

Précision de Centipède et incidences de l'indice I95

Contexte :

Nous étudions la possibilité de passer d'un réseau interpolé type Teria ou Orpheon au réseau Centipède. La précision que nous souhaitons avoir sur la mesure d'un point est de 5 cm environ. Les tests qui suivent peuvent nous servir à déterminer dans quelles conditions cette précision serait atteinte à coup quasi certain.

Les paramètres qui pourront être étudiés sont :

- La distance à la base Centipède à laquelle on se connecte.
- L'influence de l'indice ionosphérique I95 qui varie au cours de la journée.
- L'influence du mode de mesure du point (sur une mesure ou moyenné, monobase ou interpolé)

L'antenne est installée sur un point et stabilisée par un porte jalon pour permettre un enregistrement de la position sur une longue période.

Elle est pilotée par un module additionnel de notre logiciel de dessin qui permet

- De se connecter/déconnecter à l'antenne via le Bluetooth
- De se connecter/déconnecter à une base disponible du caster
- De déclencher la mesure du point avec un choix de paramètres et l'enregistrement dans un fichier texte.

Un module de ce même logiciel permet de récupérer toutes les minutes la valeur de l'I95 sur le site teria.com sur la France métropolitaine afin de s'approcher de l'I95 « instantané ».

1. Détermination d'un indice I95 instantané

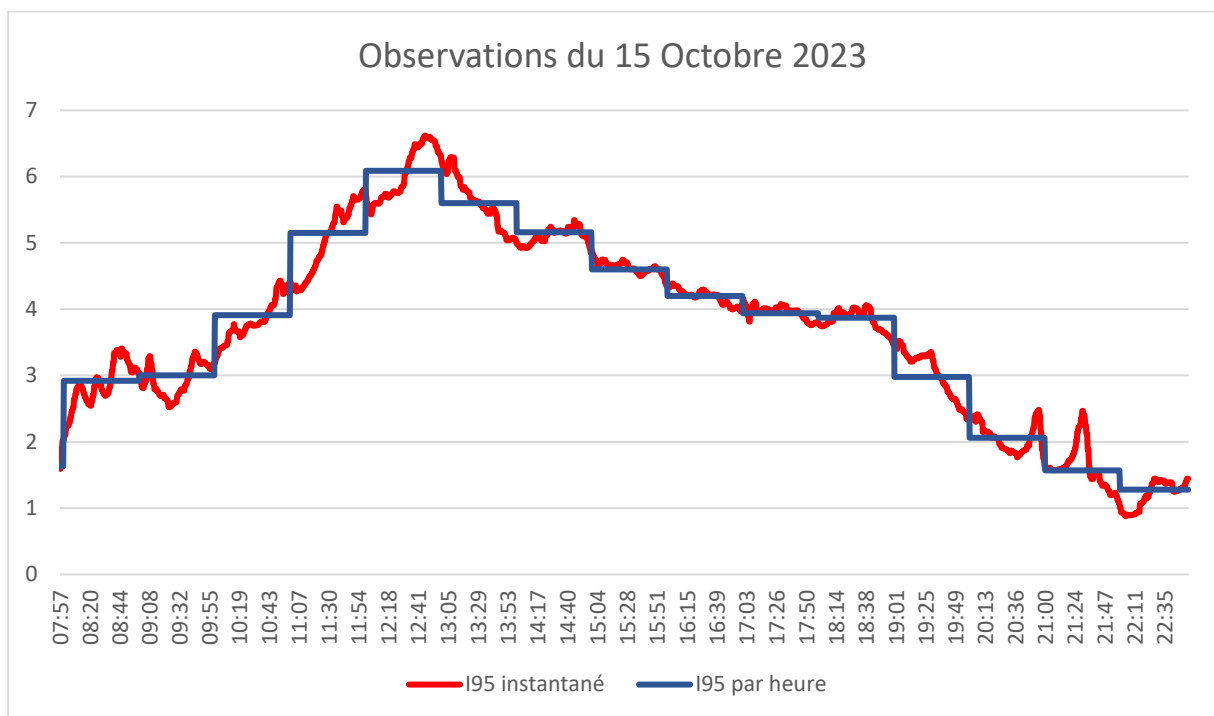
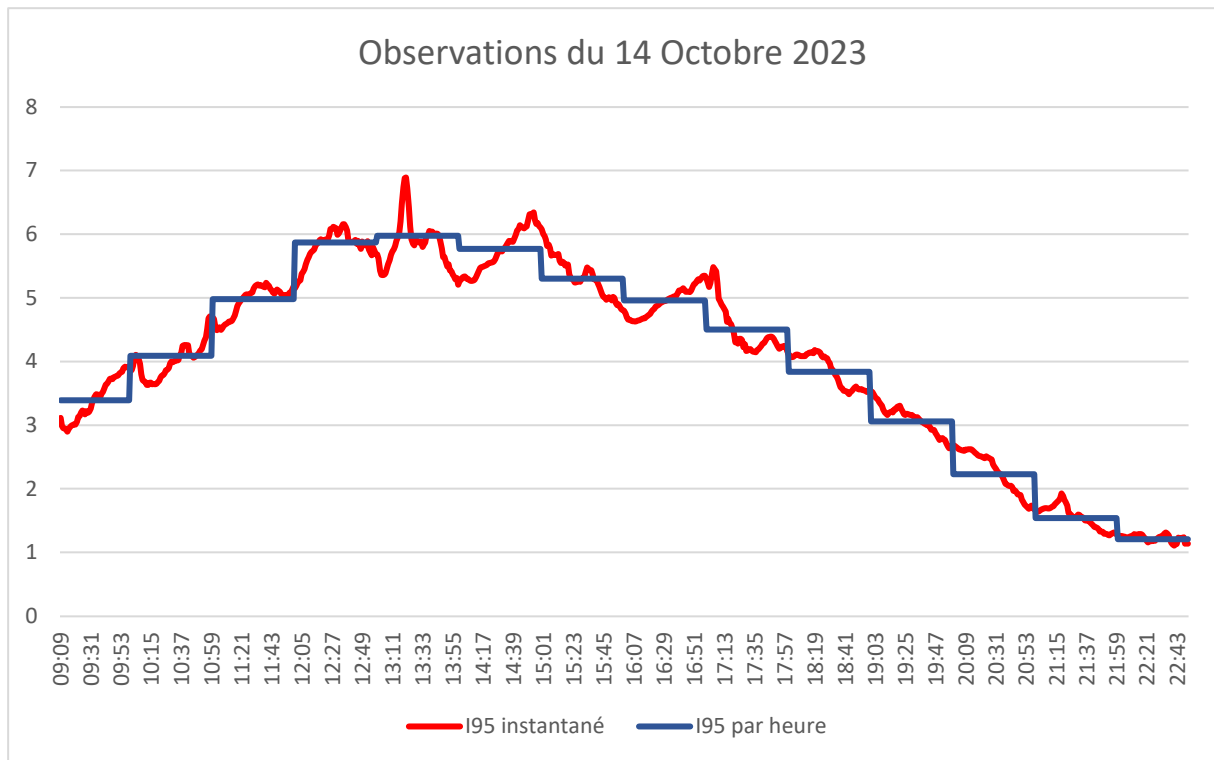
La page internet <https://www.reseau-teria.com/app/web/ionosphere.php> permet de récupérer des informations concernant l'activité ionosphérique et notamment l'indice I95 moyenné par journées sur des créneaux d'une heure, y compris le créneau horaire en cours.

A partir du moment où la connexion Bluetooth entre l'antenne GPS et CadasCad est établie, on lance toutes les minutes une requête vers cette page afin de récupérer l'indice I95 du créneau horaire en cours. A l'aide des variations obtenues sur cette valeur moyennée du dernier créneau horaire, on est capable de déterminer la valeur instantanée sur la dernière minute.

Exemples obtenus sur des plages d'observations continues de plusieurs heures :

I95 instantané : I95 calculé par CadasCad

I95 par heure : I95 lu à posteriori sur le site teria.com pour la journée en question



2. Tests disponibles

Nous avons mis en place un petit panel de tests, pas encore tous appliqués :

- Test 1 : Connexion préalable à l'antenne en BT, puis à une base Centipède. Démarrage du test et enregistrement du point toutes les 30 secondes jusqu'à la fin du test déclenchée par l'utilisateur.

- Test 2 : Connexion préalable à l'antenne en BT, choix d'une base Centipède. Démarrage du test. Le logiciel se connecte à la base choisie, mesure le point et se déconnecte, puis reprend le même cycle jusqu'à la fin du test déclenchée par l'utilisateur.
- Test 3 : Connexion préalable à l'antenne en BT, choix de plusieurs bases Centipède disponibles à proximité. Démarrage du test. Le logiciel se connecte à la première base choisie, mesure le point et se déconnecte, puis fait la même chose pour chaque base sélectionnée. Quand le point a été mesuré depuis toutes les base, on reprend le même cycle jusqu'à la fin du test déclenchée par l'utilisateur.
- Test 4 : Connexion préalable à l'antenne en BT, choix de plusieurs bases Centipède disponibles à proximité. Démarrage du test. Le logiciel se connecte à la première base choisie, enregistre le point dès son passage en RTK Fix, puis également les déterminations suivantes pour chaque position émise durant les 40 secondes suivantes et se déconnecte, puis fait la même chose pour chaque base sélectionnée. Quand le point a été mesuré depuis toutes les base, on reprend le même cycle jusqu'à la fin du test déclenchée par l'utilisateur. Le but de ce test est de voir si la première position en RTK Fix est fiable ou si elle s'affine pendant quelques secondes.
- Test 5 : Connexion préalable à l'antenne en BT, choix de plusieurs bases Centipède disponibles à proximité. Démarrage du test. Le logiciel se connecte à la première base choisie, mesure le point et se déconnecte, puis fait la même chose pour chaque base sélectionnée. A la fin du cycle, lorsque le point a été mesuré depuis toutes les bases, on détermine un point interpolé en moyennant toutes les positions. Pour privilégier les bases les plus proches, la moyenne est une moyenne pondérée, le coefficient de pondération de chaque point étant l'inverse de la distance à la base. On reprend le même cycle jusqu'à la fin du test déclenchée par l'utilisateur.

3. Premiers résultats disponibles

3.1. Observations du 14/10/2023 (Test 1 – Ille et Vilaine)

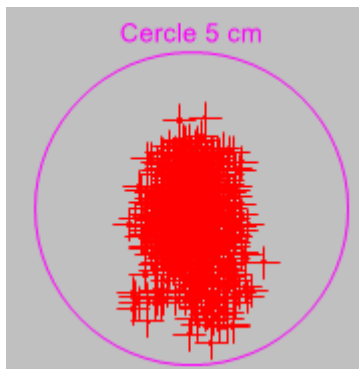
Conditions :

- Connexion à la base AMLS située à 14.4 km.
- Enregistrement de 09h09 à 22h52
- I95 variant sur cette plage de 1.11 à 6.89
- Enregistrement du point en mode rapide (une seule mesure pour le point)

1700 points ont été enregistrés avec la répartition suivante par tranche d'I95

Tranche	Effectif	Cumul
1 - 1.5	151	151
1.5 - 2	114	265
2 - 2.5	43	308
2.5 - 3	100	408
3 - 3.5	134	542
3.5 - 4	162	704
4 - 4.5	208	912
4.5 - 5	170	1082
5 - 5.5	292	1374
5.5 - 6	226	1600
6 - 6.5	92	1692
6.5 - 7	8	1700

La répartition géographique des points mesurés est représentée par :



A cette longueur de base, l'I95 ne semble pas avoir d'influence sur la précision de la mesure et les résultats sont tout à fait compatibles à nos attentes.

3.2. Observations du 15/10/2023 (Test 1 – Ille et Vilaine)

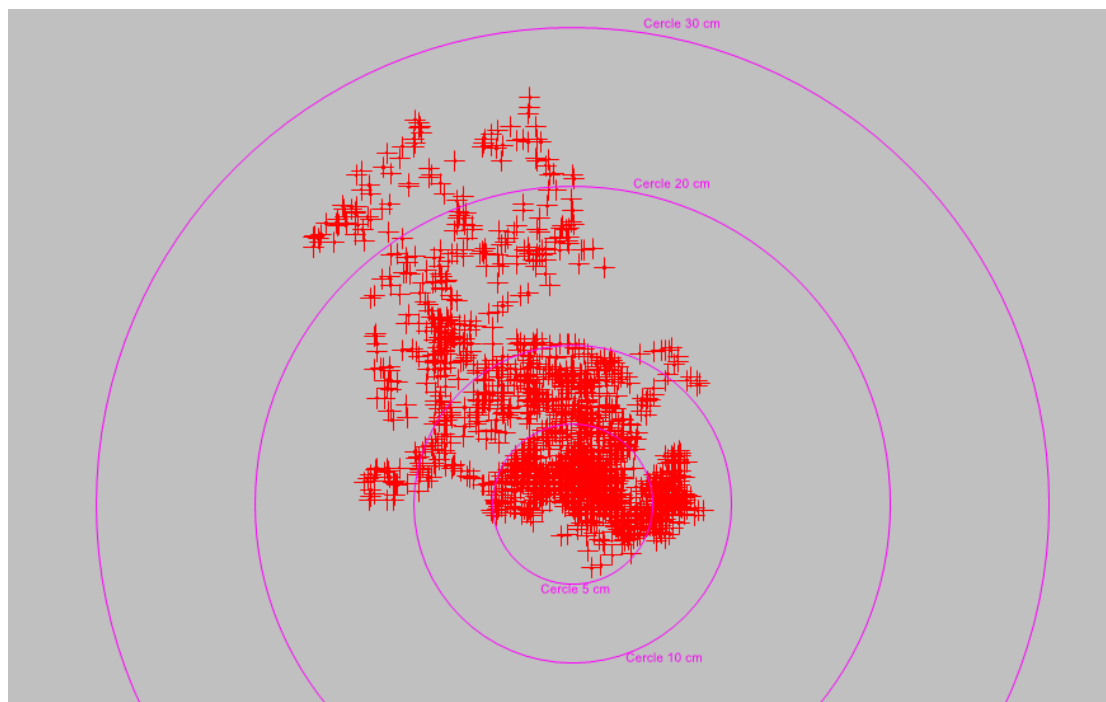
Conditions :

- Connexion à la base AC53 située à 36.8 km.
- Enregistrement de 07h57 à 22h52
- I95 variant sur cette plage de 0.88 à 6.62
- Enregistrement du point en mode rapide (une seule mesure pour le point)

1853 points ont été enregistrés avec la répartition suivante par tranche d'I95

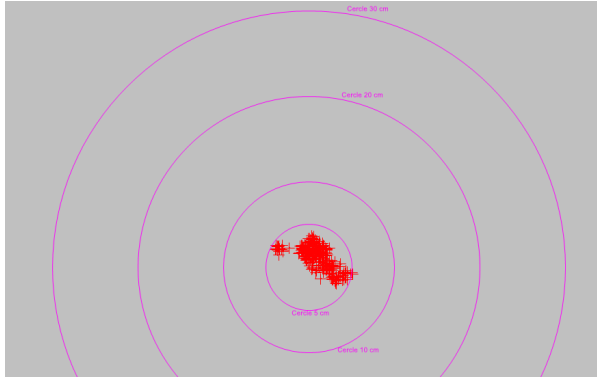
Tranche	Effectif	Cumul
0.5 – 1	31	31
1 - 1.5	121	152
1.5 - 2	124	276
2 - 2.5	122	398
2.5 – 3	168	566
3 – 3.5	189	755
3.5 – 4	262	1017
4 – 4.5	256	1273
4.5 – 5	172	1445
5 – 5.5	181	1626
5.5 – 6	140	1766
6 – 6.5	63	1829
6.5 - 7	24	1853

La répartition géographique des points mesurés est représentée par :

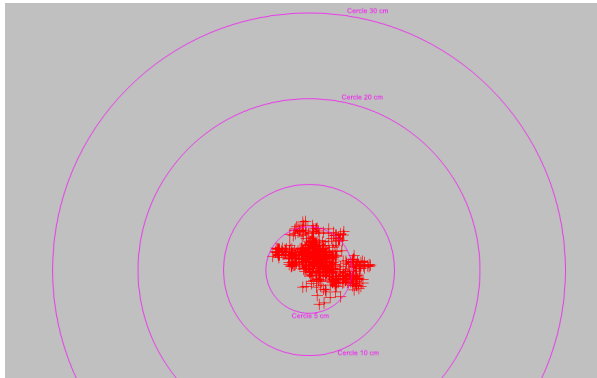


A cette longueur de base, la précision n'est plus conforme à nos attentes.

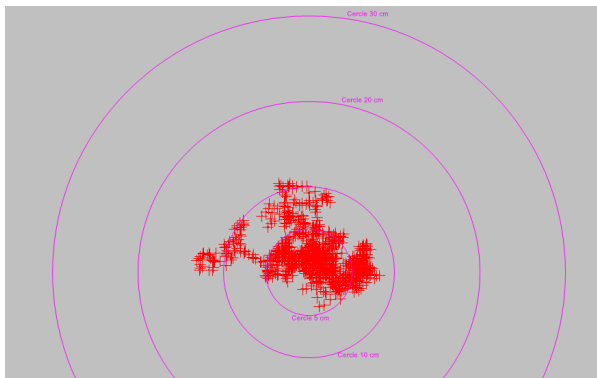
Toutefois, si on isole les points en fonction d'un I95 max, on obtient les répartitions suivantes :



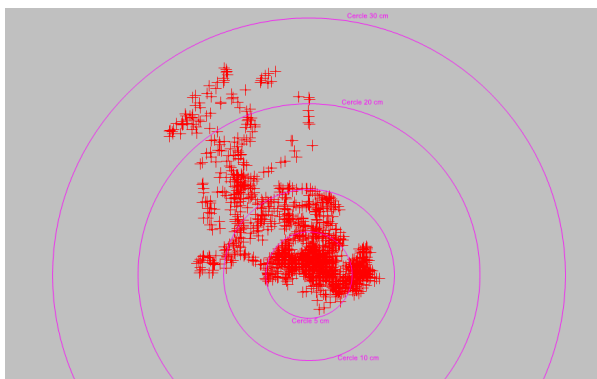
I95 limité à 2.5 (398 déterminations)



I95 limité à 3.5 (357 déterminations supplémentaires)



I95 limité à 4.5 (418 déterminations supplémentaires)



I95 limité à 5.55 (353 déterminations supplémentaires)

A cette distance (36.8 km), on s'aperçoit que la valeur de l'I95 influe sur la précision de la mesure. Pour conserver des déterminations aux alentours de 5 cm de précision garantie, il ne vaut mieux pas dépasser un I95 de 2.5.

3.3. Observations du 24/10/2023 (Test 1 – Dordogne)

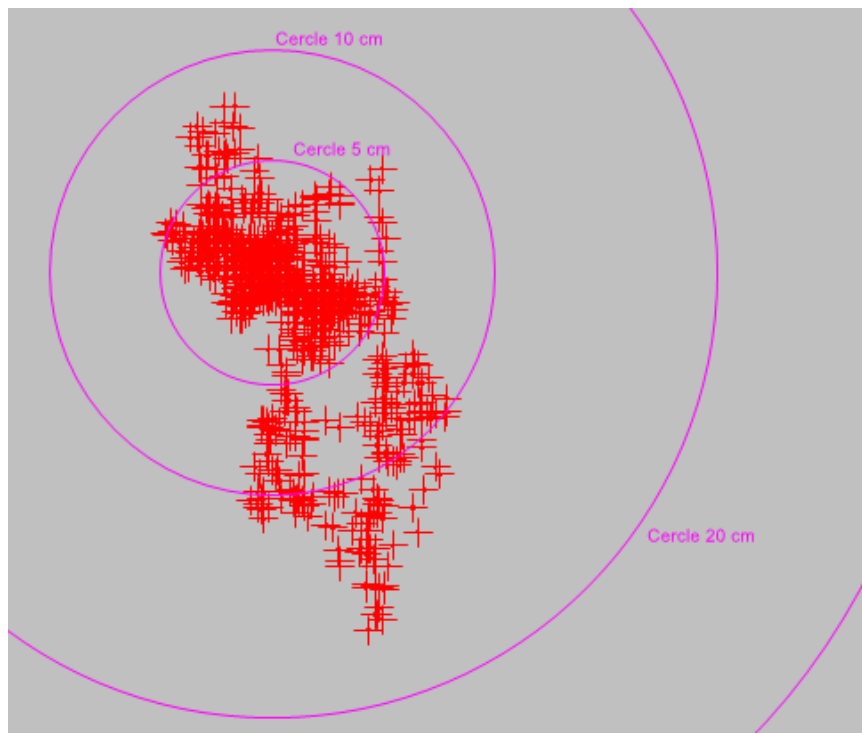
Conditions :

- Connexion à la base BRIE située à 29.9 km.
- Enregistrement de 07h54 à 14h47
- I95 variant sur cette plage de 1.21 à 6.25
- Enregistrement du point en mode rapide (une seule mesure pour le point)

854 points ont été enregistrés avec la répartition suivante par tranche d'I95

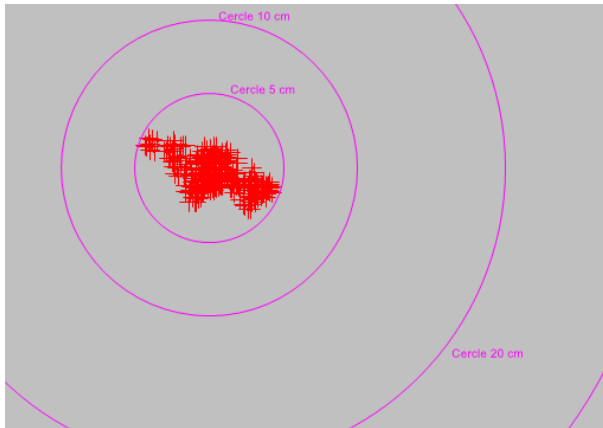
Tranche	Effectif	Cumul
1 - 1.5	86	86
1.5 - 2	176	262
2 - 2.5	101	363
2.5 - 3	23	386
3 - 3.5	54	440
3.5 - 4	227	667
4 - 4.5	152	819
4.5 - 5	19	838
5 - 5.5	6	844
5.5 - 6	4	848
6 - 6.5	6	854

La répartition géographique des points mesurés est représentée par :

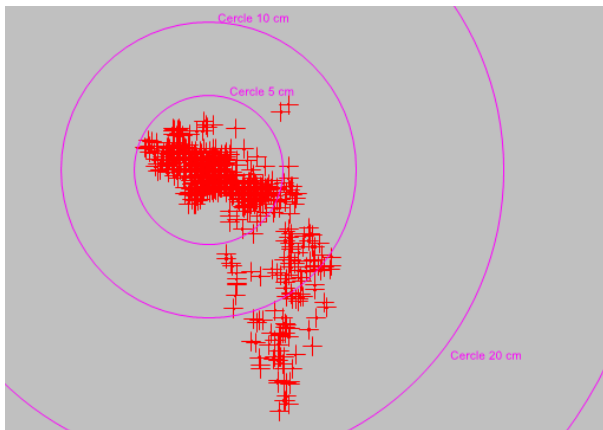


A cette longueur de base, la précision n'est plus conforme à nos attentes.

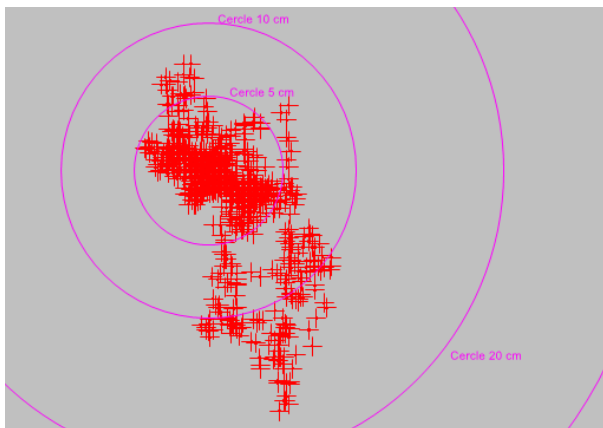
Toutefois, si on isole les points en fonction d'un I95 max, on obtient les répartitions suivantes :



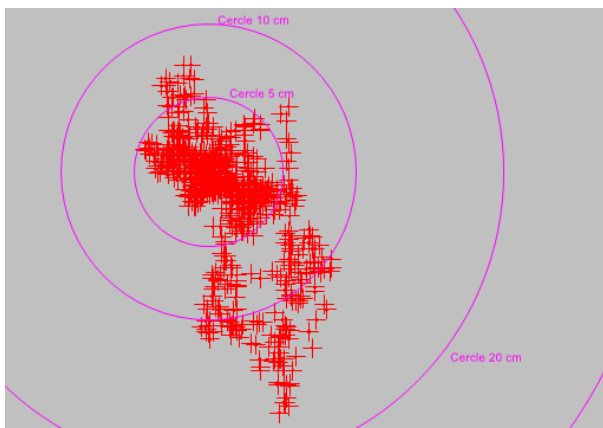
I95 limité à 3 (386 déterminations)



I95 limité à 4 (281 déterminations supplémentaires)



I95 limité à 5 (171 déterminations supplémentaires)



I95 limité à 6 (10 déterminations supplémentaires)

A cette distance (29.9 km), l'I95 influe également sur la précision de la mesure. Pour conserver des déterminations aux alentours de 5 cm de précision garantie, il ne vaut mieux pas dépasser un I95 de 3.

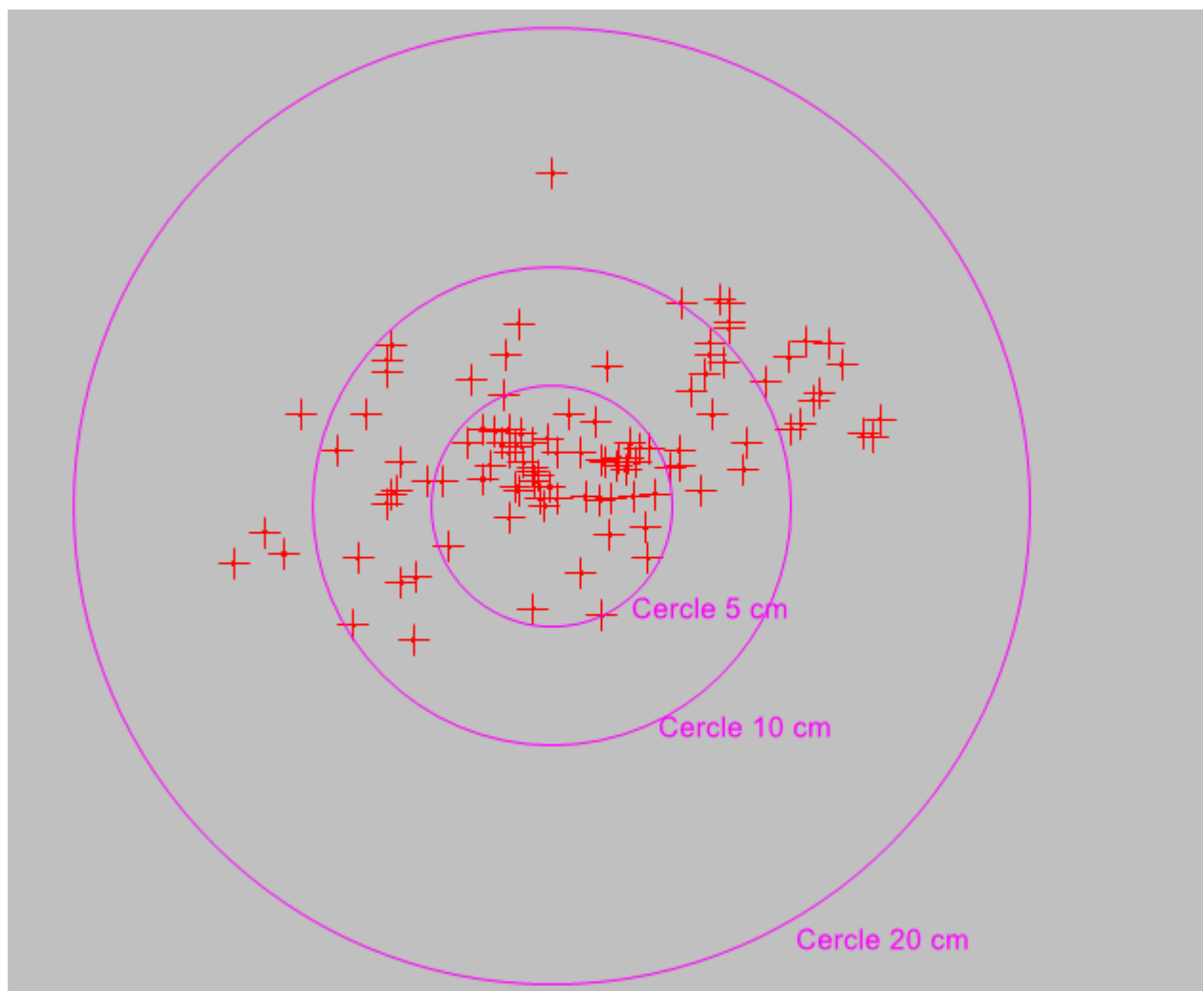
3.4. Observations du 22/10/2023 (Test 3 – Ille et Vilaine)

Conditions :

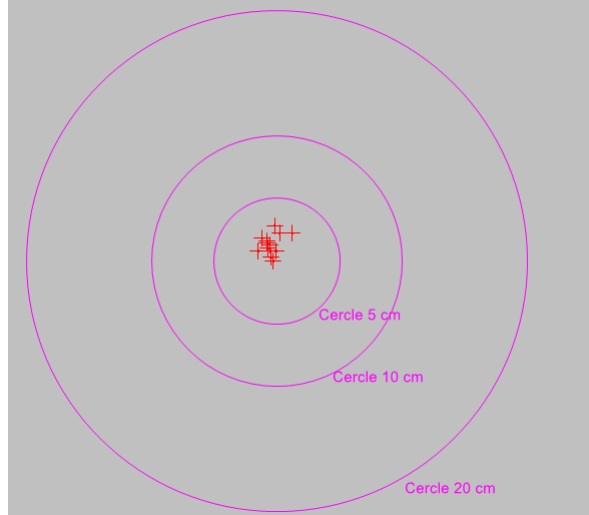
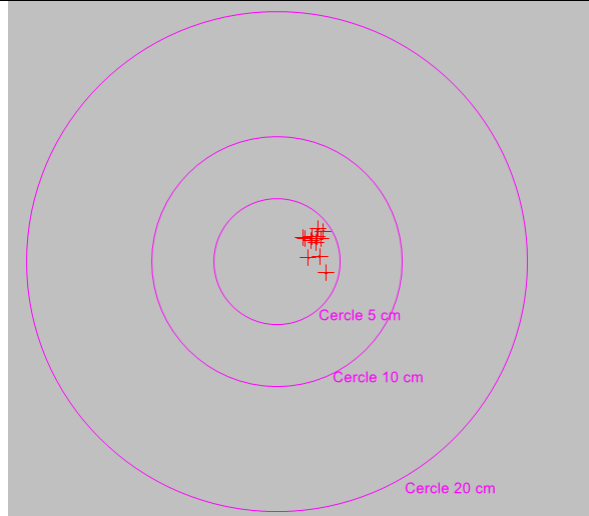
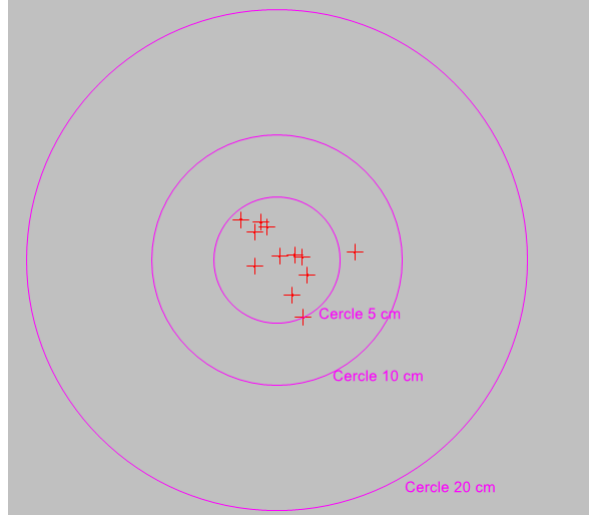
- Connexion aux bases AMLS (14.4 km), TOR35 (19.6), ILLE (23.0), GEOREVA (24.4), AC53 (36.8), TREF (38.2), VIN65 (45.4), CA53 (47.4) et RAV35 (50.6)
- Enregistrement de 17h31 à 18h11
- I95 variant sur cette plage de 2.6 à 3.28
- Enregistrement du point en mode rapide, attente de RTK Fix 8 secondes avant d'enregistrer. Renvoi d'un échec d'enregistrement si pas de passage en RTK Fix avant 45 secondes

12 cycles de mesures ont été effectuées avec détermination depuis les 9 bases, soit 108 points. Une seule détermination en échec depuis la base la plus éloignée (50.6 km)

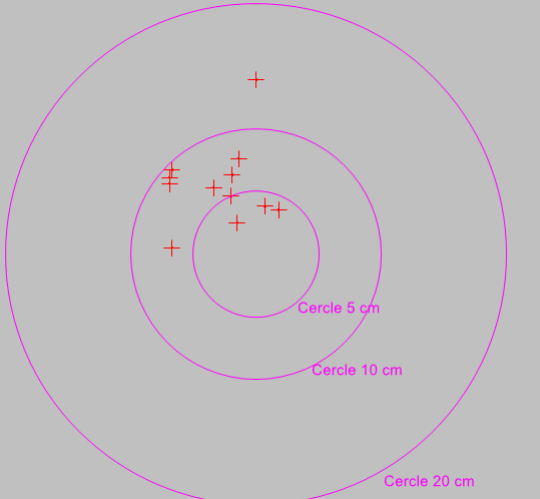
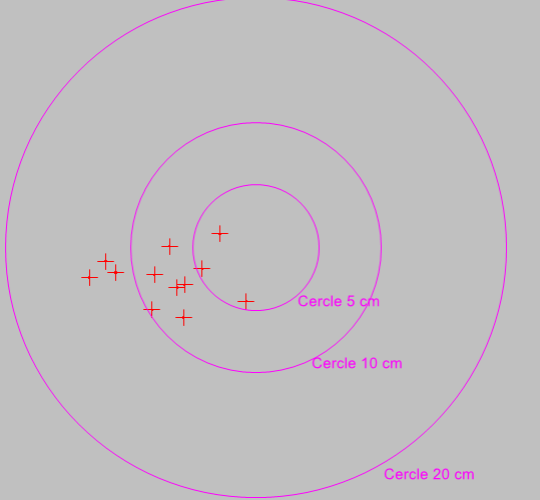
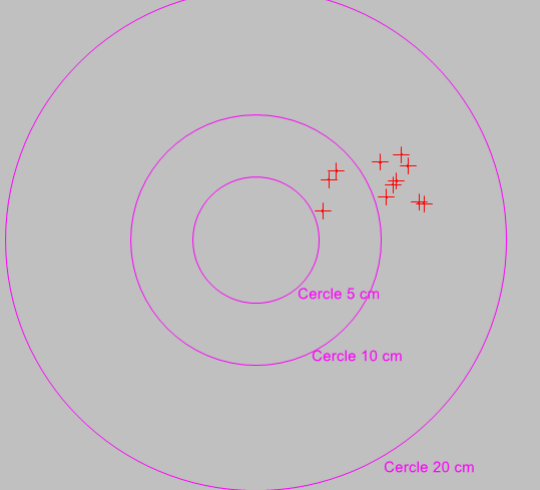
La répartition des points est la suivante pour les 107 points mesurés



En isolant les mesures depuis chaque base :

 <p>A target diagram with three concentric purple circles. The innermost circle is labeled "Cercle 5 cm", the middle one "Cercle 10 cm", and the outermost one "Cercle 20 cm". A cluster of approximately 15 red crosses is centered within the 5 cm circle.</p>	<p>AMLS 14.4 km</p>
 <p>A target diagram with three concentric purple circles. The innermost circle is labeled "Cercle 5 cm", the middle one "Cercle 10 cm", and the outermost one "Cercle 20 cm". A cluster of approximately 15 red crosses is shifted towards the right edge of the 5 cm circle.</p>	<p>TOR35 19.6 km</p>
 <p>A target diagram with three concentric purple circles. The innermost circle is labeled "Cercle 5 cm", the middle one "Cercle 10 cm", and the outermost one "Cercle 20 cm". A cluster of approximately 15 red crosses is shifted towards the bottom-left edge of the 5 cm circle.</p>	<p>ILLE 23.0 km</p>

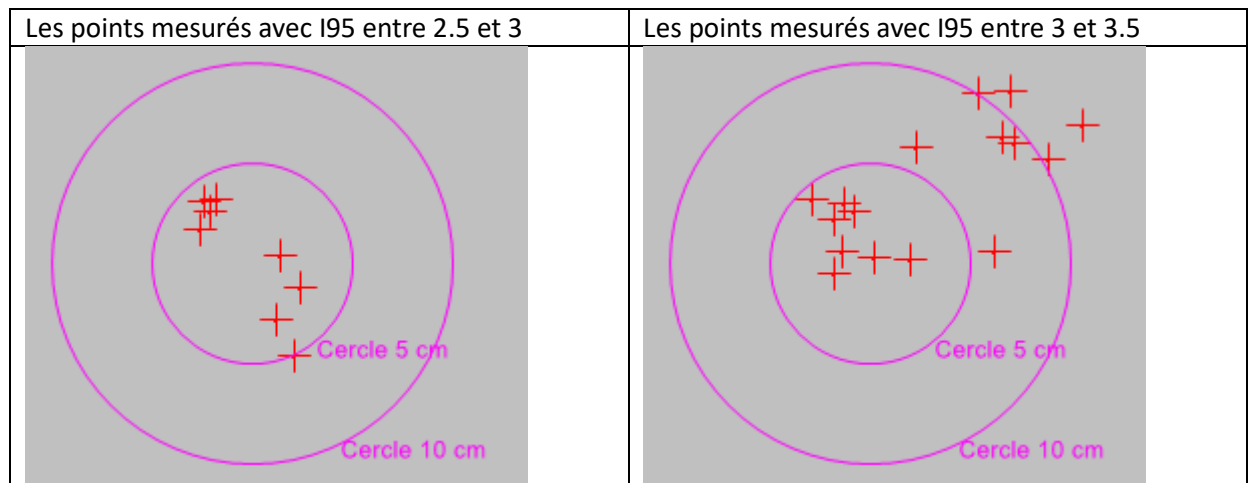
<p>Cercle 5 cm</p> <p>Cercle 10 cm</p> <p>Cercle 20 cm</p>	<p>GEOREVA 24.4 km</p>
<p>Cercle 5 cm</p> <p>Cercle 10 cm</p> <p>Cercle 20 cm</p>	<p>AC53 36.8 km</p>
<p>Cercle 5 cm</p> <p>Cercle 10 cm</p> <p>Cercle 20 cm</p>	<p>TREF 38.2 km</p>

	<p>VIN65 45.4 km</p>
	<p>CA53 47.4 km</p>
	<p>RAV35 50.6 km</p>

Les résultats sont conformes aux tests précédents :

- Avec AMLS (14.4 km), pas de souci de précision dans la tranche I95 observée [2.5-3.5]
- Avec TOR35 (19.6 km), on peut aussi espérer pouvoir mesurer jusqu'à 3.5 pour garder la précision à 5 cm. Il faudrait quand même obtenir un échantillon de points plus conséquent pour tirer des conclusions.

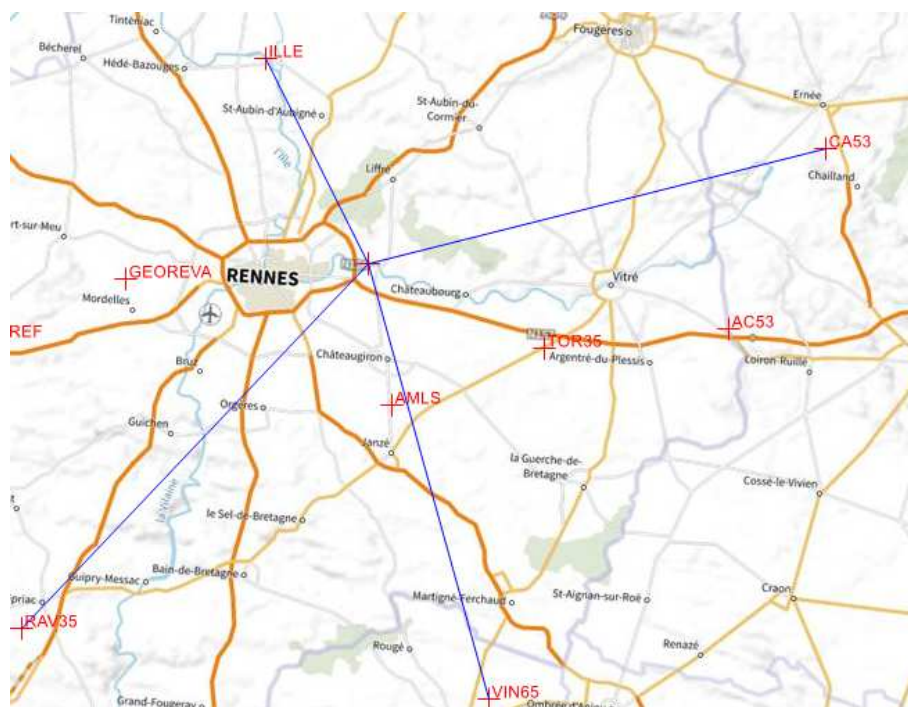
- Pour les bases au dessus de 30 km, on a bien une répartition des points qui ne correspond plus à nos attentes de précision.
- Pour les deux bases entre 20 et 25 km, si on isole les points selon les tranches d'I95 [2.5 – 3] et [3.25 – 3.5], on obtient :



Là aussi, sous réserve de refaire le test avec un échantillon plus important, on peut espérer à ces distances de bases obtenir des résultats assez précis jusqu'à I95 inférieur à 3.

A partir des résultats de ce test, puisque je n'ai pas encore pu réaliser un test 5, on peut quand même simuler ce qu'on aurait obtenu puisqu'on a un enregistrement pour chaque point, ainsi que la distance à la base.

L'idée est de vérifier ce que pourrait donner un calcul interpolé pour travailler là où je n'ai pas de bases suffisamment proches si l'I95 est élevé. Je vais donc choisir pour ce test des bases éloignées entourant mon point de mesure (ILLE, CA53, VIN65 et RAV35). Je vais donc obtenir 11 points interpolés (une mesure n'ayant pas pu être faite depuis RAV35 sur un cycle.)



J'obtiens les résultats suivants :

x interpolé	y interpolé	I95	dx (cm)	dy (cm)	écart (cm)
1362295.557	7224482.469	3.161	2.2	4.4	4.9
1362295.510	7224482.447	3.131	-2.5	2.2	3.3
1362295.504	7224482.465	3.063	-3.1	4.0	5.0
1362295.522	7224482.458	3.005	-1.3	3.3	3.5
1362295.523	7224482.461	3.281	-1.2	3.6	3.8
1362295.537	7224482.442	3.057	0.2	1.7	1.7
1362295.549	7224482.45	3.059	1.4	2.5	2.8
1362295.547	7224482.457	2.921	1.2	3.2	3.4
1362295.528	7224482.438	2.929	-0.7	1.3	1.5
1362295.528	7224482.451	2.786	-0.7	2.6	2.7
1362295.545	7224482.43	2.682	1.0	0.5	1.1

Malgré des distances bien plus importantes qu'en monobase, les résultats sont excellents par ce mode de calcul.

4. Suite des tests à réaliser

Pour confirmer ces premiers résultats, il nous faudrait pouvoir faire :

- Des tests 1 à différentes distances de bases entre 15 et 35 km pour établir une limite d'I95 en fonction de la distance à la base
- Des tests 1 en modifiant le mode de prise de point (voir si passage en point moyenné par rapport à point instantané peut avoir un effet)
- Des tests 3 sur des plages plus longues (surtout pour obtenir plus de points et une plage d'I95 plus importante)
- Des tests 5 en réel (et non simulés sur tableur) avec des configurations différentes de longueurs de base (30, 40, 50, 60 ? km).