

# Galileo dans vos pratiques GNSS

## rapport d'enquête du 22 mai 2024

■ Sébastien SAUR

*Selon les termes de son mandat, le groupe de travail GNSS et Positionnement de la commission Géopositionnement du CNIG a pour objectifs "d'entretenir un panorama des usages, et des solutions et innovations dans le domaine du positionnement par GNSS seul, augmenté et/ou hybridé". Au moment où le système de positionnement Galileo est devenu pleinement opérationnel, en particulier avec l'ouverture du service de positionnement de haute précision (HAS), il a semblé pertinent d'essayer de mieux connaître l'usage de Galileo dans les pratiques de positionnement des différents secteurs professionnels. La commission Géopositionnement, lors de sa réunion d'octobre 2022, a donc confié à son groupe de travail GNSS et Positionnement l'organisation d'une enquête en ligne, avec l'objectif de "mieux connaître les usages du système de positionnement par satellite européen Galileo et des services qu'il propose dans la communauté française des utilisateurs".*

### ■ MOTS-CLÉS

CNIG, GeoPos, GNSS, Galileo, enquête

## Le questionnaire

Le questionnaire complet se trouve en annexe du présent rapport. Il a été préparé par le groupe de travail GNSS et Positionnement au cours de ses réunions semestrielles de mars et octobre 2023. Réalisée sur la plateforme collaborative de l'État RESANA (<https://resana.numerique.gouv.fr>), l'enquête s'est déroulée exclusivement en ligne entre le 22 janvier et le 29 février 2024. L'invitation à participer a été envoyée à un ensemble de destinataires membres de différentes listes de diffusion<sup>1</sup>, accompagnée d'un encouragement à la rediffuser largement. S'il est donc impossible de savoir combien de personnes ont finalement reçu cette invitation, ce sont 101 réponses qui ont été obtenues, de façon totalement anonyme.

1. Membres de la commission Géopositionnement et du groupe de travail GNSS et Positionnement, listes de diffusion du Réseau GNSS permanent (RGP), de l'infrastructure de recherche Epos-France, du Réseau national GNSS permanent des laboratoires de recherche français (RENAG), du Groupe de géodésie et de géophysique (G2), du Groupe de recherche en géodésie spatiale (GRGS), de l'Ordre des géomètres-experts (OGE). À noter que le service Teria intègre la constellation Galileo.

Un premier ensemble de questions vise à connaître de façon générale les besoins et les pratiques habituelles du participant. Dans une deuxième partie, on interroge plus spécifiquement l'utilisation de Galileo dans les méthodes de positionnement, les évolutions matérielles et logicielles qui ont été nécessaires pour cela et les apports de Galileo. Enfin, le questionnaire s'intéresse au niveau de connaissance des différents services proposés par Galileo, ainsi qu'à l'importance du caractère européen et indépendant du système Galileo.

Il est à noter que l'enquête aborde les questions de positionnement et de navigation, à l'exclusion des fonctionnalités de synchronisation offertes par les GNSS en général et Galileo en particulier. De même, la communauté d'utilisateurs de ces fonctionnalités n'a pas été incluse dans la diffusion initiale de l'invitation. Cela est lié aux thématiques de la commission Géopositionnement et du groupe de travail GNSS et Positionnement à l'origine de l'enquête, et à notre méconnaissance de ce sujet précis. Il pourrait être intéressant et utile d'étendre l'enquête dans cette direction, mais avec un appui nécessaire de représentants de cette communauté d'utilisateurs.

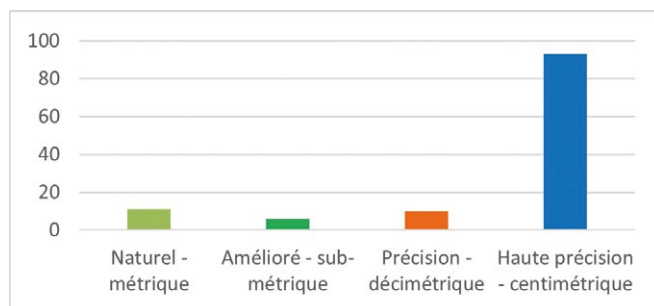
## Résumé des résultats de l'enquête

L'enquête a permis de recevoir 101 réponses, quasiment toutes complètes. Sauf indication contraire, les résultats chiffrés présentés ci-dessous sont des nombres de réponses.

### ■ Première partie : les pratiques habituelles

#### 1. Quels sont en général vos besoins en précision ?

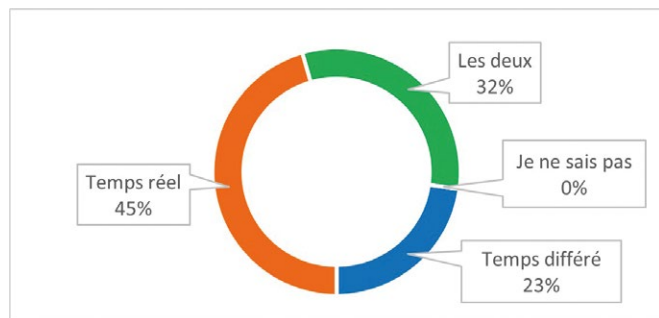
(Question fermée, plusieurs choix possibles)



Cette large majorité de réponses pour une précision centimétrique traduit la composition du panel, très orientée vers les domaines de la géodésie, la géophysique et la topographie.

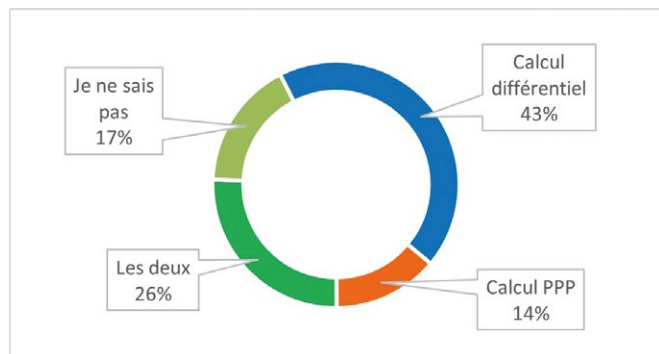


**2. Quel mode de positionnement utilisez-vous habituellement ?**  
(Question fermée, plusieurs choix possibles)



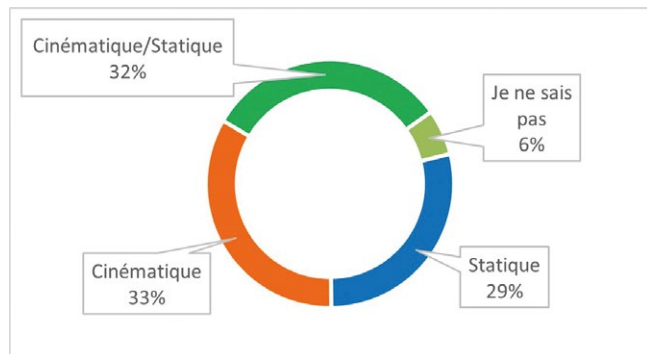
La répartition entre les deux modes de positionnement est relativement équilibrée, avec une prédominance du positionnement en temps réel.

**3. Quelle méthode de calcul pratiquez-vous habituellement ?**  
(Question fermée, plusieurs choix possibles)



Le PPP<sup>2</sup> se développe sensiblement (40 % au total des réponses). À noter une proportion importante de réponses "Je ne sais pas", qui peut traduire l'aspect "boîte noire" de certains logiciels de traitement GNSS.

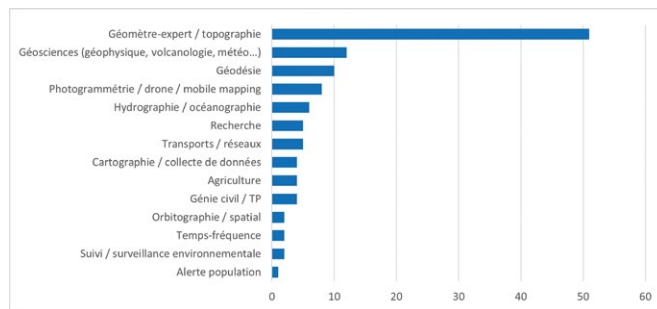
**4. Quel type de levé réalisez-vous habituellement ?**  
(Question fermée, plusieurs choix possibles)



Ici également, la répartition des réponses est remarquable et témoigne de la composition du panel et de ses domaines d'activité positionnement/navigation.

<sup>2</sup> Positionnement précis du point.

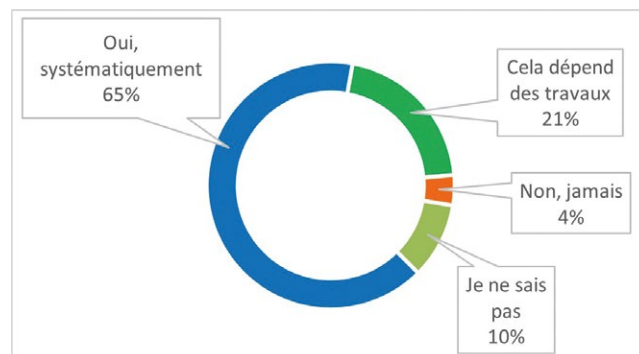
**5. Pouvez-vous décrire votre domaine d'activité ?**  
(Question ouverte)



Les réponses données à cette question ouverte ont été réparties en différentes catégories d'activité et donnent un bon aperçu de la composition du panel de l'enquête.

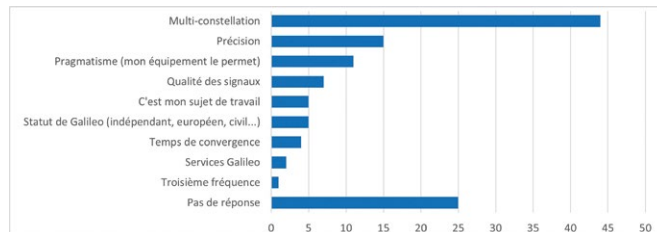
**■ Deuxième partie : l'utilisation de Galileo**

**6. Utilisez-vous Galileo dans vos travaux ?**  
(Question fermée, un seul choix possible)



Galileo est désormais très bien implanté dans le paysage du positionnement et de la navigation GNSS. Depuis plusieurs années, les matériels et logiciels sont "Galileo-compatibles" et les services de positionnement intègrent la constellation européenne.

**7. Si oui, pouvez-vous préciser et expliquer les raisons de l'usage de Galileo ?**  
(Question ouverte)



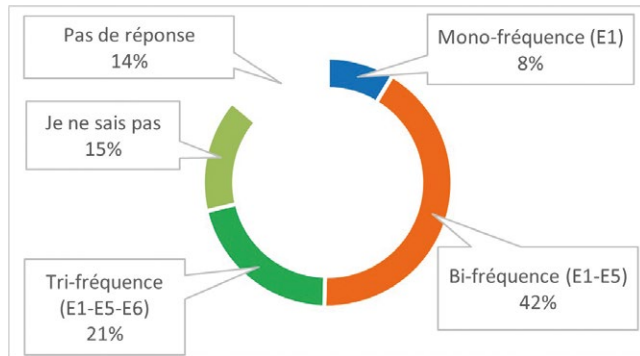
Les réponses données à cette question ouverte ont été réparties en dix catégories. Les résultats montrent que Galileo est très majoritairement utilisé conjointement aux autres constellations, et renforce ainsi la qualité et la fiabilité du positionnement. L'aspect pragmatique de l'utilisation de Galileo est aussi à noter.





## 8. Quelles fréquences de Galileo utilisez-vous ?

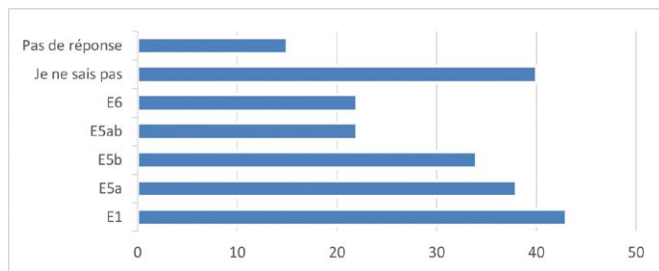
(Question fermée, un seul choix possible)



Les usages sont majoritairement bi-fréquence, ce qui est cohérent avec les besoins en précision centimétrique (première question). L'utilisation de la troisième fréquence se développe, en particulier du fait de la compatibilité de certains récepteurs et services temps-réel.

## 9. Et plus précisément ?

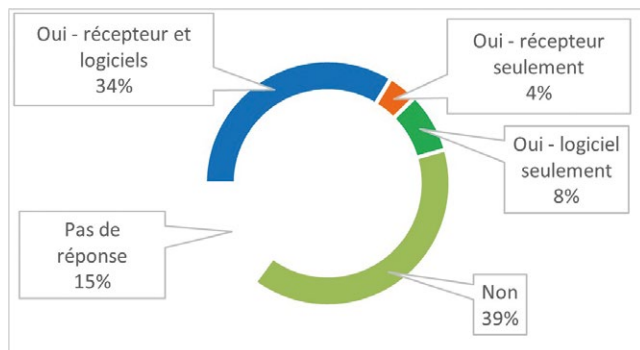
(Question fermée, plusieurs choix possibles)



La façon dont la question a été posée rend malheureusement l'interprétation des résultats difficile. Là aussi, le caractère "boîte noire" de certains logiciels est visible, avec près de 55% de réponses absentes ou "Je ne sais pas".

## 10. Avez-vous modifié votre équipement pour pouvoir profiter de Galileo ?

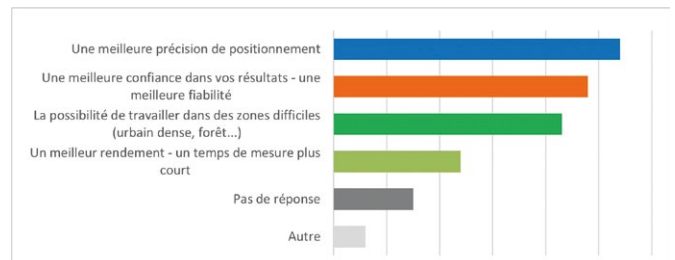
(Question fermée, un seul choix possible)



Le renouvellement d'un matériel ancien non compatible est probablement souvent une opportunité pour intégrer Galileo dans les processus de travail.

## 11. Que vous apporte Galileo dans votre travail ?

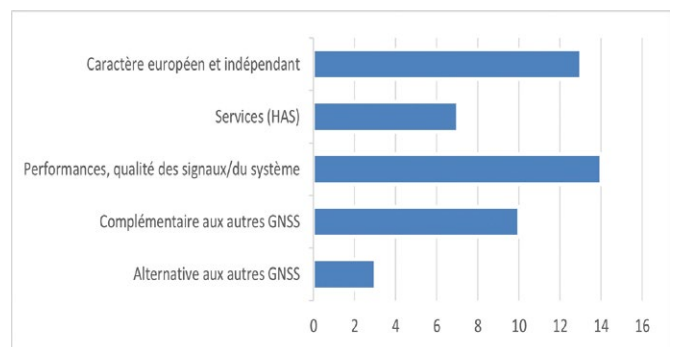
(Question fermée, plusieurs choix possibles, possibilité de donner d'autres apports via un champ texte libre (question 12))



Cette question permettait plusieurs réponses possibles, éventuellement complétées par un texte libre en réponse à la question 12.

## [12. Voyez-vous d'autres avantages à l'utilisation de Galileo ?]

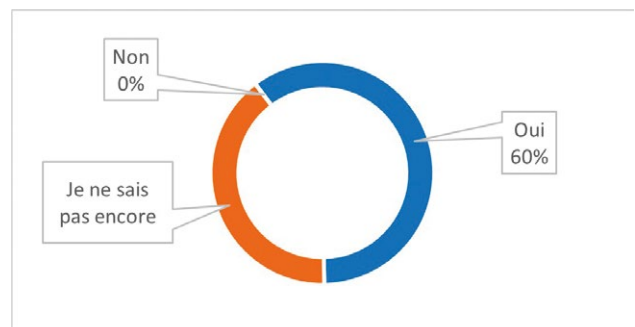
(Question ouverte, seulement en cas de réponse "Autre" à la question 11)



Les réponses données à cette question ouverte ont été réparties en cinq catégories. Outre des précisions apportées sur la complémentarité avec les autres GNSS et l'amélioration des performances, la qualité globale du système Galileo et son caractère européen et indépendant sont soulignés.

## 13. Si cela n'est pas encore le cas, envisagez-vous d'utiliser Galileo à l'avenir ?

(Question fermée, un seul choix possible)

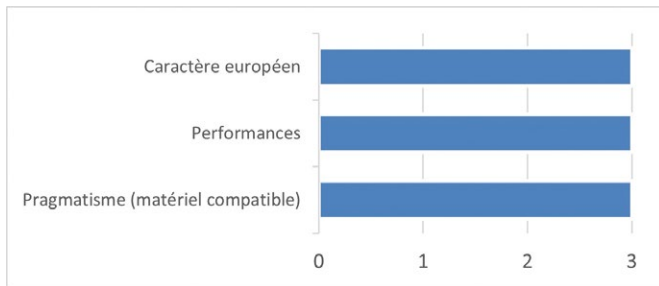


Aucune réponse négative à cette question. Galileo est clairement entré dans le paysage des GNSS.



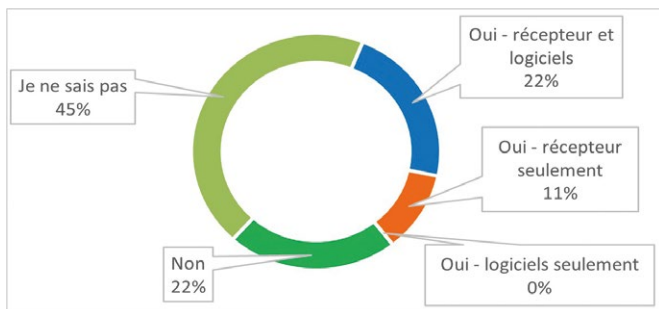
### 14. Si oui, pouvez-vous préciser pourquoi ?

(Question ouverte, seulement en cas de réponse "oui" à la question 13)



Les réponses données à cette question ouverte ont été réparties en trois catégories. Les raisons avancées sont très comparables à celles obtenues aux questions précédentes (11 et 12).

### 15. Envisagez-vous de faire évoluer votre équipement pour utiliser Galileo dans les deux ans à venir ?

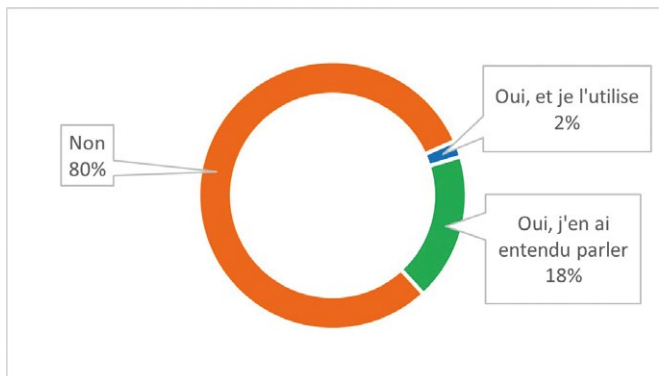


Le passage à Galileo et la modernisation du matériel vont souvent de pair, sans pouvoir déterminer quelle est la cause et quelle est la conséquence.

## Troisième partie : les services et les caractéristiques de Galileo

### 16. Connaissez-vous le service Galileo d'authentification OS-NMA<sup>3</sup> ?

(Question fermée, un seul choix possible)

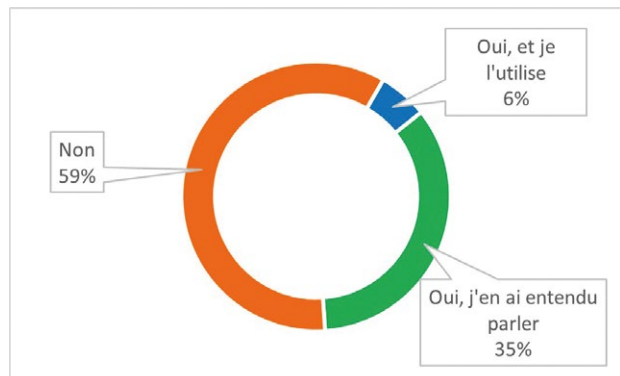


Ce service, qui n'était pas encore déclaré opérationnel à la date de réalisation de l'enquête, est très peu connu des participants.

<sup>3</sup> Open Service Navigation Message Authentication.

### 17. Connaissez-vous le service Galileo de haute précision HAS ?

(Question fermée, un seul choix possible)

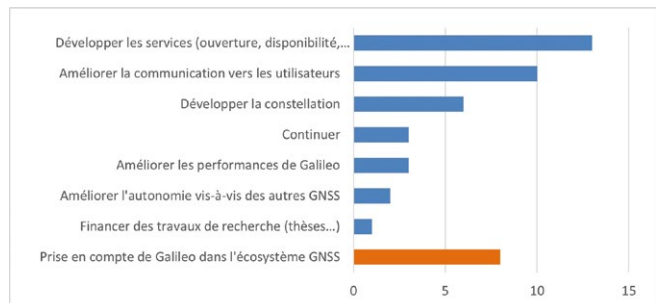


De façon assez surprenante par rapport à la communication faite autour de ce service, celui-ci est également relativement peu connu, sans doute à cause de son caractère très récent à la date de l'enquête et du faible nombre de retours d'expérience d'utilisateurs.

De manière générale, nous voyons que les services proposés par Galileo au-delà des signaux GNSS standards sont peu utilisés à ce jour.

### 18. Que souhaiteriez-vous que Galileo fasse pour vous à l'avenir ? Quels services pourraient-ils être développés pour les utilisateurs ?

(Question ouverte)



Outre les réponses relatives aux services et aux performances du système, la communication vers les utilisateurs finaux est particulièrement ciblée (d'autant plus que certaines réponses relatives aux services traduisent parfois un manque de connaissance de Galileo).

Certaines réponses (8/44, en orange sur le graphique) ne font pas état de demandes vis-à-vis du "système Galileo" (ou de l'EUSPA<sup>4</sup>), mais pointent un manque de prise en compte complète de Galileo et de ses spécificités par l'écosystème GNSS : logiciels, réseaux et services de positionnement, récepteurs...

Une réponse particulière propose de "repenser une solution [logicielle] nationale 100 % Galileo compatible" .



<sup>4</sup> Agence de l'Union européenne pour le programme spatial.

**19. Pouvez-vous préciser pourquoi vous n'utilisez pas Galileo ?**  
(Question ouverte, seulement en cas de réponse "non" à la question 6)

Seulement 4 réponses à cette question :

- GPS et GLONASS suffisent ;
- mon matériel est ancien et non compatible ;
- j'utilise le service Teria ;
- je n'ai pas pris le temps d'évaluer l'apport de Galileo dans mes traitements.

**20. Pouvez-vous préciser pourquoi vous n'envisagez pas d'utiliser Galileo ?**

(Question ouverte, seulement en cas de réponse "non" à la question 13)

Aucune réponse, puisque personne n'a répondu "non" à la question 13 "Si cela n'est pas encore le cas, envisagez-vous d'utiliser Galileo à l'avenir ?".

**21. Si vous disposez d'éléments quantitatifs qui illustrent les bénéfices de Galileo pour vos applications, pouvez-vous les préciser ici ? Il peut s'agir de résultats que vous avez obtenus ou de rapports techniques sur lesquels vous vous êtes appuyés.**

(Question ouverte)

Peu de retours quantitatifs sur les apports de Galileo. Outre trois études en cours qui devraient faire l'objet de publications (dont un "article comparatif sur les différents GPS", à paraître dans Novae, revue de l'Inrae), quelques articles ont été cités :

Deux sur l'évaluation des erreurs des marées océaniques :

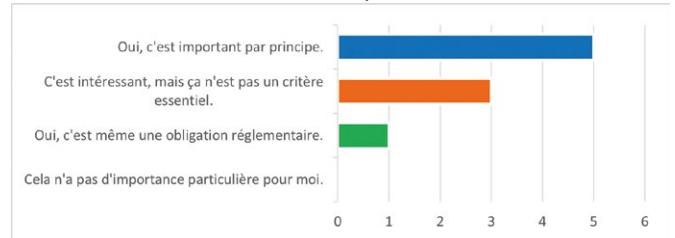
- Ait-Lakbir et al. : *Assessment of sub-daily ocean tide loading errors and mitigation of their propagation in multi-GNSS position time series*, GPS Solutions 2023 (lien) ;
- Ait-Lakbir et al. : *Impact of the GPS orbital dynamics on spurious interannual Earth deformation*, 2023 Geophysical Journal International (lien).

Deux sur l'utilisation des satellites Galileo en orbite excentrique pour tester le redshift gravitationnel :

- Bertrand, B., P. Defraigne, A. Sheremet, A. Hees, P. Wolf, P. Delva, and others, GASTON Project : *Searching Dark Matter Using the Galileo Satellites*, in Proceedings of the ETFS/IFCS 2021, 2021 (lien) ;
- Delva, P., N. Puchades, E. Schönemann, F. Dilssner, C. Courde, S. Bertone, and others, *Gravitational Redshift Test Using Eccentric Galileo Satellites*, Phys. Rev. Lett., 121.23 (2018), 231101 (lien).

**22. Le caractère européen et l'indépendance du système Galileo vis-à-vis des autres systèmes (GPS, GLONASS, BEIDOU...) sont-ils des éléments importants pour vous et votre activité ?**

(Question fermée, un seul choix possible)



Note : suite à une erreur dans la programmation de l'enchaînement des questions, cette question n'a été posée qu'aux personnes qui ont répondu "non" à la question "Utilisez-vous Galileo dans vos travaux" et n'a donc reçu que 9 réponses et non une centaine.

Malgré le très faible nombre de réponses obtenues à cette question, le caractère européen et indépendant de Galileo semble un critère important pour les participants. La situation géopolitique à la date de réalisation de l'enquête (guerre russo-ukrainienne en particulier) a probablement une influence sur les résultats, avec les inquiétudes sur l'utilisation de GLONASS et les risques de brouillage du GNSS.

Ces résultats sont également à rapprocher des réponses obtenues à la question 12 "Voyez-vous d'autres avantages à l'utilisation de Galileo ?" : plus d'un quart des réponses (13/47) mentionnent spécifiquement le caractère européen ou indépendant de Galileo.

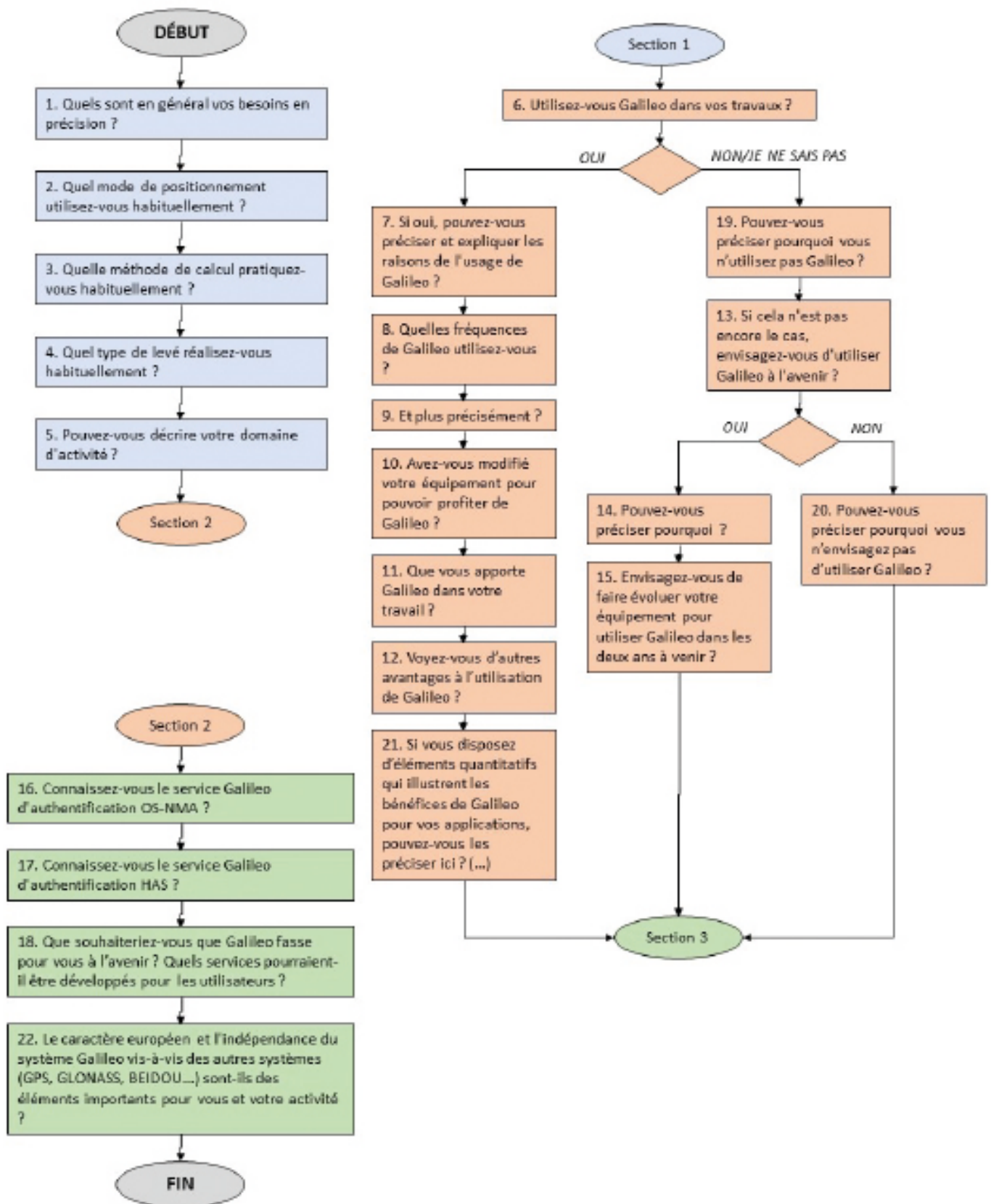
## Conclusions et suites à donner

Galileo est clairement entré dans les usages de la communauté des utilisateurs ciblée par le questionnaire. Globalement, les évolutions du matériel (récepteurs), des logiciels de calcul GNSS et des services associés facilitent l'usage de Galileo, même si des progrès restent à réaliser dans ce domaine. Les avantages de l'usage de Galileo en termes de performance et de robustesse des processus de positionnement et de navigation sont reconnus, même s'ils ne sont pas souvent quantifiés, principalement par le caractère multiconstellation des traitements qui induit un nombre plus élevé de satellites et d'observations.

Pour combler certaines lacunes du questionnaire qui apparaissent à la lecture de ces résultats, certaines suites peuvent être envisagées :

- préparer une version élargie du questionnaire en ciblant davantage la compatibilité avec Galileo de l'écosystème GNSS : logiciels, récepteurs, réseaux et services ;
- étendre le questionnaire aux questions de temps/fréquence/synchronisation, avec l'appui de membres de cette communauté spécifique ;
- renouveler le questionnaire à l'identique avec une fréquence à définir pour connaître l'évolution de l'usage de Galileo ;
- chercher à identifier et quantifier l'apport de Galileo en tant que tel et non seulement en ajout aux autres GNSS.

## ■ Annexe 1 : le questionnaire





## ■ Annexe 2 : verbatim des réponses aux questions ouvertes

(Les réponses vides ont été supprimées, seules quelques fautes de frappe ont été corrigées.)

### 5. Pouvez-vous décrire votre domaine d'activité ?

- Géomètre de précision SNCF Réseau
- Alerte aux populations
- Topographie
- Topographie, Génie civil, Ouvrage d'art, auscultation
- Foncier, topo
- Géodésie
- Géomètre-expert
- Ingénierie géodésique
- Topographie
- Géomètre-expert
- Travaux publics
- Géomètre
- Activité foncière dans un cabinet de géomètres-experts
- Hydrographie pour la construction (Dragage, Construction portuaire, Installation Offshore, etc.)
- Photogrammétrie
- Géomètre-expert
- Géomètre topographe
- Géodésie / détermination des coordonnées de références
- Topographie
- Géomètre-expert
- Topographie
- Climat
- Recherche
- Géomorphologie
- Recherche sur la mobilité des véhicules et des personnes.
- *Surveying*
- Géodésie, topo
- FPT Nous entreprenons les relevés des réseaux, implantations archéologiques, référencement images drone, etc. géolocalisation des camions, etc.
- Suivis naturalistes à long terme, notamment sous couvert forestier
- Collecte de données SIG, topographie, levés drone
- Pro : Auscultation, canevas de référence topo. Perso : navigation, randonnée
- Calibration altimétrique par mobile GNSS. Création de géoïde marin
- Sciences de la Terre : déformation du sol et hydrologie
- Géomètre Topographie AE prestation de service
- Topographie
- Vente d'appareils de topographie dont les récepteurs GNSS de précision avec connexion NRTK
- Géomètre
- Génération et mise à disposition de références de temps et de fréquence. Comparaisons temps/fréquence avec des laboratoires distants au niveau de la nanoseconde, ce qui se traduit par un besoin de résolution centimétrique sur la position d'antenne et sub-métrique en temps réel
- Géomaticien en collectivité territoriale
- Drone et LiDAR - Production de MNT, Photogrammétrie
- Géophysique et géodésie : mesure des déformations, calcul de coordonnées pour repère de référence
- Recherche publique
- Recherche scientifique
- Surveillance de l'environnement
- Agriculture
- Navigation inertielle couplée par GNSS
- Géomètre-expert
- Géomètre-expert
- Topographie
- Recherche
- Mise en place de référentiels topographiques pour la construction. Auscultation GNSS de précision
- Vente de matériel GNSS
- Agriculture, traitement, semis, travail sol
- Activité de géomètre
- Géosciences
- Topographie
- Recherche fondamentale
- Géodésie et géophysique : positionnement, troposphère, ionosphère, météorologie
- Agriculture - RTK sur matériel agricole
- Travaux publics
- Surveillance volcanologique
- Topographie
- Constructeur de matériel GNSS de haute-précision
- Surveillance volcanologique
- Topographie pour l'archéologie
- Topographie
- Relevés topographiques, implantations, rattachements dans le référentiel national
- Cartographie (*OpenStreetMap* <https://www.openstreetmap.org>). Topographie (archéologie)
- Géomètre-expert
- Mesures aéroportées. Traitement a posteriori de la trajectoire des porteurs pour aboutir à la meilleure précision possible
- Cabinet de géomètres-experts
- Géomètre-expert : travaux topographiques et fonciers
- Collecte de données géolocalisées pour *OpenStreetMap* / Panoramax. Principalement des photos
- Offre position centimétrique temps réel/post-traitement GNSS Logiciel
- Formation matériels géospatial
- Volcanologie
- Géomètres-experts
- Topographie
- Positionnement à la mer et sur terre pour l'hydrographie et de la géodésie-SHOM
- Mapping
- Archéologie, Monuments Historiques
- Astrogéodésie
- Traitement double différence avec GAMIT sur des données de stations européennes (constellation GPS uniquement). Traitement PPP avec Gipsy sur des données sud-américaines et japonaises (constellation GPS uniquement)
- Calibration/Validation des missions altimétriques (Jason, SWOT, ...)
- Travaux de réseaux



- Cartographie mobile - Leica Pegasus II Ultimate
- Levé topographique RTGE classe de précision E,N de 5 cm H de 5 cm. Contrôle de levé topographique selon arrêté de 2003 (classe de précision)
- Acquisition d'imagerie aérienne
- Orbitographie Précise (sat bas, IGS, ITRF)
- Collectivité territoriale : topographie, gestion de patrimoine
- Traitement de données de géodésie spatiale pour la détermination des paramètres d'orientation de la Terre
- Profession de géomètre-expert
- Automobile Défense
- Géodésie
- Géodésie
- Géomètre terrassement *Land surveyor in earth moving*
- Modélisation de l'ionosphère
- Hydrographie
- Revendeur matériel GNSS
- Océanographie, niveau de la mer
- Agriculture et guidage

**7. [Si vous utilisez Galileo], pouvez-vous préciser et expliquer les raisons de l'usage de Galileo ?**

- Constellations satellitaires plus homogènes
- Car seul Galileo propose un service d'alerte aux populations (EWSS)
- Récepteur full GNSS
- Plus de satellites, meilleure répartition, signaux plus performants
- Usage du signal E6 pour PPTR
- Récepteur GNSS couplé au GPS et à GLONASS
- Plus de satellites
- Augmenter la couverture satellitaire et la précision
- Topographie
- Amélioration du nombre de satellites disponibles
- Ajout de constellations satellitaires pour positionnement. Utilisation européenne des données
- Service TERIA
- Bonne couverture, non dépendant des USA/Russie
- Relevés topographiques et besoin de précisions centimétriques
- Fait partie des multiconstellations
- Recherche de la meilleure précision, soutien à la politique spatiale européenne
- Meilleur signal à proximité des masques de bâtiments, etc.
- Amélioration de la précision. Plus de satellites
- Plus d'observations
- Augmenter nombre des satellites utilisés
- Localisation des sites d'échantillonnage
- Meilleur que GLONASS, intérêt pour le HAS
- City canyon
- Meilleure disponibilité et plus généralement meilleure précision altimétrique quand il est utilisé
- Notre équipement utilise nativement les constellations Galileo, GPS GLONASS et BEIDOU, QZSS, SBAS
- En complément des autres constellations, pour maximiser le nombre de satellites
- Parce qu'intégré d'origine dans mes récepteurs GNSS. Aucun intérêt de le désactiver, d'ailleurs avec la plupart de mes logiciels de saisie, il n'est possible de désactiver aucune des constellations GNSS
- Amélioration du temps d'initialisation, augmentation du nombre de satellites visibles
- Dans des environnements difficiles (nombreux masques ou mouvements importants du mobile), amener de la densité de mesures permet d'améliorer les solutions de positionnement par une meilleure détection et fixation des ambiguïtés
- Augmenter le nombre de satellites à la fois pour la précision et l'opérationnalité
- Avoir plus de constellations
- Meilleure précision
- Galileo ajoute des satellites aux calculs ce qui donne une meilleure stabilité de la précision dans des conditions difficiles. Et ce d'autant plus qu'actuellement les conditions iono sont compliquées par une activité solaire élevée
- L'exploitation des signaux Galileo pour les raccordements temps/fréquence est en cours de développement et nous y contribuons
- Choix de la constellation automatique, gérée par l'application
- Je l'utilise chaque fois que mon matériel est compatible, mais ce n'est pas le cas pour certains équipements un peu anciens
- En pratique et quand je peux j'utilise les quatre constellations (GPS, GLONASS, BEIDOU et Galileo)
- On obtient des positions plus précises en combinant GPS et Galileo. De plus, l'utilisation de plusieurs constellations permet d'identifier les erreurs systématiques introduites par chacune des constellations
- Positionnement précis
- Densification, stabilité des horloges, précision des orbites
- Guidage GPS de machines agricoles
- Très bonne précision des mesures
- Rattachement planimétrique et altimétrique de nos levés
- Comparaison d'horloges atomiques pour la recherche fondamentale
- Plus de données et donc meilleures précisions que GPS seul Récepteur GPS + Galileo activé pour avoir une meilleure performance globale
- Amélioration de la couverture et augmentation des observables
- Plus de satellites disponibles et position disponible rapidement et initialisation rapide - accès aux corrections RTK MSM
- Augmentation de la constellation dans les zones avec des masques
- Il est disponible sur le récepteur
- Disponibilité, donc meilleure couverture
- Tout dépend la machine que j'utilise, le bulldozer ne prend en compte que GPS et GLONASS
- Pic iono et mesures en environnement difficile
- Principalement en augmentation du GPS
- Système civil (non sujet au SA). Métadonnées ouvertes, offrant de meilleurs produits satellites
- Nos GNSS captent la constellation, mais je ne crois pas que notre solution de calcul les utilise pour le post-traitement
- Meilleure disponibilité



- Constellation qui, ajoutée aux constellations GPS et GLONASS, permet d'assurer une excellente couverture et redondance des satellites
- Amélioration de la précision, redondance
- Augmentation du nombre d'observations disponibles
- Gain de précision
- Amélioration du calcul global incluant les signaux GPS, GLONASS et BEIDOU
- Les satellites Galileo sont utilisés par le récepteur que j'utilise
- Test multiconstellation et HAS
- C'est une constellation supplémentaire qui permet d'améliorer les calculs de positionnement
- Amélioration qualité du positionnement
- Positionnement / Géoréférencement
- Galileo est géré par une institution civile contrairement à GPS et GLONASS et est européen donc les informations circulent plus librement et arrivent plus simplement jusqu'à nous. L'ajout d'une constellation amène de la robustesse sur le positionnement en temps réel
- Déterminer les variations sub-diurnes de la rotation terrestre
- Améliorer la précision
- Amélioration notable de la correction RTK du GNSS par l'observation de trois constellations
- Pour un besoin d'amélioration de la précision de la trajectoire de l'avion
- Augmentation du nombre de signaux GNSS (vs GPS seul par exemple)
- Apport de satellites supplémentaires ce qui améliore la fiabilité et la précision du calcul de positionnement
- Les observations que j'utilise sont celles de plusieurs systèmes de satellite (GPS, Galileo, GLONASS, BEIDOU...)
- OSNMA Sécurité redondance
- Obtenir plus de sources de données pour plus de précision.
- Ajout de plusieurs satellites pour un fixe rapide
- La possibilité d'avoir des observations GNSS de différents systèmes de position par satellite.
- Récepteurs GNSS multiconstellations qui prennent en compte Galileo de manière transparente pour les utilisateurs
- Meilleure productivité
- Lorsque les observations Galileo sont disponibles dans les données RINEX, j'essaie de privilégier le traitement multiconstellation pour avoir un maximum d'observables (traitement de bouées GNSS, porteurs marins en mouvement...). Cela dépend des données récupérées

## 12. Voyez-vous d'autres avantages à l'utilisation de Galileo ?

- Des services supplémentaires à ceux du positionnement (SAR, EWSS)
- Indépendance européenne
- Oui plus de fiabilité et de disponibilité
- Oui Galileo HAS
- Redondance vs autres systèmes
- Enfin de la donnée européenne !
- Souveraineté européenne
- Système européen
- Robustesse signal
- OSNMA, quand les récepteurs l'intégreront nativement
- C'est une constellation gérée par l'Union européenne
- Une meilleure confiance dans le système et les informations transmises
- Productivité, la réception est meilleure dans les environnements difficiles. Mais impossible d'isoler les bénéfices de Galileo par rapport à ceux de GLONASS ou BEIDOU. Ni de ceux des évolutions matérielles, les récepteurs sont aussi de plus en plus sensibles et efficaces contre les multitrajets. Bref, aucune raison de s'en passer, mais très difficile de savoir ce qu'apporte Galileo factuellement. Quand je disposerai de récepteurs compatibles E6, peut-être
- Indépendance européenne, redondance
- Galileo est gratuit et fiable
- Alternative par rapport aux autres GNSS
- Augmentation du nombre de satellites dispos
- Ça augmente les probabilités d'avoir une PDOP optimale
- Les horloges des satellites sont plus stables. On a accès à plus d'informations sur les satellites ce qui permet d'avoir des produits d'orbites et horloges plus précises pour les applications de positionnement (et pas que)
- GPS + Galileo donne meilleure géométrie que GPS seul
- Moins de sauts de cycles
- Mon GPS se connecte à une constellation de satellites automatiquement
- Meilleure précision et robustesse
- Système civil, coopération avec l'ESA
- Positionnement, application troposphérique et ionosphérique.
- Ayant un besoin plutôt basique, pas d'avantage supplémentaire pour moi
- Résistance aux effets ionosphériques
- Meilleure couverture
- Probablement l'usage du HAS Full Service pour un positionnement horizontal sub-métrique
- S'appuyer sur une constellation dont on ne risque pas d'avoir de dégradation des signaux en cas de tensions politiques.
- C'est européen : l'avantage est purement psychologique en termes de souveraineté de la donnée, mais concrètement cela ne change rien à mon quotidien
- Service européen
- À termes, ne plus avoir recours aux signaux GPS, GLONASS et BEIDOU
- Système européen donc local
- Galileo proposera un service de correction en temps réel gratuit à terme qui pourrait remplacer les abonnements payants (HAS)
- Meilleur DOP. Ne plus utiliser GLONASS
- Décorrélation de la période orbitale des effets de marées lunisolaires diurnes et semi-diurnes, contrairement au GPS.
- Indépendance
- Temps de traitement légèrement plus long, quantité de recalage beaucoup plus faible en moyenne
- Améliorer la précision de la trajectoire en temps réel
- Fixation ambiguïtés entières facilitée vs GPS
- La potentielle future utilisation du High Accuracy Service
- La redondance des mesures est un facteur de fiabilité de nos traitements
- Confiance
- Densité des stations GNSS sur l'Europe



- Attente forte dans HAS
- Possibilité d'avoir plus de satellites visibles.

**14. [Si vous n'utilisez pas Galileo mais que vous envisagez de le faire] Pouvez-vous préciser pourquoi ?**

- Parce que c'est européen
- Selon les équipements proposés dans le commerce
- Réseau européen, plus grande précision annoncée
- Dépendra de la compatibilité avec les récepteurs GNSS en notre possession
- Topographie
- Parce que c'est européen
- Changement de matériel
- Fiabilité des résultats

**18. Que souhaiteriez-vous que Galileo fasse pour vous à l'avenir ? Quels services pourraient-il être développés pour les utilisateurs ?**

- Être plus robuste aux interférences
- Envoi de correction PPPTR
- Développer des logiciels métiers permettant une utilisation simple des outils proposés par Galileo pour les métiers du géomètre-expert. Pouvoir évaluer la fiabilité des données en temps réel vis-à-vis des perturbations solaires
- Une constellation LEO
- Continuer !
- Améliorer la précision altimétrique
- Formation de perfectionnement aux outils
- Néant. Usage de Galileo encore expérimental
- Être omniprésent sur les systèmes NRTK
- Qu'il soit davantage pris en compte dans les stations de base du RGP IGN. Aujourd'hui la plupart des stations sont GPS-GLONASS
- HAS sur BEIDOU et GLONASS
- Plus d'informations concernant les autres utilisations possibles, au-delà d'un simple signal GPS
- Continuer à exister
- J'aimerais disposer d'un récepteur capable de proposer une précision de 1 cm HRMS partout, y compris en ville et en forêt, qui sache donc corriger parfaitement les multitrajets. Je ne pense pas que ce soit du ressort d'une constellation, mais plutôt du matériel
- Je pars en retraite dans 18 mois, c'est aux jeunes de répondre
- Plus de satellites
- Base correction temps réel dispo sur tout le territoire
- Permettre un positionnement sub-métrique avec des récepteur bi-fréquence simples (dont le téléphone) / Développer une application "Galileo" pour smartphone
- Compléter la constellation au plus vite
- Diffuser un flux de correction PPP gratuitement
- Non prise en compte correcte des nouveaux observables E5a E5b E5AltBoc et E6 du fait de l'ancien standard RINEX3 toujours massivement utilisé => nécessité de généraliser le format RINEX3/4 au plus vite. Coût lié à l'upgrade des firmwares (coût complètement superflu car les récepteurs ont la capacité d'enregistrer les nouvelles constellations par

- design) => retard dans la généralisation des réseaux Galileo-compatibles. Quels produits (orbites, horloges...) utiliser en entrée ? => pas de produit IGS multiconstellation disponible, mais devrait être résolu pour le prochain *IGS Workshop* en juillet. => Besoin d'utiliser des produits propres à chaque AC (typiquement GRG pour les produits nationaux), mais les usagers ne sont pas forcément informés. Peu de logiciels post-traitement pleinement Galileo-compatibles encore à l'heure actuelle car initialement conçu pour du GPS-only et Galileo ne semble être performant uniquement sur les logiciels "récents" i.e. conçus ces dernières années e.g. GROOPS (TU Graz Autriche) ou PRIDE-PPPAR (Univ. Wuhan, Chine). => Vraisemblablement nécessaire de repenser une solution nationale 100 % Galileo compatible
- Une meilleure information sur le moyen de tester puis d'adopter ces services. Nous sommes justement en train d'étudier le remplacement de nos appareils et je ne sais pas comment on pourrait s'appuyer plus sur ces services
- Avoir plus de satellites pour augmenter la disponibilité en zone urbaine
- Pas d'attente particulière d'un point de vue opérationnel. D'un point de vue stratégique, garantir le maintien de l'utilisation possible du GNSS en autonomie des systèmes GPS, GLONASS, BEIDOU...
- M'informer sur le service HAS...
- Une grande campagne de sensibilisation et de communication auprès des professionnels de la mesure et des écoles
- Un peu plus de clarté sur les services Galileo. Quels sont-ils ? Sont-ils ouverts à tous ? Avec ou sans abonnement ? Avec ou sans récepteur GNSS adapté ? Etc.
- Communication sur le fonctionnement et nouveauté éventuelle
- Meilleure communication
- Le développement de la couverture mondiale des performances de Galileo et son HAS sur l'ensemble de la ZEE française (Polynésie française, Nouvelle-Calédonie, etc.)
- Financer les acteurs français traitant les données Galileo à des fins astro-géodésiques, par exemple sous la forme de thèse ou de post-doc
- Finaliser la constellation et la maintenir
- L'accès aux éphémérides des satellites
- CAS EWSS
- Disponibilité de l'authentification et éventuellement haute précision sans frais
- Communication pour un public large
- Plus d'informations sur son fonctionnement
- Meilleure couverture en Asie
- Être le plus ouvert possible au niveau des données et des métadonnées, en particulier pour les prochaines versions de Galileo avec les liens inter-satellites
- Je travaille au niveau des RINEX. Si une action devait être menée, cela consisterait au niveau des constructeurs des récepteurs d'assurer une bonne horloge commune afin que les biais d'horloge GPS/Galileo soient constants au cours de la journée...
- Précision et autonomie en cas de défaillance des autres constellations
- Calcul en ligne de longues lignes de base



- Utilisation dans le domaine agricole
- Des corrections en temps réel de l'ionosphère
- Attente précision centimétrique en vertical avec HAS (pour des besoins de marée GNSS dans le cadre de levés hydrographiques via l'ellipsoïde) sans besoin de payer des abonnements de type Marinestar.

### 19. Pouvez-vous préciser pourquoi vous n'utilisez pas Galileo ?

- GPS et GLONASS sont déjà bien présents
- Parce que j'utilise Teria
- Matériel ancien, non compatible avec Galileo
- Pour les données européennes, pas de contractualisation sur ce point, et les données GPS sont a priori suffisantes. Pour le traitement Gipsy, pas pris le temps de tester l'apport des données Galileo.

### 21. Si vous disposez d'éléments quantitatifs qui illustrent les bénéfices de Galileo pour vos applications, pouvez-vous les préciser ici ? Il peut s'agir de résultats que vous avez obtenus ou de rapports techniques sur lesquels vous vous êtes appuyés.

- Lors des opérations de post-traitement, calcul des lignes de base vectorielles plus fiables et précises
- Seule constellation GNSS à proposer des services SAR et EWSS
- Trop de données
- NDA
- Néant. Usage de Galileo encore expérimental
- *faster fix with low sky visibility*
- Résultats Galileo confondus dans les résultats globaux
- Article comparatif de différents GPS, à paraître dans Novae (Inrae)
- J'intègre Galileo avec les autres constellations
- Difficile à quantifier
- Quantification grâce à Galileo d'erreurs de modèle de déformation de marées aux fréquences de marées (K1, K2). Les erreurs orbitales des satellites GPS se répètent exactement aux mêmes fréquences ce qui ne permet pas de caractériser ces erreurs de modèles. Ait-Lakbir 2023 GPS Solutions <https://doi.org/10.1007/s10291-023-01467-9> Ait-Lakbir 2023 GJI <https://doi.org/10.1093/gji/ggad268>

- <https://renag.resif.fr/fr/donnees/qualite/>
- Bertrand B., P. Defraigne, A. Sheremet, A. Hees, P. Wolf, P. Delva, and others, *GASTON Project: Searching Dark Matter Using the Galileo Satellites*, in *Proceedings of the ETFS/IFCS 2021, 2021* Delva, P., N. Puchades, E. Schönemann, F. Dilssner, C. Courde, S. Bertone, and others, *Gravitational Redshift Test Using Eccentric Galileo Satellites*, *Phys. Rev. Lett.*, 121.23 (2018), 231101 <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.121.231101>
- Études en cours
- En cours d'évaluation
- Comparaison d'orbites au niveau centimétrique avec les orbites IGS
- *Ionospheric corrections tailored to the Galileo high accuracy service*

L'enquête a été mise en ligne sur le site du CNIG, sur les pages consacrées à la commission GEOPOS et au GT GNSS et Positionnement. Le lien vers le PDF original du rapport : [https://cnig.gouv.fr/IMG/pdf/enquete\\_galileo\\_rapport\\_20240614.pdf](https://cnig.gouv.fr/IMG/pdf/enquete_galileo_rapport_20240614.pdf) ●

## Contact

Sébastien Saur, Institut national de l'information géographique et forestière (IGN), Service de géodésie et de métrologie. Secrétaire du GT GNSS et Positionnement, [sebastien.saur@ign.fr](mailto:sebastien.saur@ign.fr)

## ABSTRACT

*According to the terms of its mandate, the GNSS and Positioning working group of the CNIG Geopositioning commission aims to "maintain an overview of uses, solutions and innovations in the field of positioning by GNSS alone, augmented and/or hybridized". At the time when the Galileo positioning system became fully operational, especially with the opening of the High Precision Positioning Service (HAS), it seemed relevant to try to better understand the use of Galileo in the positioning practices of the different professional sectors. The Geopositioning commission, at its meeting in October 2022, therefore entrusted its GNSS and Positioning working group with the organization of an online survey, with the objective of "better understand the uses of the European satellite positioning system Galileo and the services it offers in the French user community".*

### Olivier Reis

Ingénieur géomètre-topographe  
ENSAI Strasbourg - Diplômé de l'Institut  
de traducteurs et d'interprètes (ITI) de Strasbourg  
9, rue des Champs  
F-57200 SARREGUEMINES  
Téléphone / télécopie : 03 87 98 57 04  
Courriel : [o.reis@infonie.fr](mailto:o.reis@infonie.fr)

Pour toutes vos traductions d'allemand  
et d'anglais en français en topographie –  
géodésie – géomatique – GNSS

### Reinhard Stölzel

Ingénieur géomètre-topographe  
Interprète diplômé de la  
Chambre de commerce et d'industrie de Berlin  
Heinrich-Heine-Straße 17, D-10179 BERLIN  
Téléphone : 00 49 30 97 00 52 60  
Télécopie : 00 49 30 97 00 52 61  
Courriel : [stoelzelr@aol.com](mailto:stoelzelr@aol.com)

Pour toutes vos traductions de français  
et d'anglais en allemand en géomatique  
– GNSS – infrastructures de transport

Des topographes traducteurs d'expérience à votre service