



Watermarking Electromagnétique de Drones

José Lopes Esteves

Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information
SSTIC

6 juin 2019

José Lopes Esteves

- ANSSI / LSF
- Autorité nationale TEMPEST
- 10 personnes
- Domaines de recherche :
 - Sécurité électromagnétique (TEMPEST, IEMI, ...)
 - Sécurité des communications radiofréquence (téléphonie cellulaire, Bluetooth, WIFI, ...)
 - Systèmes embarqués
 - Electromagnétisme, traitement du signal
 - ...

Outline

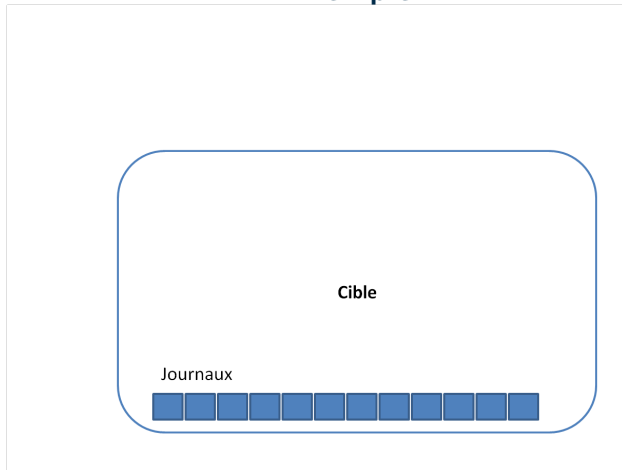
- 1 Watermarking Electromagnétique
- 2 Forensic tracking
- 3 Forensic tracking par WEM sur drone
- 4 Conclusion

1. Watermarking Electromagnétique



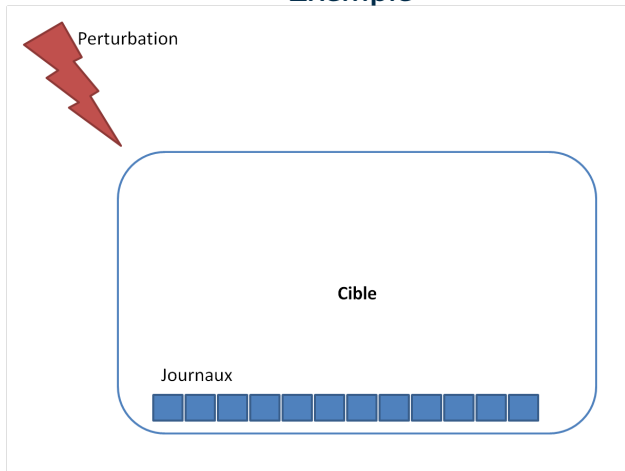
Watermark EM

Exemple



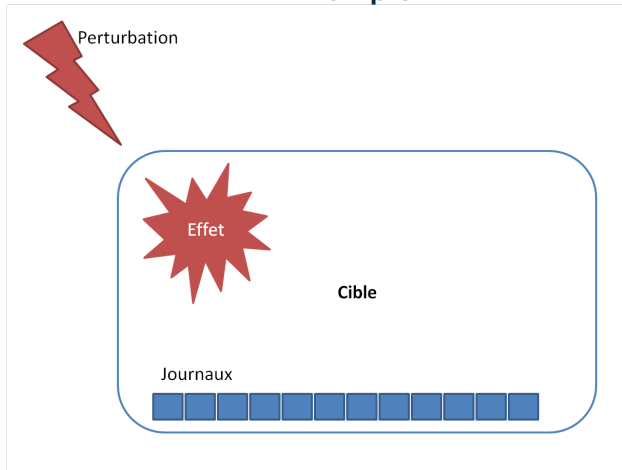
Watermark EM

Exemple



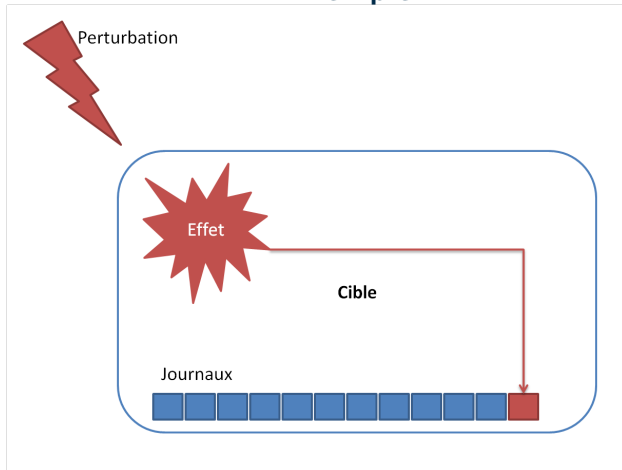
Watermark EM

Exemple



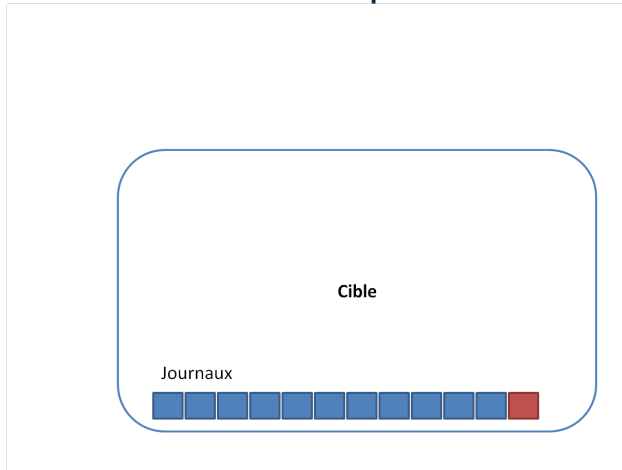
Watermark EM

Exemple



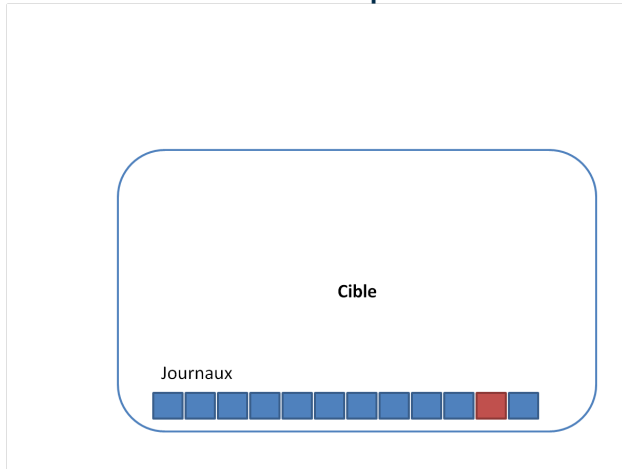
Watermark EM

Exemple



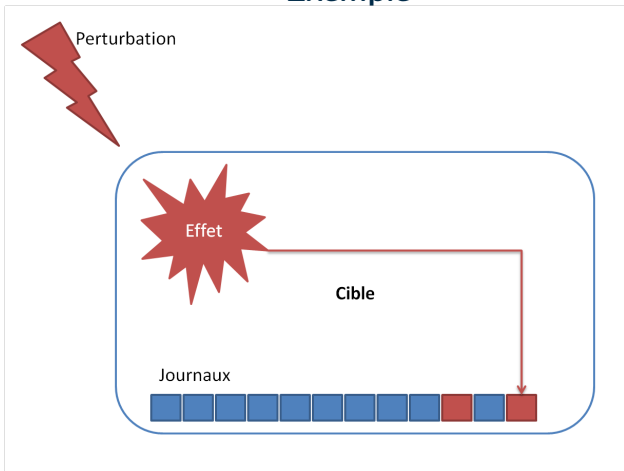
Watermark EM

Exemple



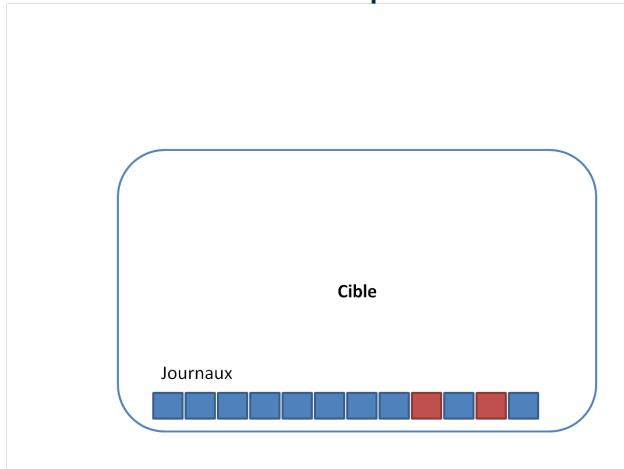
Watermark EM

Exemple



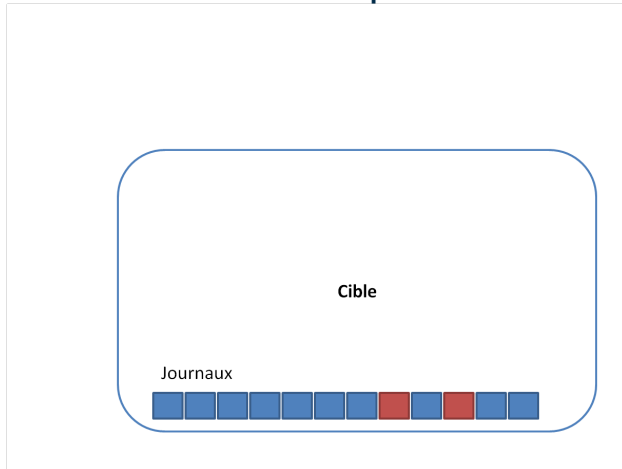
Watermark EM

Exemple



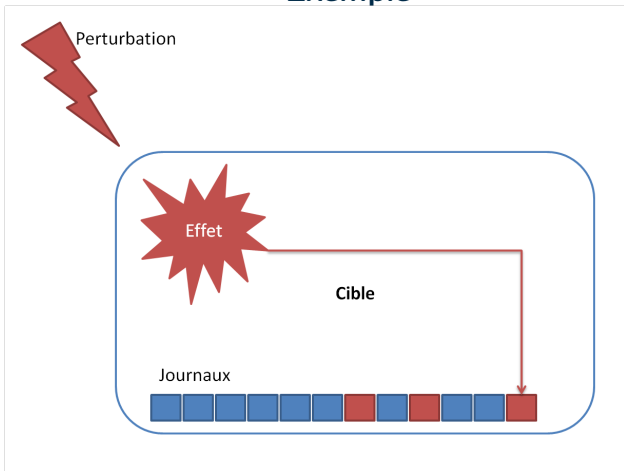
Watermark EM

Exemple



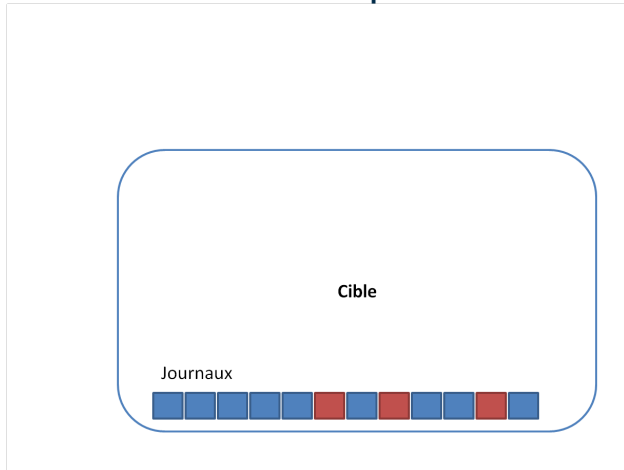
Watermark EM

Exemple



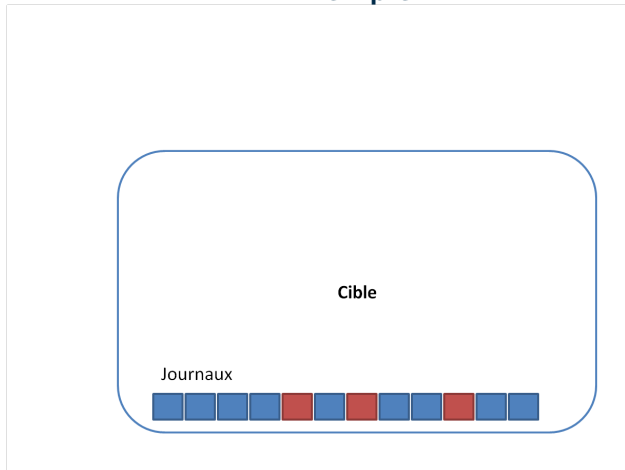
Watermark EM

Exemple



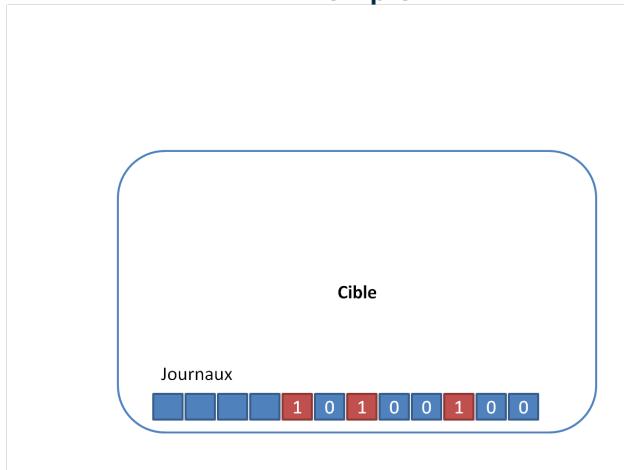
Watermark EM

Exemple



Watermark EM

Exemple



Insertion de marqueur dans cible non coopérative

Exploitation des effets journalisés

- Si un effet est reproductible et transitoire
- Si cet effet est journalisé
- Alors on a un canal caché de stockage

Caractérisation : capacité

- Temps d'écriture : apparition/propagation d'effet, fréquence de log
- Capacité de stockage : durée d'exposition, volume total

2. Forensic tracking



Forensic tracking

Principes et applications

Définition

Analyse de l'activité d'une cible pour la localiser dans le temps et l'espace [2]

Exemples

- Ordiphone et données de géolocalisation [8]
- Traces collectées par capteurs (paquets Wi-Fi [6], vidéosurveillance [1])
- Tatouage actif de signal RF vidéo de drones [7]
- Tatouage numérique pour les salles de cinéma [5]
- Localisation de son par analyse du bruit du réseau électrique [10]

3. Forensic tracking par WEM sur drone



WEM sur drone

Contexte d'application

Lutte anti-drone

- Sur vols de sites sensibles
- Contournement de No-Fly Zone et GPS
- Neutralisation complexe
- AED EM considérées [3]
- Un watermark permettrait d'associer la cible à l'événement

Images : top [9], middle [3], bottom [4]

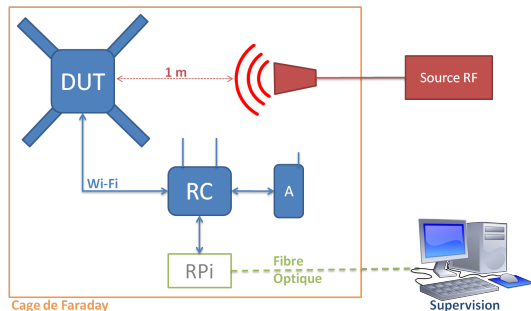


WEM sur drone

Protocole expérimental

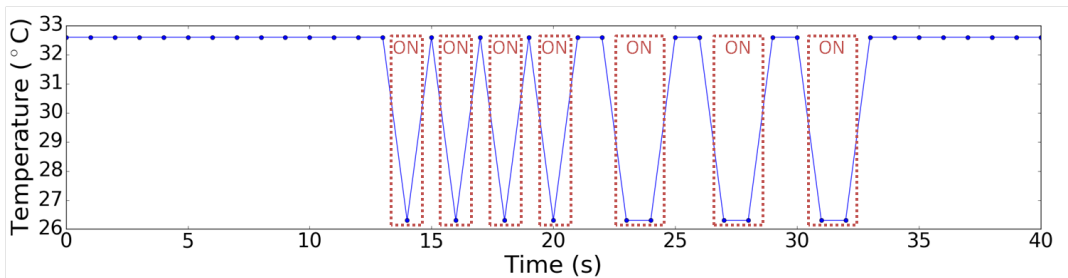
Démarche

- Identification des effets
- Focus sur les effets :
 - transitoires
 - reproductibles
 - journalisés
- Extraction des journaux de vol
- Caractérisation du canal de stockage



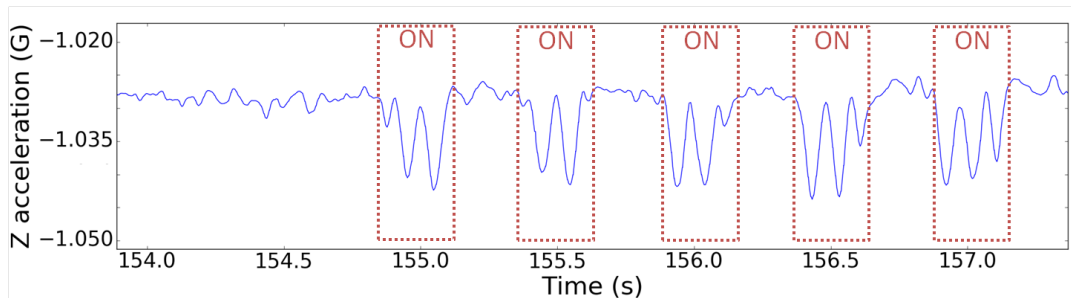
WEM sur drone

Résultats 1/2



WEM sur drone

Résultats 2/2



4. Conclusion



Conclusion

Watermarking électromagnétique

Concept

- Insertion de marqueur
- Cible non coopérative
- Méthode non invasive
- Forte dépendance à la cible
- Impact persistant nécessaire
- Hôte du marqueur non maîtrisé

Conclusion

Watermarking électromagnétique

Concept

- Insertion de marqueur
- Cible non coopérative
- Méthode non invasive
- Forte dépendance à la cible
- Impact persistant nécessaire
- Hôte du marqueur non maîtrisé

Forensic tracking sur drones

- Preuve de concept
- Caractérisation de plusieurs canaux
- Mise en oeuvre complexe
- Performances limitées
- Alternative/complément à la neutralisation

Conclusion

Watermarking électromagnétique

Perspectives

- Généralisation à d'autres perturbations
 - Fautes
 - Brouillage
 - Leurrage de capteurs
- d'autres cibles
- d'autres contextes
- Effets cumulés
- Travail sur marqueur

Merci de votre attention

jose.lobes-esteves@ssi.gouv.fr

Bibliographie

- [1] Al-Kuwari, S., and Wolthusen, S.
Forensic tracking and mobility prediction in vehicular networks.
In *IFIP International Conference on Digital Forensics* (2010), Springer, pp. 91–105.
- [2] Al-Kuwari, S., and Wolthusen, S. D.
Fuzzy Trace Validation : Toward an Offline Forensic Tracking Framework.
In *2011 Sixth IEEE International Workshop on Systematic Approaches to Digital Forensic Engineering* (May 2011), pp. 1–4.
- [3] Diehl.
HPEM system from Diehl Defence protects against mini-drones - Diehl Defence.
Diehl, Online : <https://www.diehl.com//defence/en/press-and-media/news/hpem-system-from-diehl-defence-protects-against-mini-drones/>.
- [4] Kyle, B.
How to put your mavic pro into ATTI mode using tinfoils.
Youtube, Online : <https://www.youtube.com/watch?v=8cMSzE4bf94> (2017).

Bibliographie (cont.)

- [5] Lee, M.-J., Kim, K.-S., and Lee, H.-K.
Forensic Tracking Watermarking against In-theater Piracy.
In *Information Hiding* (2009), S. Katzenbeisser and A.-R. Sadeghi, Eds., Lecture Notes in Computer Science, Springer Berlin Heidelberg, pp. 117–131.
- [6] Matte, C.
Wi-Fi tracking : Fingerprinting attacks and counter-measures.
PhD Thesis, Université de Lyon, 2017.
- [7] Nassi, B., Ben-Netanel, R., Shamir, A., and Elovici, Y.
Drones' Cryptanalysis - Smashing Cryptography with a Flicker.
In *2019 IEEE Symposium on Security and Privacy (SP)* (Los Alamitos, CA, USA, May 2019), IEEE Computer Society, pp. 832–849.
- [8] Sack, S., Kröger, K., and Creutzburg, R.
Location tracking forensics on mobile devices.
In *Multimedia Content and Mobile Devices* (Mar. 2013), vol. 8667 of *\procspie*, p. 866712.

Bibliographie (cont.)

- [9] Victorayoli.
Drones, centrales nucléaires. catastrophes à venir?
Mediapart, Online :
<https://blogs.mediapart.fr/victorayoli/blog/021214/drones-centrales-nucleaires-catastrophes-venir> (2014).
- [10] Zheng, L., Zhang, Y., Lee, C. E., and Thing, V. L. L.
Time-of-recording estimation for audio recordings.
Digital Investigation 22 (Aug. 2017), S115–S126.