

---



---

 BUP PRATIQUE – BUP PRATIQUE – BUP PRATIQUE – BUP PRATIQUE
 

---



---

## Évaluation de la vitesse de propagation des ondes électromagnétiques à partir d'images de télévision

par Jean-Claude PIVOT  
 Lycée Le Castel - 21000 Dijon  
 mél : jcpivot@aol.com

### RÉSUMÉ

*La mesure de «c», telle qu'elle est présentée dans le BUP n° 759 (décalage horaire entre deux ondes radio), n'est pas toujours possible : éloignement des émetteurs GO ou(et) FM, zone de silence, FM acheminée par câble jusqu'au réémetteur local.*

*Une solution de secours existe en utilisant la réception de TFI ou de France 2 par une antenne parabolique (Télécom 2B 5° ouest) d'une part et par une antenne traditionnelle Yagi (voie hertzienne) d'autre part. La différence de chemin de l'ordre de 76 200 kilomètres engendre le décalage du son (environ 260 ms) déjà évoqué, mais aussi celui de l'image observable à chaque changement de plan (document 1). L'exploitation ne peut être envisagée que dans le cadre de la Spécialité en terminale S.*

Pour faire le décompte du nombre d'images de décalage entre la réception satellite et la liaison directe, on peut filmer au caméscope deux téléviseurs reliés aux deux types d'antennes et placés côte à côte. Le film est ensuite transféré en VHS standard pour être lu enfin sur un magnétoscope de salon permettant la lecture «image par image».



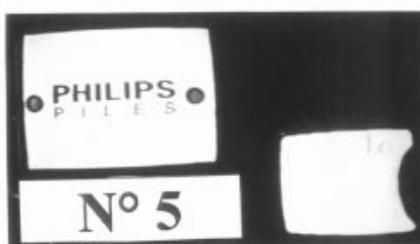
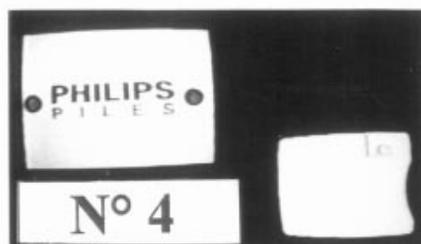
**Document 1 «Série B» :** Le changement de plan est effectué sur le petit téléviseur (Yagi) et n'est par encore intervenu sur le grand (parabole). La photo est celle d'un arrêt sur «l'image» au cours de la projection du film sur un troisième téléviseur, ce qui explique sa médiocre qualité. La photo est prise avec un appareil automatique à obturateur à iris, sans flash et avec une pellicule peu sensible.

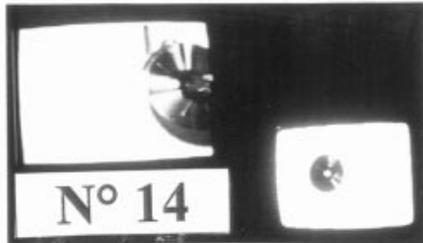
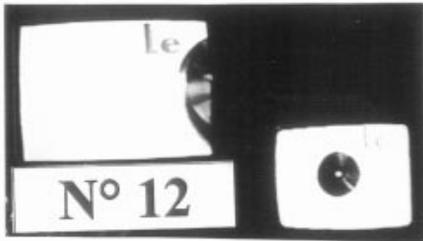
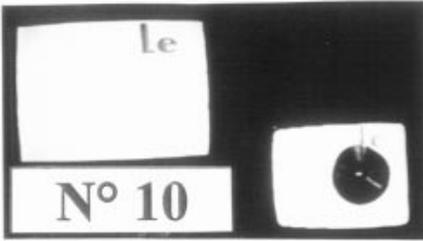


**Documents 2 et 2 bis «Le Tour de France» :** La position de la bande d'information qui apparaît par le bas de l'écran, l'attitude du coureur et la modification du décor montre le décalage des deux écrans. Si la vitesse du cycliste est de 36 km/h soit 10 m/s, il y a 2,6 m d'écart entre les deux décors ; le plus ancien est celui de gauche (parabole).

Il est tentant de faire le décompte des images au cours d'un changement de plan pour estimer le décalage horaire entre les deux émissions. L'expérience, très simple à réaliser, révèle de nombreux problèmes liés au mode de formation d'une image de télévision, à celui de la prise de vue avec un caméscope à cellule CCD et à la production des images originales.

**Document 3** (seize photos - voir page ci-contre et page suivante) : Cette publicité très courte (moins de cinq secondes) et très dépouillée est filmée sur les deux téléviseurs avec un caméscope en mode standard. L'enregistrement est transféré en VHS pour être lu par un magnétoscope permettant la lecture «image par image». Cette lecture donne les seize photos du document.





### ANALYSE DU DOCUMENT 3

#### *Photo n° 0*

Le grand téléviseur (parabole) donne la même image que le petit, c'est la dernière occasion avant le changement de plan qui se manifeste par l'apparition d'un «LE» dans le coin droit du téléviseur en liaison directe : photos n° 1-2-3.

Le changement de plan n'intervient sur le grand écran qu'à la photo n° 7, soit avec **6 images** de retard.

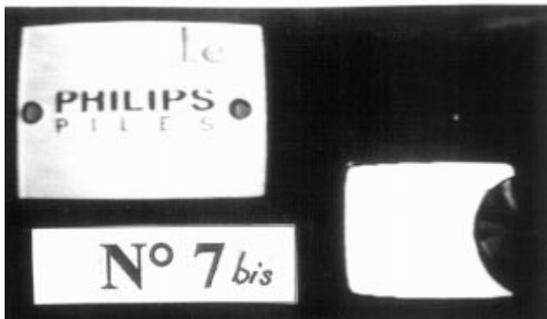
#### *Photo n° 4*

Un disque apparaît par la droite du petit écran. Il n'est observé sur le grand qu'à la photo n° 11, soit **7 images** plus tard.

Un raisonnement quelque peu rapide donne un décalage moyen (!) de 6,5 images soit  $6,5 \times 1/25 = 260$  ms.

Un examen plus approfondi est peut être possible dans le cadre de l'enseignement de spécialité en terminale S.

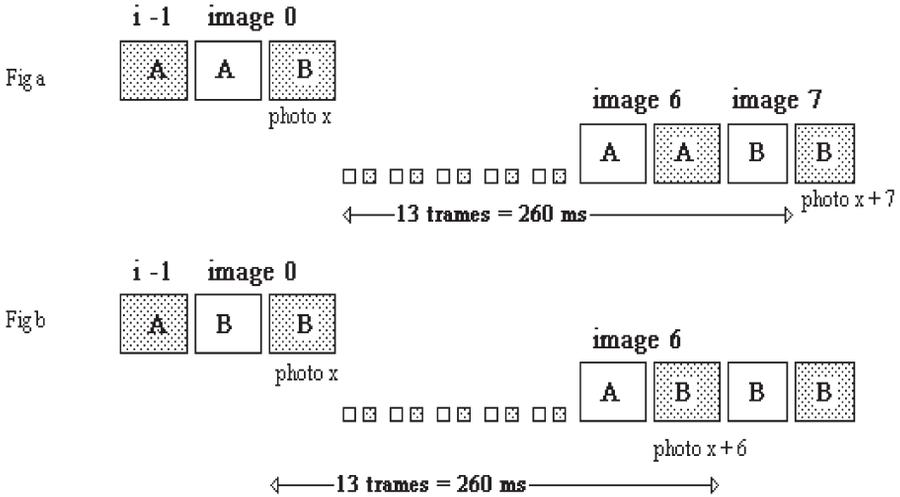
Rappelons que l'image de télévision est réalisée par deux trames successives de 1/50 s chacune (appelées impaire puis paire). Celle enregistrée par le caméscope et celle restituée par le magnétoscope sont évidemment de même nature. Lors du transfert caméscope-magnétoscope deux situations peuvent se présenter selon la date de la mise en marche : la trame impaire de l'original peut être une trame impaire ou devenir une trame paire sur la copie. Cette incertitude est très gênante avec le magnétoscope utilisé : en effet la lecture «image par image» est en fait une lecture trame par trame de même nom (voir annexe). La **photo n° 7 bis** du document 4 illustre cette remarque.



**Document 4** : Un deuxième transfert de l'original en VHS donne une trame qui n'est pas dans les seize photos précédentes. Elle précède immédiatement la photo n° 7. Elle est perçue au cours d'une lecture normale du premier transfert mais n'est pas visible en utilisant la fonction pause.

Pourquoi voit-on sur le grand téléviseur de la photo n° 7 bis à la fois «LE» et «Philips...» ? La réponse est donnée à partir de la photo n° 11. On observe une rupture au tiers supérieur de l'image au niveau du disque initialement rond. Lorsque le caméscope a été mis en marche le spot était au tiers supérieur de l'écran ; ainsi pendant la durée de la trame du caméscope le spot a décrit la fin de la trame «Philips» puis le début de la trame suivante «LE». De même sur la photo n° 17 par exemple, on voit nettement que la partie inférieure du disque est plus ancienne que sa partie supérieure.

Revenons au problème des 6 ou 7 images de retard alors que 260 ms de décalage horaire représentent  $6 \times 40 + 20$  ms soit 6 images et une trame ou 13 trames. Prenons le cas simple où le spot est tout au début d'une trame au moment du démarrage du caméscope. Le décompte n'est pas le même si le changement de plan intervient à une trame paire ou impaire.



**Figure 1 :** Les deux possibilités de changement de plan A → B pour l'émission reçue en direct sont représentées à gauche. Le changement se fait sur la trame paire (figure a) ou sur la trame impaire (figure b). On voit à droite l'état de l'écran du téléviseur-satellite 260 ms plus tard. Le changement de plan se manifeste à la 7<sup>e</sup> image dans un cas et à la 6<sup>e</sup> dans l'autre. On a supposé ici que le magnétoscope s'arrête sur les trames paires en gris. On peut vérifier que les situations sont inversées si l'arrêt a lieu sur les trames impaires.

On peut en déduire que pour la publicité, réalisée dessin par dessin et trame par trame, le détail qui nous a intéressés est intervenu sur une trame impaire dans un cas et sur une trame paire dans l'autre.

Les séries américaines anciennes sont à éviter. Filmées certainement sur pellicule en 24 images/s puis transformées en film vidéo aux normes américaines (30 images/s) et peut-être à nouveau transformées aux normes européennes (25 images/s), elles donnent des changements de plan simples (documents 5 et 6) ou très complexes (document 7).



**Documents 5 et 6 :** La position du spot au début de la trame du caméscope est au tiers inférieur sur le grand téléviseur (satellite) tandis qu'il est au tiers supérieur sur le petit. Cette observation est à comparer au document 4.

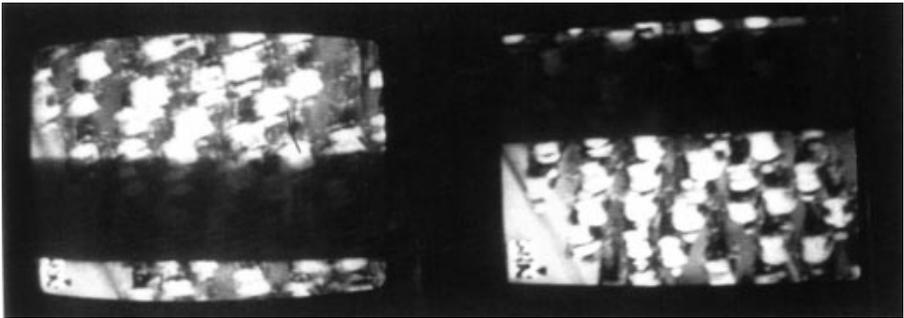


**Document 7 :** Bien qu'il s'agisse encore d'un arrêt sur une trame du caméscope, on peut observer deux trames superposées appartenant à deux images différentes.

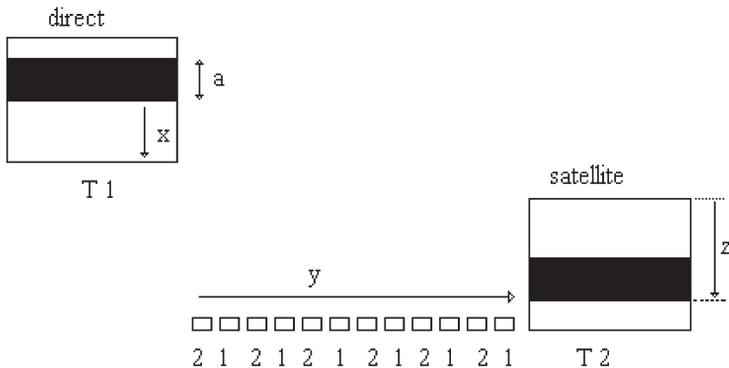
L'examen de la retransmission du Tour de France en direct est plus simple. On trouve régulièrement avec une même copie 6 images de décalage ; on est vraisemblablement dans la situation de la figure 1a.

On peut envisager une autre approche du problème en jouant sur la «vitesse» de l'obturation du caméscope. Pour une durée d'ouverture de l'obturateur de  $1/75$  s (constructeur) on peut obtenir le document 8. La durée d'une trame est toujours de  $1/50$  s = 20 ms mais la cellule CCD ne reçoit de la lumière que pendant  $1/75$  s = 13,3 ms. En conséquence

le spot des écrans des deux téléviseurs n'est pas enregistré pendant 6,7 ms. Cette durée est donnée par l'épaisseur des bandes noires.



**Document 8** : Les deux écrans sont filmés avec un caméscope réglé avec une «vitesse» d'obturation de 1/75 s. La réception satellite est à gauche et la liaison directe est à droite.



**Figure 2** : Le décalage horaire est donné par la somme des durées  $x + y + z$  avec  $y = 240$  ms. Les durées  $x$  et  $z$  sont à comparer à l'épaisseur de la bande noire  $a = 6,7$  ms.

Cette méthode ne permet malheureusement pas de donner une bonne estimation du décalage : la bande noire doit théoriquement représenter le tiers des écrans dans le document 8 ; ce n'est pas le cas car les bords d'une image de télévision ne sont jamais vus sur un téléviseur.

Si le bilan de cette expérimentation n'est pas très satisfaisant du point de vue quantitatif, la recherche de l'interprétation des phénomènes observés est intéressante.

## *Annexe*

---

Un caméscope dont on peut régler manuellement la «vitesse» d'obturation permet de faire de la stroboscopie dans certaines conditions à partir du  $1/1000^e$  s.

Pour un mouvement périodique de 25 Hz on observe l'immobilité dans l'oculaire, sur un écran de contrôle, sur l'enregistrement ou son éventuel transfert en VHS.

A 50 tours par seconde on observe deux secteurs opposés avec nos disques traditionnels en lecture normale. La lecture «image par image» avec le magnétoscope n'en donne plus qu'un seul. Celui-ci s'arrête donc sur les trames de même nom. Certains magnétoscopes S-VHS permettent la lecture trame par trame.