

# **Documentation GYROLIS 2.1**

# **Présentation générale de l'application**

## **GYROLIS 2.1**

---

GYROLIS est un logiciel dont l'objectif est la fourniture des coordonnées géographiques (latitude et longitude) d'un véhicule équipé d'un récepteur GPS (différentiel ou non), d'un gyromètre et d'un odomètre, ainsi que la précision associée.

GYROLIS fusionne des solutions de navigation par GPS avec les mesures :

- du gyromètre (mesure de la vitesse de rotation) ;
- de l'odomètre (mesure de la distance parcourue).

*Nota : « rotation » sous-entend ici « rotation verticale », c'est à dire le cap du véhicule.*

La fusion repose sur un filtrage de Kalman et un lissage des trajectoires calculées en traitant les données dans le sens horaire d'une part, et dans le sens anti-horaire d'autre part. Les éléments principaux de l'algorithme sont publiés dans [1].

Les données doivent être conformes à certaines spécifications précisées ensuite. L'outil d'acquisition multi-capteurs GYROLIS MSAT délivre directement des données conformes à ces spécifications.

# Spécifications

---

## Les entrées

Il y a 4 fichiers de type texte en entrée de GYROLIS qui correspondent à l'instrumentation du véhicule précédemment citée : un récepteur GPS (différentiel ou non) ayant la double fonction de navigation et d'horloge, un gyromètre et un odomètre.

### **Fichier de navigation GPS**

GYROLIS admet en entrée un premier fichier texte, portant l'extension « .gps », contenant les solutions de navigation (en coordonnées géographiques) délivrées par le récepteur GPS (différentiel ou non), leur datation UTC, et un indicateur (ou flag) du mode de fonctionnement du récepteur : 2 pour « différentiel », sinon GYROLIS considère qu'on est en « naturel ». Les coordonnées géographiques sont signées : latitudes positives dans l'hémisphère nord et longitudes positives à l'est du méridien de Greenwich.

Séparateurs : l'espace ou la tabulation.

Unités : hhmmss.ss, ddmn.mmmmm (latitude, puis longitude) et sans unité.

Exemple :

```
154846.00 4847.114915 205.948893 162.50 1.3 2
154847.00 4847.114915 205.948896 162.50 1.3 2
154848.00 4847.114917 205.948894 162.50 1.3 2
154849.00 4847.114911 205.948888 162.50 1.3 2
154850.00 4847.114906 205.948887 162.50 1.3 2
154852.00 4847.114905 205.948880 162.51 1.3 2
...
155515.00 4847.120901 205.929373 162.45 1.3 1
155516.00 4847.120903 205.929376 162.43 1.3 1
155517.00 4847.120901 205.929376 162.44 1.3 1
155518.00 4847.120899 205.929375 162.44 1.3 1
155519.00 4847.120897 205.929377 162.43 1.3 1
155520.00 4847.120898 205.929375 162.43 1.3 1
```

*Nota : deux champs (altitude et PDOP remplis par GYROLIS MSAT à partir de trames NMEA GGA) en colonnes 4 et 5 ne sont pas utilisés par GYROLIS.*

GYROLIS gère deux modes de fonctionnement du récepteur : ainsi, en cas d'utilisation d'un GPS différentiel, les solutions de navigation effectivement en mode « différentiel » doivent être indiquées dans ce fichier par le flag 2, les autres étant considérées en mode « naturel ». Le cas échéant, des solutions en d'autres modes doivent être préalablement supprimées. Il n'y a donc pas nécessairement une ligne de données toutes les secondes pour le récepteur DGPS 1 Hz de l'exemple : **la continuité des données dans le fichier GPS n'est pas nécessaire.**

Le nombre de décimales de minute des coordonnées géographiques entrées est repris par GYROLIS pour les coordonnées géographiques sorties.

## **Fichier de synchronisation GPS**

GYROLIS admet en entrée un deuxième fichier texte, portant l'extension « .**utc** », contenant l'heure UTC délivrée par le récepteur GPS à chaque pulse par seconde (PPS, dont les décimales ne sont pas utilisées) et la datation des pulses par l'horloge du système d'acquisition (par exemple un PC) dont est doté le véhicule instrumenté.

*Nota : certains récepteurs GPS donnent l'heure UTC avec des décimales alors que le PPS est à la seconde entière. Ces décimales ne sont effectivement pas utilisées par la version 2.1 de GYROLIS, alors qu'elles l'étaient dans les versions précédentes (ce qui constituait un bug).*

Séparateurs : l'espace ou la tabulation.  
Unités : hhmmss et  $\mu$ s (cf. Nota).

Exemple :

125330.13	485914
125331.14	1485679
125332.12	2485550
125333.12	3486593
125334.13	4486213
125335.12	5486411
...	
130255.13	565471466
130256.15	566471297
130257.13	567471138
130258.13	568471076
130259.14	569470857
130300.13	570471224

Nota : la microseconde utilisée pour la datation provient de GYROLIS MSAT mais cette unité n'est pas obligatoire : **la datation par le système d'acquisition doit cependant être décimale** (on peut par exemple utiliser la seconde suivie de décimales, mais pas de combinaison hhmmss.ssssss). **La datation utilisée dans le fichier de synchronisation doit être reprise dans les fichiers gyromètre et odomètre à suivre.**

## **Fichier gyromètre**

GYROLIS admet en entrée un troisième fichier texte, portant l'extension « .**gyr** », contenant la vitesse de rotation mesurée par le gyromètre (signée, **positive quand on tourne à gauche**), la température interne du capteur et la datation par le système d'acquisition des mesures.

Séparateurs : l'espace ou la tabulation.  
Unités : degré par seconde, degré et  $\mu$ s.

Exemple :

-0.055	0.00	121624
-0.040	0.00	221373
-0.052	34.65	322146
-0.052	34.65	421384
-0.040	34.65	521106
-0.067	34.65	625090

```

...
-0.049      35.25      570731182
-0.040      35.25      570831092
-0.055      35.25      570931104
-0.052      35.25      571030821
-0.052      35.25      571131004
-0.052      35.25      571231117

```

Il doit y avoir une ligne de données toutes les 0.01 s pour le gyromètre 100 Hz de l'exemple : **la continuité des données dans le fichier gyro.txt est nécessaire.**

**GYROLIS sous-échantillonne ensuite les données gyromètre toutes les 0.1 s** (un filtre passe-bas est appliqué) : la fréquence d'échantillonnage du filtre ensuite est donc de 10 Hz.

*Nota : la température n'est pas utilisée par GYROLIS.*

## **Fichier odomètre**

GYROLIS admet en entrée un quatrième et dernier fichier texte, portant l'extension « **.odo** », contenant le compteur d'impulsions (odomètre) et la datation par le système d'acquisition de ces impulsions.

Séparateurs : l'espace ou la tabulation.

Unités : sans unité et  $\mu$ s.

Exemple :

```

0          0
1          10990128
2          11624234
3          11708166
4          11910018
5          12060129
...
25411      568440977
25412      568536091
25413      568660062
25414      568824217
25415      569193499
25415      571728134

```

*Nota : la première ligne (0 0) et la dernière (impulsion dupliquée) sont des bugs MSAT éliminés par GYROLIS.*

# Utilisation

## Interface graphique

L'interface graphique a été développée sous Matlab. Elle est constituée d'une fenêtre principale (voir figure 1) contenant le menu. Dans cette fenêtre apparaissent une boîte de dialogue et deux graphiques différents :

- la boîte de dialogue qui permet de modifier les paramètres de fusion multi-capteurs.
- le premier graphique visualise la trajectoire du véhicule en projection plane locale (projection sur le plan tangent à l'ellipsoïde GPS au premier point du fichier de navigation GPS).
- le second graphique restitue la précision associée à la localisation du véhicule pour la trajectoire parcourue.

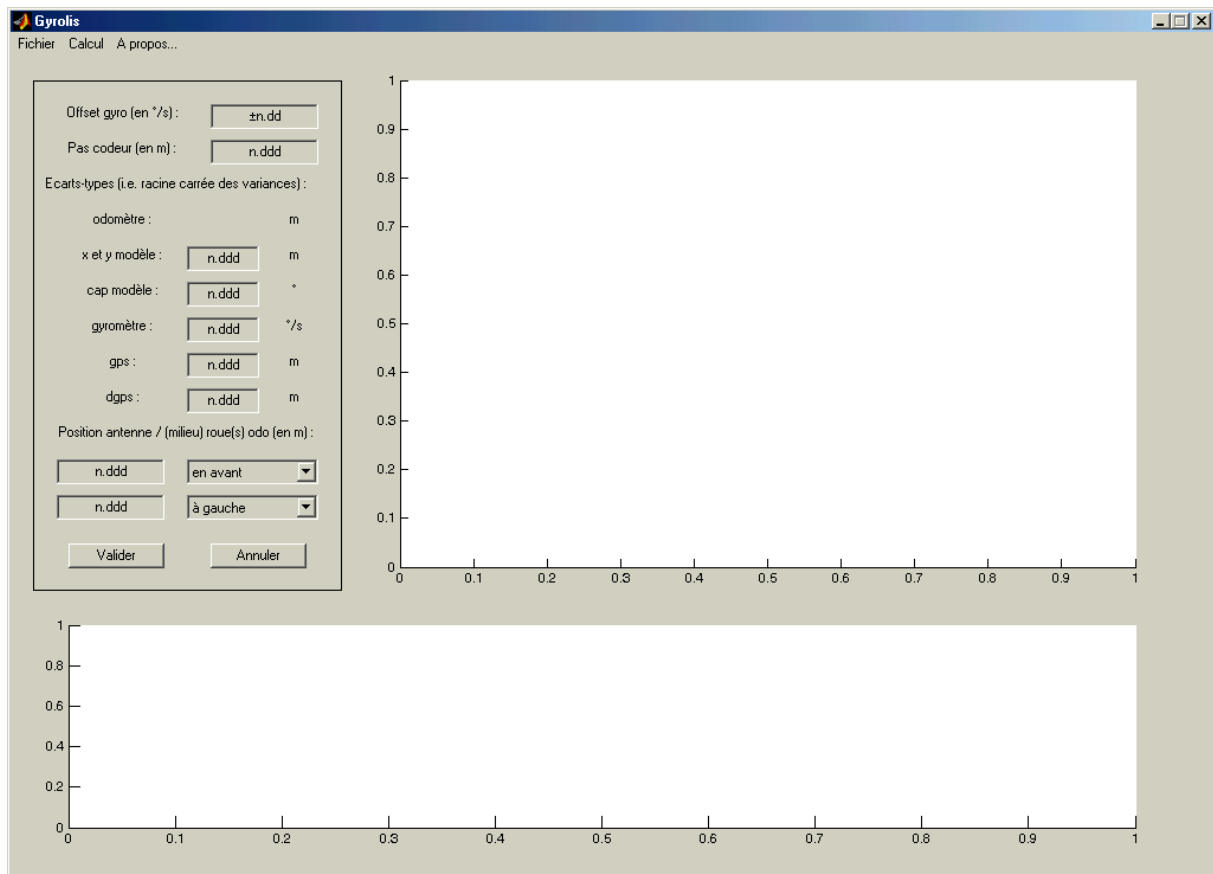


Figure 1 : fenêtre principale de GYROLIS

## Les entrées

L'utilisateur charge en une seule fois les 4 fichiers de type texte en entrée de GYROLIS, et l'application contrôle automatiquement un certain nombre de caractéristiques importantes de ces fichiers (menu « **fichier** », « **ouvrir** »).

Les contrôles automatiques portent sur :

- la recherche de données gyromètre manquantes : le message d'erreur suivant sera affiché : « Mesures gyro mal cadencées - Période d'échantillonnage non calculable » ;
- la recherche de données GPS en double (i.e. de même datation, correspondant pour certains récepteurs GPS au mode de fonctionnement « old position » en cas de masquage) : le message suivant sera affiché : « Des positions GPS en double ont été identifiées et supprimées ».

130558.00	4710.804244	-00136.456285	8.20	1.5	2
130559.00	4710.814548	-00136.449420	10.66	1.5	2
<del>130559.00</del>	<del>4710.814548</del>	<del>-00136.449420</del>	<del>10.66</del>	<del>1.5</del>	<del>0</del>
<del>130559.00</del>	<del>4710.814548</del>	<del>-00136.449420</del>	<del>10.66</del>	<del>1.5</del>	<del>0</del>
130602.00	4710.844036	-00136.425399	7.91	1.6	2
130603.00	4710.854165	-00136.417476	8.33	1.5	2
130604.00	4710.864029	-00136.410049	7.75	1.4	2
<del>130604.00</del>	<del>4710.864029</del>	<del>-00136.410049</del>	<del>7.75</del>	<del>1.4</del>	<del>0</del>
130606.00	4710.882805	-00136.394442	8.45	2.7	2
130607.00	4710.894161	-00136.386635	9.54	2.2	2

Une fois les contrôles faits, un message est affiché qui confirme :

- que les mesures gyromètre sont bien cadencées (la période d'échantillonnage a pu être retrouvée par l'application) ;
- qu'il n'y a pas eu de masquage GPS ou au contraire, que des positions GPS sont manquantes, auquel cas la durée maximale de masquage est renseignée. La fréquence des positions GPS retrouvée par l'application est aussi affichée.

## Les paramètres

Les paramètres utilisés pour le calcul du filtrage de Kalman sont :

OFFSET_GYRO	l'offset du gyromètre, i.e. la valeur qu'il délivre quand le véhicule est à l'arrêt
PAS	le pas odométrique, i.e. la distance parcourue par itération (dont on déduit l'écart-type associé à l'odomètre : $PAS/\sqrt{6}$ )
TX	la position en longitudinal de l'antenne GPS par rapport au milieu de l'essieu arrière
TY	la position en transversal de l'antenne GPS par rapport au milieu de l'essieu arrière
sqrtQmod_pos	l'écart-type associé au modèle (en position)
sqrtQmod_rot	l'écart-type associé au modèle (en cap)
sqrtQgyro	l'écart-type associé à la mesure du gyromètre
sqrtQgps	l'écart-type associé aux solutions GPS
sqrtQdgps	l'écart-type associé aux solutions DGPS

Exemple d'un jeu de paramètres par défaut :

```
OFFSET_GYRO (°/s) 0.03  
PAS (m) 0.2415  
TX (m) 2.11  
TY (m) 0  
sqrtQmod_pos (m) 0.16  
sqrtQmod_rot (°) 0  
sqrtQgyro (°/s) 0.0044  
sqrtQgps (m) 2  
sqrtQdgps (m) 0.8
```

*Nota : les écarts-types associés au modèle en cap et à la mesure du gyromètre sont en deg et deg/s depuis GYROLIS 2.0 (alors qu'ils étaient en rad et rad/s dans GYROLIS 1.0). L'offset du gyromètre reste en deg/s.*

Les paramètres sont saisis par l'utilisateur dans la boîte de dialogue prévue à cet effet. Cliquer sur « **Modifier** », puis, après saisie, cliquer sur « **Valider** ». On peut revenir au dernier jeu de paramètres validés en cliquant sur « **Annuler** ».

La boîte de dialogue est intitulée "Boîte de dialogue pour la saisie des paramètres". Elle contient les champs suivants :

- Offset gyro (en °/s) : 0.03
- Pas codeur (en m) : 0.2415
- Écarts-types (i.e. racine carrée des variances) :
- odomètre : 0.099 m
- x et y modèle : 0.16 m
- cap modèle : 0 °
- gyromètre : 0.0044 °/s
- gps : 2 m
- dgps : 0.8 m
- Position antenne / (milieu) roue(s) odo (en m) :
- 2.11 en avant
- 0 à gauche
- Bouton Modifier

Figure 2 : boîte de dialogue permettant la saisie du jeu de paramètres

Les paramètres par défaut sont ceux lus dans le fichier texte « default.prm ». Avant qu'un tel fichier n'existe, les champs de la boîte de dialogue apparaissent vides de toute valeur numérique, voir figure 1.

Un fichier de paramètres peut être enregistré après saisie (menu « **fichier** », « **enregistrer paramètres** »). S'il est enregistré sous le nom « default.prm », il devient le nouveau fichier de paramètres par défaut. Les fichiers de paramètres portent l'extension « **.prm** ».

L'utilisateur peut aussi ouvrir un fichier de paramètres, qu'il aura précédemment enregistré (menu « **fichier** », « **ouvrir paramètres** »).



## **Montage et calibration des capteurs**

Certains paramètres sont directement liés au montage et à la calibration des capteurs. Ils doivent donc être mis à jour régulièrement. C'est le cas :

- de l'offset gyromètre : c'est la valeur (en °/s) délivrée par le gyromètre quand le véhicule est à l'arrêt ;
- du pas odométrique : c'est la distance parcourue (en m) à chaque impulsion codeur ;
- de l'offset de position de l'antenne GPS par rapport à la roue odométrique ou par rapport au milieu de l'essieu arrière, supposé non directeur : translations axiale et latérale (en m), dont on précise le sens.

Le logiciel prend en compte non seulement le cas d'instrumentation d'une seule roue, mais aussi le cas d'instrumentation de la boîte de vitesse, donc d'un codeur mesurant la rotation moyenne des roues motrices.

On note que GYROLIS fait l'hypothèse d'un modèle de véhicule dont l'essieu non directeur est l'essieu arrière, autrement dit : l'essieu avant est l'essieu directeur. C'est le cas de quasiment tous les véhicules.

Par ailleurs, on fait aussi l'hypothèse que l'odomètre mesure la rotation moyenne des roues situées à l'arrière. Ceci correspond à une instrumentation de la boîte de vitesse pour un véhicule de type PROPULSION.

Pour un véhicule de type TRACTION, l'odomètre mesure en fait la rotation moyenne des roues situées à l'avant. Dans ce cas (qui est très courant) GYROLIS utilise la mesure comme si elle correspondait à un véhicule de type PROPULSION et sans faire de correction. Ceci constitue une approximation acceptable sur route, où il n'y a pas de manœuvre particulière avec braquage important.

Enfin, l'odométrie dans GYROLIS suppose que le véhicule ne recule pas.

## **Ecarts-types associés aux capteurs et au modèle**

Les écarts-types associés aux capteurs et au modèle doivent être renseignés une fois pour toutes en fonction du choix des capteurs installés à bord du véhicule.

Pour le GPS, l'écart-type dépend du mode de navigation : il est raisonnable de fixer 2 à 5 m en GPS « naturel » et 0.5 à 1 m en GPS « différentiel » ou DGPS. Pour le gyromètre et le modèle selon x et y (le modèle en cap étant mathématiquement exact), il faut procéder à un essai de réglage, voire plusieurs (cf. section suivante).

Une valeur initiale possible pour le gyromètre correspond à sa marche aléatoire ramenée à la fréquence d'échantillonnage de GYROLIS (10 Hz). Exemple : une marche aléatoire de  $0.083^\circ/\sqrt{h}$  égale  $0.0014^\circ/\sqrt{s}$  et donne un écart-type en vitesse angulaire à 10 Hz de  $0.0044^\circ/s$ . L'écart-type en x et y peut être fixé à 0.16 m, soit 0.5 m de marche aléatoire en 1 s.

*Nota : pour l'odomètre, l'écart-type se déduit du pas odométrique et égale le pas/ $\sqrt{6}$ .*

## Le calcul en mode avancé, type filtrage (essai de réglage)

Un mode de calcul dit « mode avancé en filtrage » permet d'effectuer le réglage des écarts-types pour le gyromètre et le modèle (menu « **calcul** », « **avancé en filtrage** ») à partir de valeurs qui peuvent être celles de l'exemple donné dans cette documentation. A cet effet, il faut avoir effectué un essai de réglage. Un tel essai suppose que le véhicule (dûment instrumenté) parcourt un itinéraire complètement libre de tout masque GPS.

On charge les fichiers correspondant à cet essai. Des masques vont être simulés par GYROLIS, d'une durée de 1 minute, séparés par des intervalles de 10 secondes, et pendant lesquels on va contrôler que l'erreur entre la solution calculée par intégration (gyromètre et odomètre) et la solution de navigation GPS reste correctement bornée par l'enveloppe prédite par le filtre.

Si le réglage n'est pas bon, cette enveloppe va sous-estimer ou au contraire sur-estimer l'erreur de navigation. Le réglage consiste donc à jouer sur les paramètres (variances gyromètre et modèle) pour que l'enveloppe et l'erreur soient cohérentes.

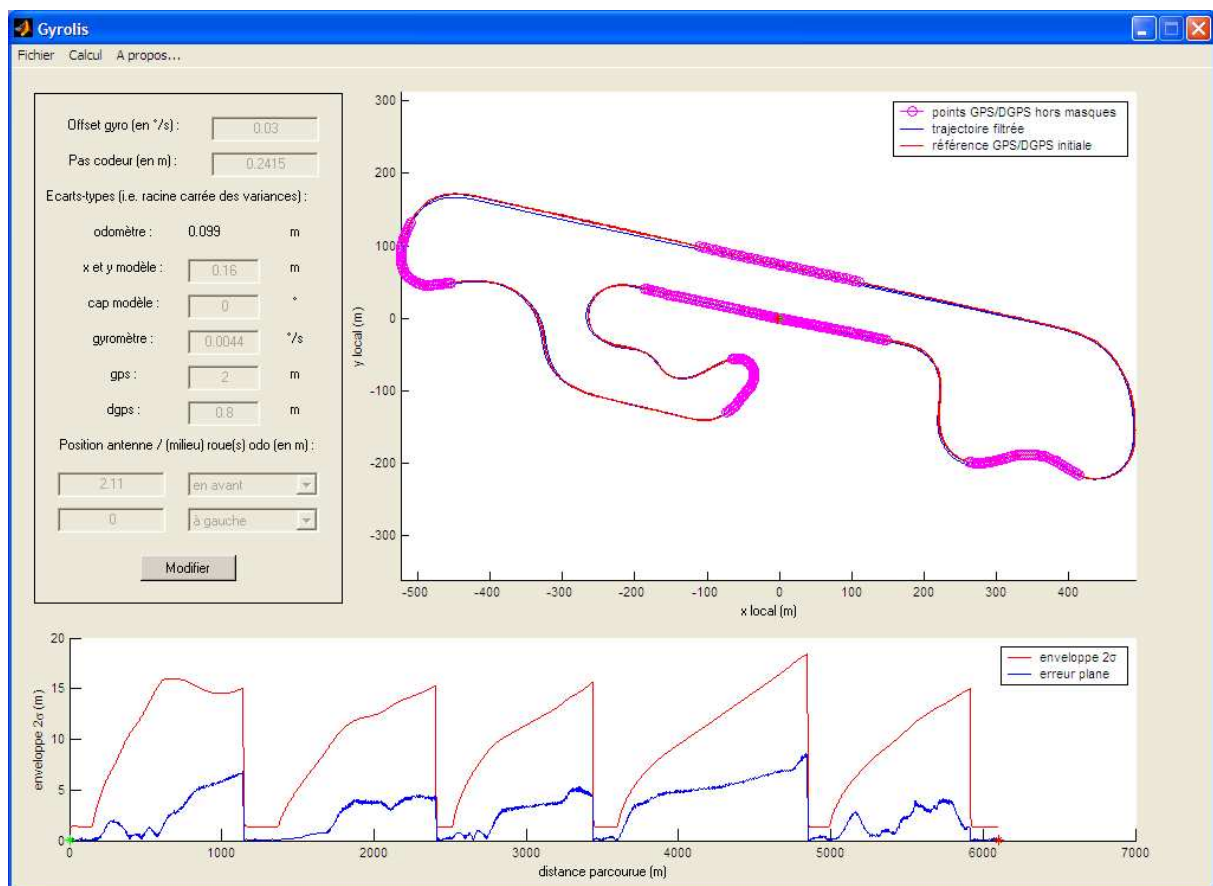


Figure 3 : figure résultat en mode de calcul avancé en filtrage

## Le calcul standard

Une fois le réglage des paramètres fait, le mode de calcul dit « mode standard » est applicable (menu « **calcul** », « **standard** »). Ce mode de calcul tout d'abord filtre les données (dans le sens aller) en recherchant les éventuelles solutions de navigation aberrantes au moyen d'un test sur la distance de Mahalanobis à 95% (le bon réglage des variances est donc essentiel). Puis il lisse (dans le sens retour, en remontant le temps pour tout le parcours et toutes les données).

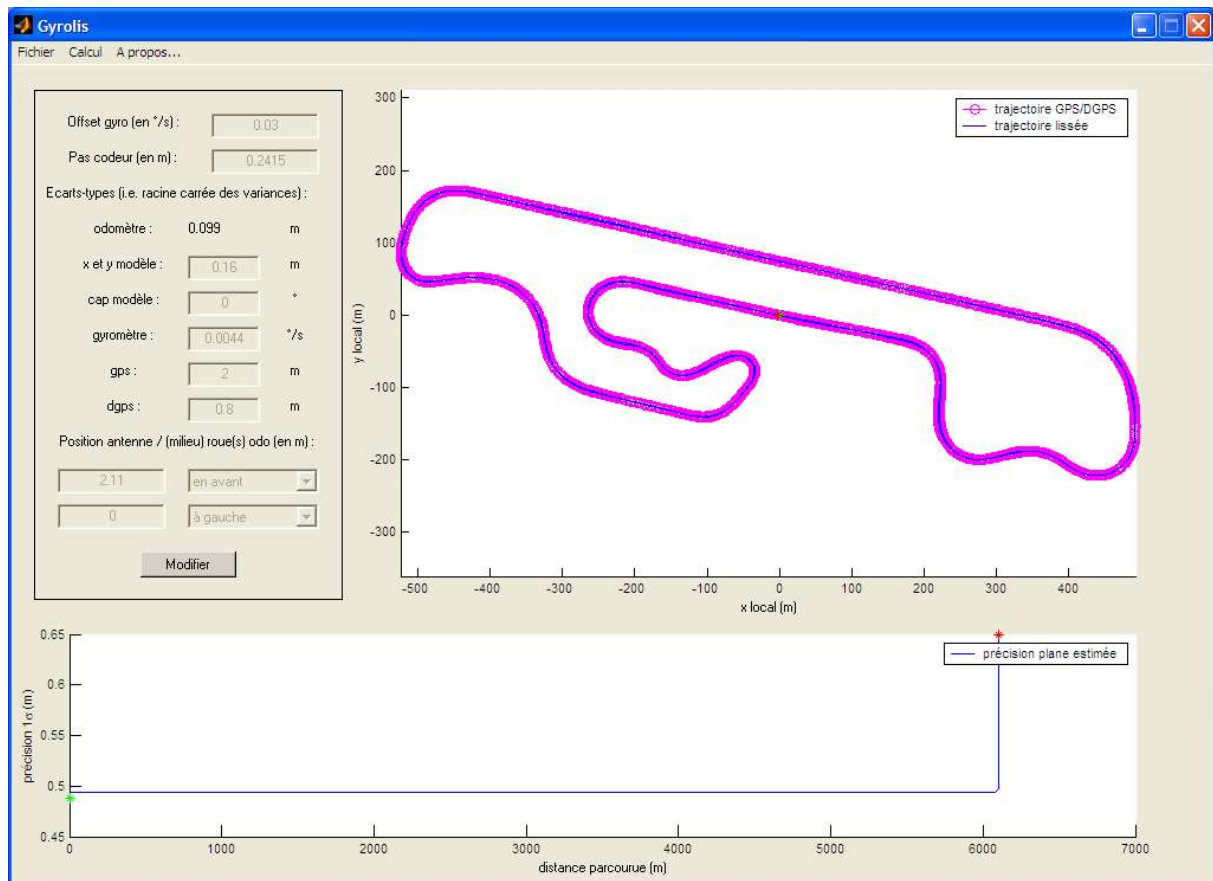


Figure 4 : figure résultat en mode de calcul standard

*Nota : la précision représentée dans le deuxième graphique correspond à 1 écart-type.*

## Le calcul en mode avancé, type lissage

Un mode de calcul supplémentaire dit « mode avancé en lissage » (menu « **calcul** », « **avancé en lissage** ») simule des masques (comme en mode de calcul avancé en filtrage) et effectue en plus la fusion des filtres aller et retour et le lissage (comme en mode standard). Ce mode n'est utile que pour faire la démonstration des meilleures possibilités de GYROLIS sur des masques simulés.

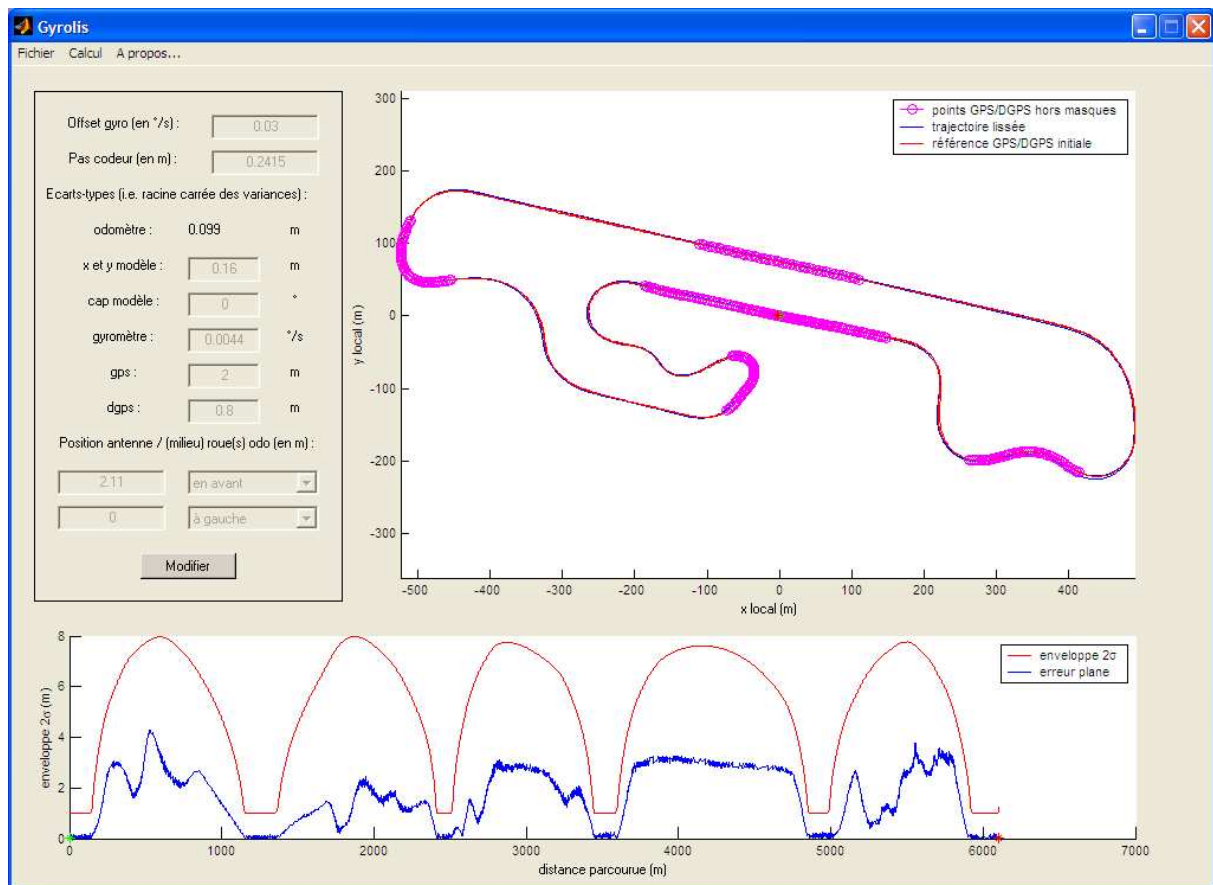


Figure 5 : figure résultat en mode de calcul avancé en lissage

## Le calcul en mode temps réel

Ajouté dans la version 2.0 de GYROLIS, ce dernier mode de calcul dit « mode simulation temps réel » (menu « **calcul** », « **simu temps réel** ») effectue le filtrage des données sans lissage et sans masque simulé. Ce mode est utile pour montrer en simulation les performances d'un jeu de capteurs fusionnés en temps-réel.

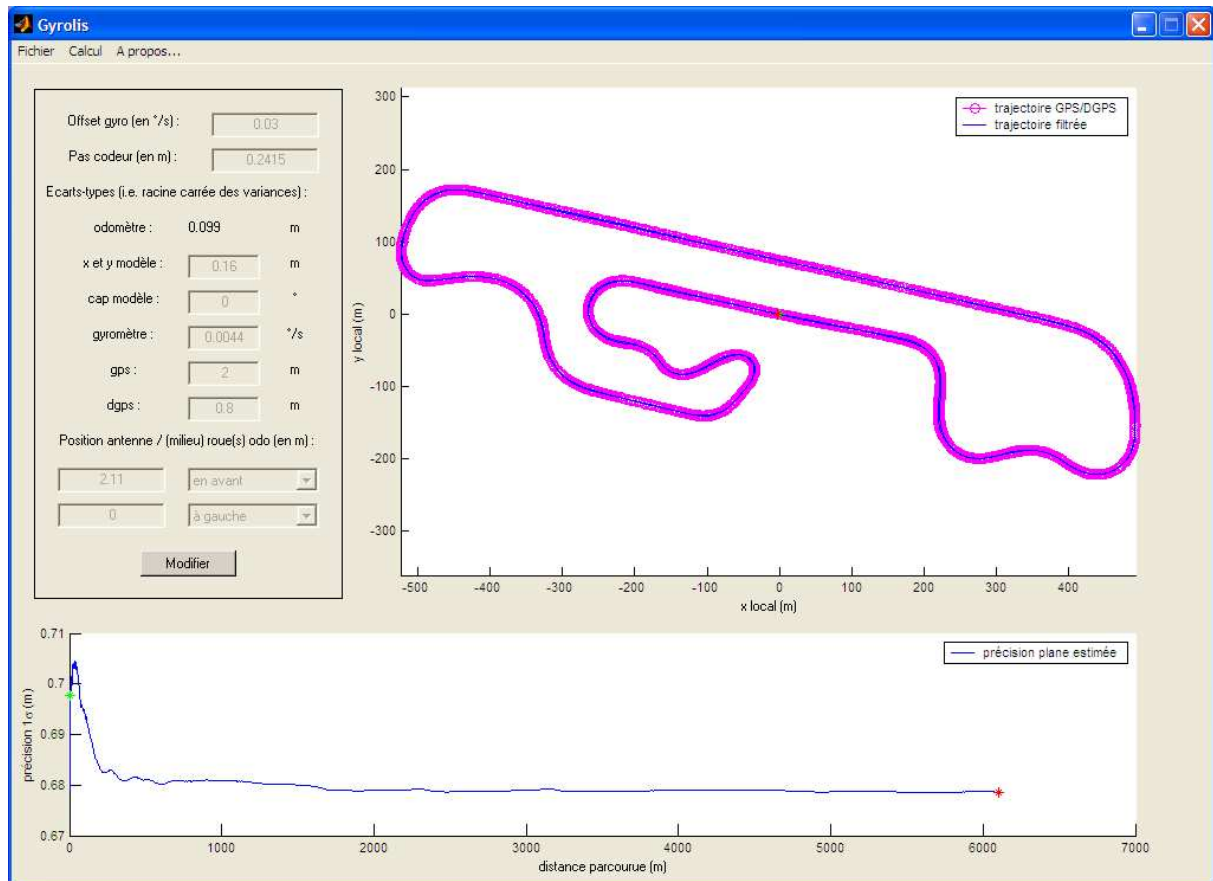


Figure 6 : figure résultat en mode de calcul simulation temps réel

## Les sorties

En plus des sorties sous la forme de graphiques, GYROLIS fournit un fichier texte, contenant, à chaque mètre parcouru, l'heure UTC, les coordonnées géographiques (latitude et longitude) obtenues par fusion des données GPS, gyromètre et odomètre, ainsi que la précision associée. Le point localisé est l'antenne GPS.

Séparateur : l'espace.

Unités : hhmmss.ss, mètre et ddm. mmmmm.

Exemple :

```
082341.43 0.0 4720.733796 -147.915278 0.5
082342.26 1.0 4720.733692 -147.914512 0.5
082342.66 2.0 4720.733588 -147.913742 0.5
082342.97 3.0 4720.733486 -147.912969 0.5
082343.28 4.0 4720.733381 -147.912192 0.5
082343.51 5.0 4720.733276 -147.911414 0.5
...
082947.31 6101.0 4720.734661 -147.921662 0.5
082947.45 6102.0 4720.734541 -147.920881 0.5
082947.62 6103.0 4720.734420 -147.920101 0.5
082947.76 6104.0 4720.734300 -147.919326 0.5
082947.97 6105.0 4720.734177 -147.918551 0.6
082948.18 6106.0 4720.734052 -147.917779 0.6
```

## La fenêtre à propos de GYROLIS

La figure à propos de GYROLIS mentionne la version, les auteurs et le contact support technique.





Figure 7 : figure a propos de GYROLIS



# Installation




---

GYROLIS consiste en un ensemble de fichiers à installer comme suit (circuit, satory, satory2, reze et reze2 constituent cinq jeux d'essais livrés avec le logiciel) :

## gyrolis

 gyrolis.bat  
 gyrolis.exe

 gyrolis.fig  
 logo.fig

 ecn.bmp  
 irccyn.bmp  
 lcpc.bmp

## bin

 FigureMenuBar.fig  
 FigureToolBar.fig

## lib (librairie dll matlab)

 circuit.prm

### circuit

 circuit.gps  circuit.utc  circuit.odo  circuit.gyr

 satory.prm (a priori) et  satory032.prm (après réglage) ou  satory010.prm (si GPS RTK)

### satory

 satory.gps (= au choix :  satory.dgps ou  satory.gpsrtk)  satory.utc  satory.odo  satory.gyr

 satory.prm

### satory2

 satory2.gps  satory2.utc  satory2.odo  satory2.gyr

 reze.prm

### reze

 reze.gps  reze.utc  reze.odo  reze.gyr

 reze.prm (si KVH) ou  reze2.prm (si IMU)

### reze2

 reze2.gps  reze2.utc  reze2.odo  reze2.gyr (= au choix :  reze2.kvh ou  reze2.imu)

 lisezmoi.txt

lisezmoi.txt : Logiciel Gyrolis 2.1

Installer Gyrolis : copier sous un répertoire de votre choix :

- l'application gyrolis.exe
- les répertoires bin et lib (et ses sous-répertoires)

Lancer Gyrolis : double cliquer gyrolis.bat depuis l'explorateur Windows ou bien créer un raccourci vers ce programme batch.