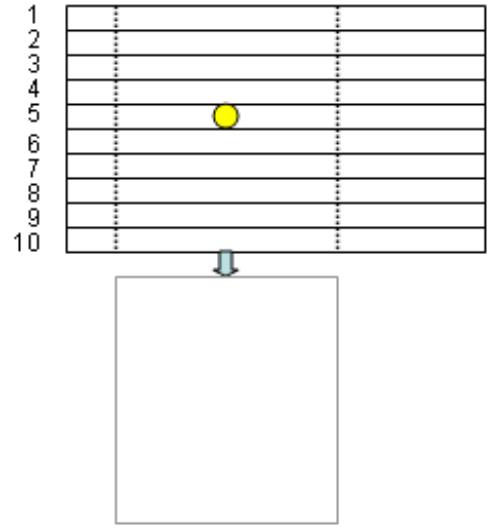
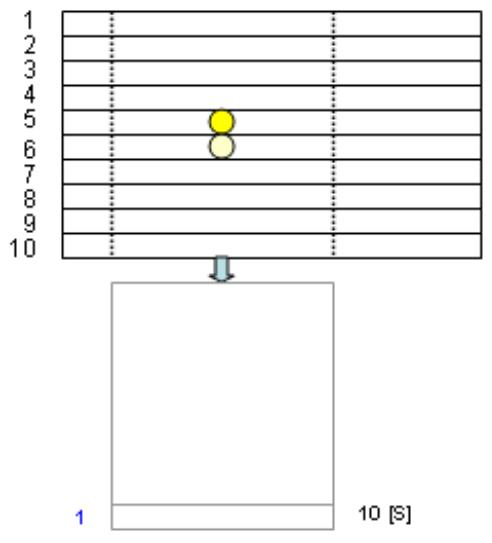


Technique du drift-scan

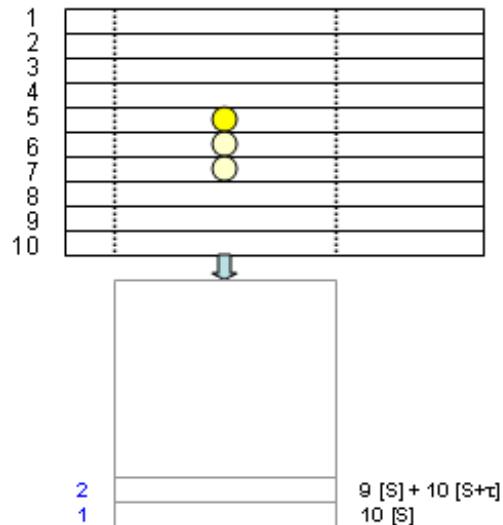
Philippe Deverchère

Octobre 2006

L'objectif de ce petit article est de comprendre dans le détail la technique du drift-scan dans le cadre des occultations d'étoiles par des astéroïdes. Utilisons des schémas pour représenter pas à pas ce qui se passe lors d'un drift scan. Supposons que l'on possède une caméra CCD avec 10 lignes de pixels et que l'on réalise un drift-scan pour surveiller la luminosité d'une étoile grossièrement centrée sur la matrice CCD. Voyons maintenant ce que notre image drift-scan va montrer étape par étape.

<p style="text-align: center;">$t=S$</p>  <p>A 10x10 grid of pixels. The y-axis is labeled 1 to 10. A yellow dot is positioned at pixel (5,5). A blue arrow points downwards to a blank white frame below the grid.</p>	<p>Le schéma de gauche montre notre étoile à peu près centrée sur la matrice CCD. On a défini la largeur de notre zone de drift-scan (en pointillés sur la figure) et les pixels en dehors de cette zone seront ignorés. A l'instant $t=S$, on expose notre première image. La durée de l'exposition est notée τ. Le drift-scan est pour l'instant vide, i.e. il n'a reçu aucune ligne de la part de la caméra CCD.</p>
<p style="text-align: center;">$t=S+\tau$</p>  <p>A 10x10 grid of pixels. The y-axis is labeled 1 to 10. A yellow dot is at pixel (5,5) and a grey dot is at pixel (6,5). A blue arrow points downwards to a blank white frame below the grid.</p>	<p>A l'instant $S+\tau$, toutes les lignes de la caméra CCD sont décalées d'une position vers le bas la matrice. L'image de l'étoile qui se trouvait sur la ligne 5 du CCD est transposée sur la ligne 6. Notre image de drift-scan a reçu sa première ligne (numérotée en bleu sur la gauche). Cette première ligne du drift-scan correspond à la 10^{ème} ligne de la caméra exposée à l'instant S. On note donc cette première ligne du drift-scan :</p> <p style="text-align: center;">10 [S]</p> <p>On remarque que notre drift-scan ne voit pas encore l'étoile puisque la ligne du CCD possédant de l'information sur l'étoile n'a pas encore atteint le bas de la matrice CCD.</p>

$t=S+2\tau$

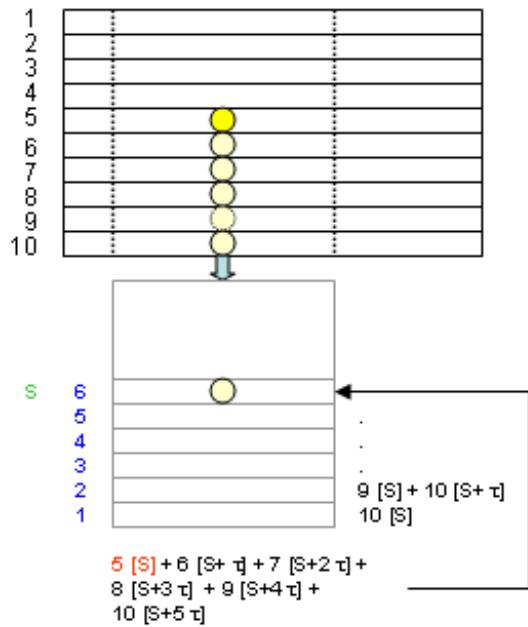


A l'instant $S+2\tau$, un nouveau décalage a lieu sur les lignes de la caméra et le drift-scan a reçu une seconde ligne notée :

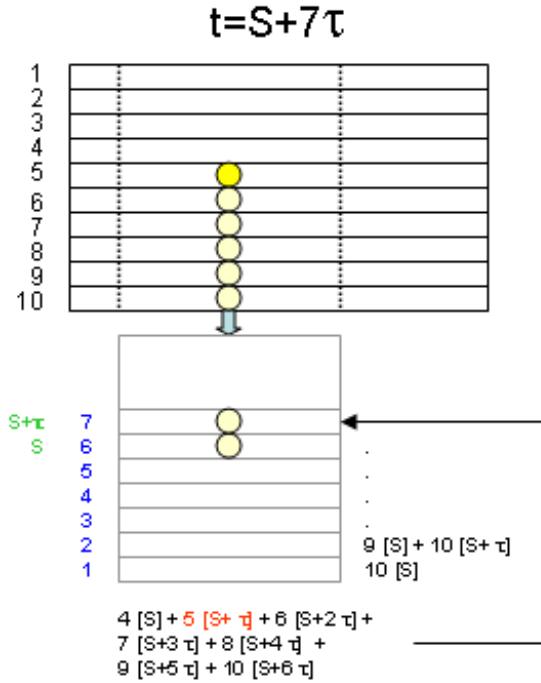
$$9 [S] + 10 [S+\tau]$$

Il s'agit en effet d'une combinaison de l'exposition de la ligne 9 du CCD à l'instant S et de l'exposition de la ligne 10 à l'instant $S+\tau$. L'étoile n'apparaît toujours pas sur le drift-scan. Sur la matrice de la caméra CCD, l'étoile continue de « voyager » vers le bas.

$t=S+6\tau$



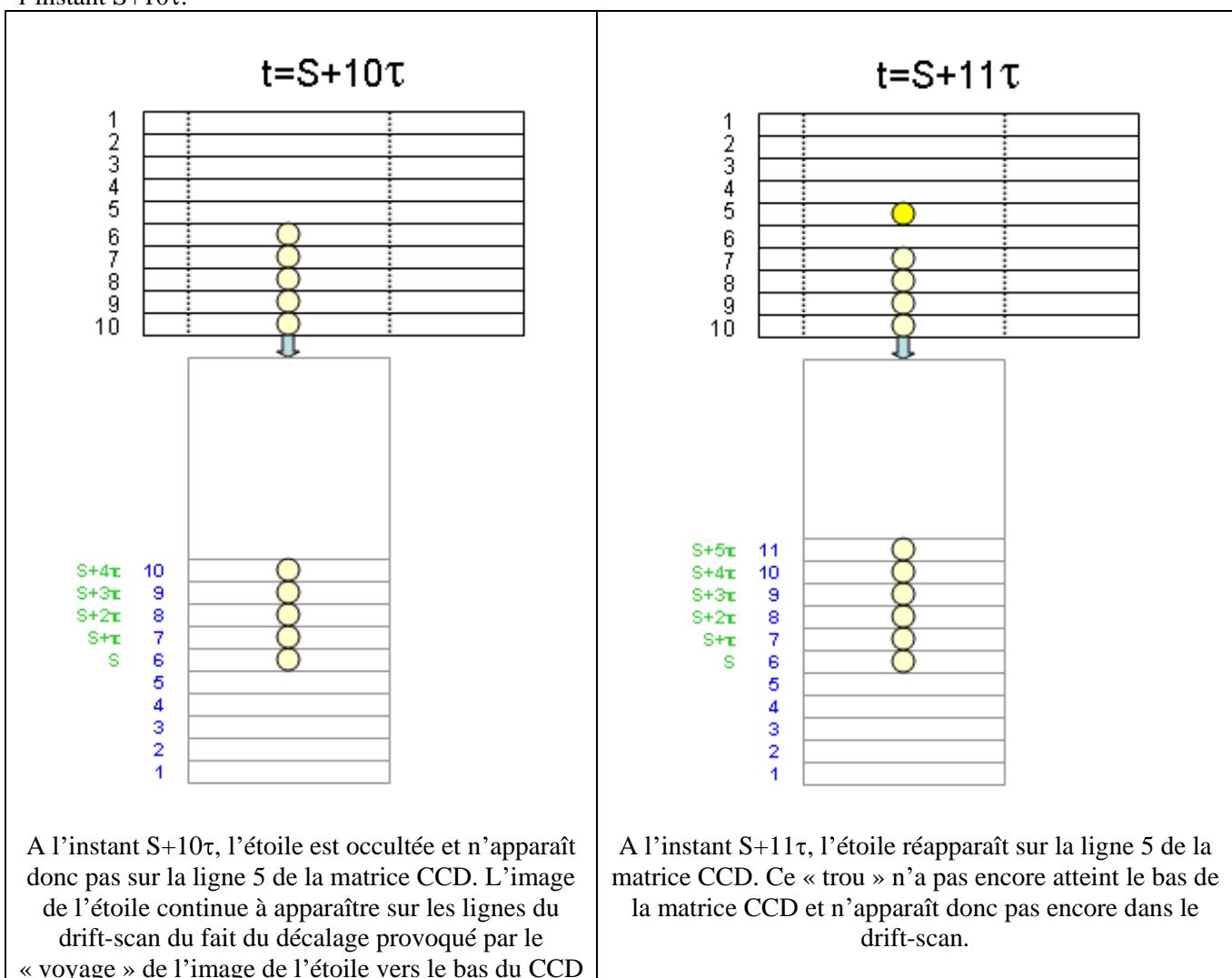
A l'instant $S+6\tau$, l'image de l'étoile apparaît enfin sur le drift scan à la ligne 6 ! Cette ligne est la combinaison de 6 expositions, la première de ces expositions étant celle de la ligne 5 du CCD à l'instant S (en rouge sur la figure) et la dernière étant celle de la ligne 10 du CCD à l'instant $S+5\tau$. **Cette ligne 6 du drift-scan représente donc l'image de notre étoile à l'instant S.** Elle témoigne de ce qui s'est passé à l'instant S pour notre étoile et on fera donc un lien entre cette ligne du drift-scan et l'instant S (en vert à gauche du drift-scan sur la figure).



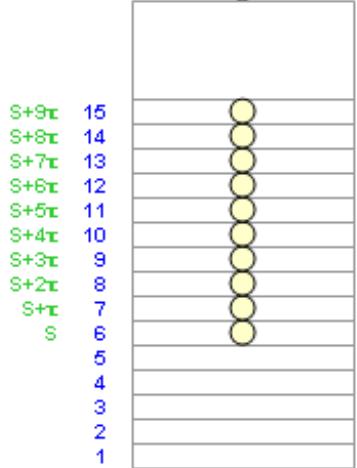
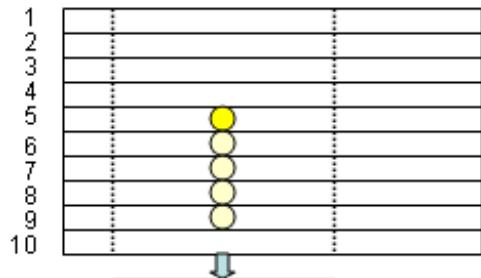
A l'instant $S+7\tau$, une nouvelle ligne est ajoutée au drift scan et cette ligne contient l'information sur l'étoile obtenue sur la ligne 5 du CCD à l'instant $S+\tau$. (en rouge sur la figure). La ligne 7 du drift-scan possède donc de l'information sur l'étoile à l'instant $S+\tau$ (en vert sur la figure).

On voit donc que notre drift-scan apporte des informations sur notre étoile avec un décalage correspondant au nombre de lignes qui séparent notre étoile du bas de la matrice CCD. Dans notre cas, il s'agit de 5 lignes.

Imaginons maintenant que notre étoile subit une courte occultation et voyons ce qui va se passer sur notre drift-scan. Pour simplifier l'explication, on supposera que l'occultation se produit exactement sur une durée τ à l'instant $S+10\tau$.

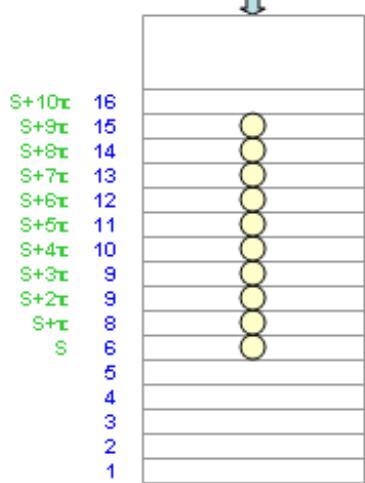
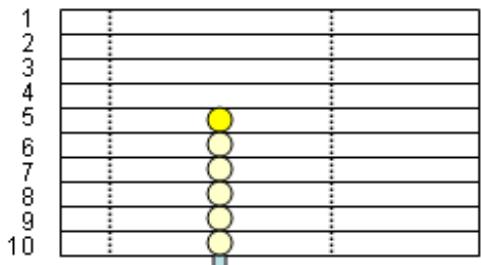


$t=S+15\tau$

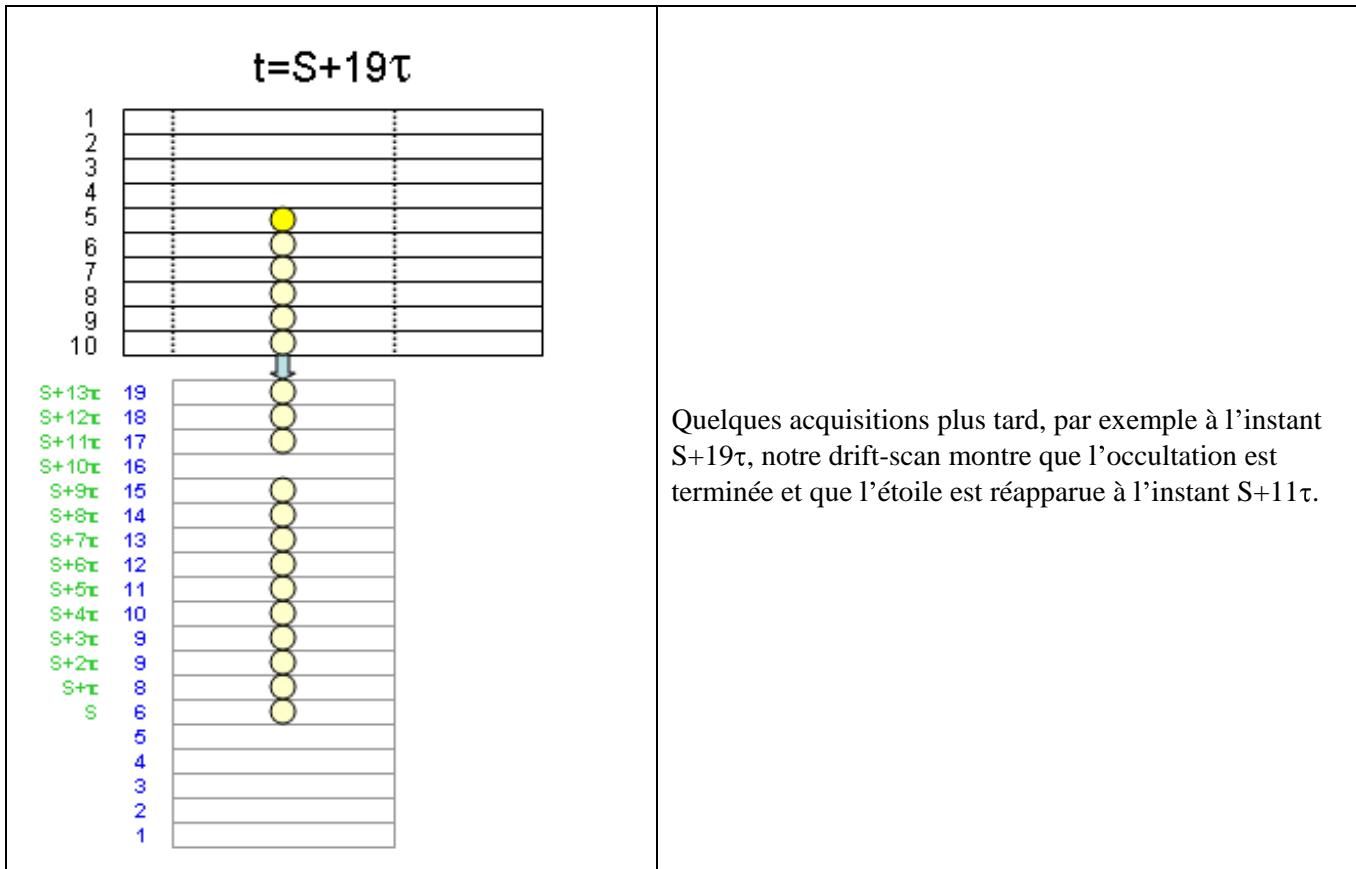


A l'instant $S+15\tau$, notre « trou » a atteint le bas de la matrice CCD et se prépare à entrer dans le drift-scan.

$t=S+16\tau$



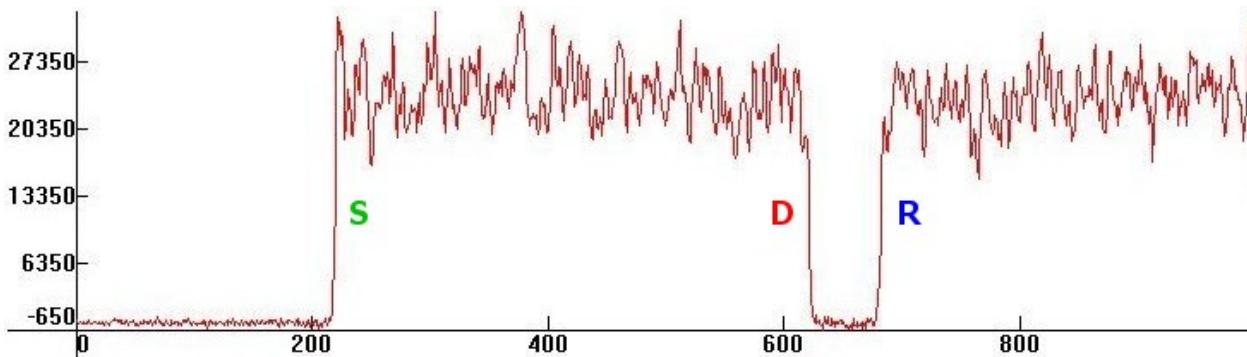
A l'instant $S+16\tau$, le « trou » (l'occultation) est entrée dans le drift-scan. On constate bien que cette 16^{ième} ligne du drift scan contient bien de l'information (en l'occurrence une information d'occultation) qui a été acquise à l'instant $S+10\tau$.



On voit donc que l'analyse du drift-scan va nous permettre de mettre en correspondance une ligne donnée du drift-scan avec l'instant de début de l'acquisition. Dans notre petit exemple, **on met en correspondance la ligne 6 du drift-scan avec l'instant S**. On peut dire qu'en quelque sorte on a « étalonné » notre drift-scan puisque l'instant S est supposé connu (c'est l'heure exacte de démarrage de l'acquisition du drift-scan correspondant à l'ouverture de l'obturateur de la caméra CCD).

Une fois cet étalonnage réalisé, la mesure des lignes du drift-scan où l'étoile disparaît puis réapparaît va nous permettre de calculer les instants exacts de début et de fin d'occultation. Dans notre exemple, l'étoile disparaît à l'instant $S + 10\tau$ car on compte 10 lignes où l'étoile est visible avant de disparaître. De même, l'étoile réapparaît à l'instant $S + 11\tau$.

On dérive de l'image de drift-scan un profil photométrique qui a l'allure suivante :



Ce profil photométrique de l'occultation peut maintenant être interprété en calculant :

- La ligne précise correspondant au point S d'apparition de l'étoile sur le drift-scan (c'est l'étalonnage) sachant que l'on connaît l'instant de cet évènement (c'est tout simplement l'instant auquel on a réalisé la première image du drift-scan) ;
- La ligne précise correspondant au point D de disparition de l'étoile. On en déduira immédiatement l'instant de cette occultation puisque l'on connaît la ligne du point S et son instant associé, ainsi que le temps de ligne ;

- La ligne précise correspondant au point R de réapparition de l'étoile. On en déduira immédiatement l'instant de cette réapparition puisque l'on connaît la ligne du point S et son instant associé, ainsi que le temps de ligne ;

En final, on obtient bien les instants précis de disparition et de réapparition de l'étoile.