JPEG, puis `rgb2gray()` pour passer de la couleur aux tons de gris). Une recherche automatique des points intéressants s'effectue par `[u,v]=find(image>200)`; pour identifier les coordonnées des pixels clairs sur l'image (intensité supérieure à 200 sur une échelle de 8 bits), et les vignettes autour de ces points dignes d'intérêt sont tracées par `imagesc()`. La majorité des photographies contient au moins 2 traces de particules. Chaque image de la Fig. 10 est donc une vignette sur une zone de  $\pm 30$  pixels extraite de la photographie initiale de 16 ou 24 Mpixels, centrée sur un événement identifié comme intéressant par seuillage sur l'intensité lumineuse.

## 7.2 Utilisation des capteurs optiques équipant les téléphones portables

Les smartphones sont devenus de véritables appareils photographiques qui, malgré une qualité optique médiocre, sont équipés de capteurs CMOS présentant un nombre de pixels digne de beaucoup d'appareils photographiques dédiés. Il semble donc naturel, compte tenu de l'évolution de notre démarche, de considérer l'utilisation de ces capteurs pour la détection de rayonnements ionisants. Une rapide recherche dans la littérature [25] indique que plusieurs applications ont déjà été écrites en ce sens. Malheureusement, un objectif orienté plus vers la radioprotection que vers l'analyse scientifique des mesures rend la majorité de ces programmes d'un intérêt technique restreint, tandis que les auteurs de [25] ont décidé de ne pas publier leur logiciel au public. Radioactivity Counter<sup>3</sup> est un logiciel propriétaire commercial qui



Figure 11 : Montage pour la détection de rayonnements ionisants par le capteur optique d'un téléphone mobile : la lentille est couverte d'un scotch métallisé opaque à la lumière. Droite : mesure en cours en présence d'une source de rayonnement qu'est une montre aux aiguilles couvertes de radium.

<sup>3</sup> <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.rdklein.radioactivity&hl=en>