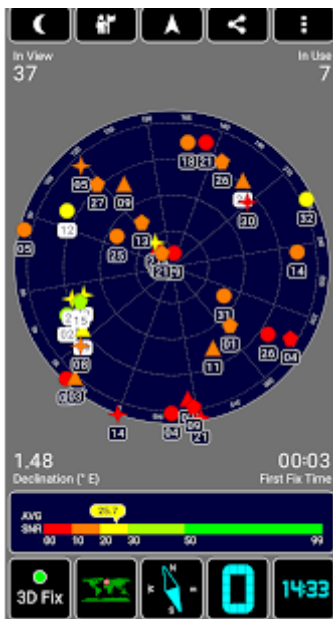


I. Principe de fonctionnement des GPS

Une centaine de satellites de géopositionnement tournent autour de la terre. Nos mobiles sont équipés d'une puce dite "GPS" capable de réceptionner plusieurs systèmes de géopositionnement.

GPS (USA)	24 satellites à 20 200 kms
Galiléo (Europe)	30 satellites à 24 000 kms
Glonass (Russes)	24 satellites à 19 100 kms
Beidou (Chine)	30 satellites



L'application Android gratuite **GPS test** montre tous les satellites qui sont en vision et réceptionnés par la puce GPS de notre mobile ainsi que leur origine (GPS, Galiléo, Glonass, Beidou).

Dans cette vue 37 satellites en vue mais seulement 7 utilisés par manque de signal.

Chaque satellite est équipé d'une horloge atomique à très haute précision (1 seconde pour 30 ans) soit 1.10^{-9}

Ils sont eux-même géolocalisés par des stations au sol.

Chaque satellite émet un signal (civil) contenant leur positionnement exact en x_i, y_i, z_i dans le système géodésique WGS84 ainsi que l'heure d'émission.

Le signal voyage à la vitesse de la lumière $C=299\ 792\ 458\ \text{m / s}$ soit environ 300 000 km/s ($3.10^8\ \text{m/s}$)
On peut déduire la distance entre un récepteur (notre GPS) et un satellite par

$$D = C \times (\text{Heure de réception} - \text{Heure d'émission})$$

Un théorème de géométrie dit également que la distance entre deux points x_1, y_1, z_1 et x_2, y_2, z_2 dans un système de coordonnées cartésiennes à 3 dimensions.

$$\text{Distance} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}$$

Nos mobiles ou GPS du commerce ont un simple quartz comme système d'horloge de précision 1 s pour 1 semaine (1.10^{-6} au mieux) et l'heure de réception de nos GPS civils est donc entaché d'une imprécision Δt

Ceci conduit à la résolution de l'équation suivante avec 4 inconnues : x, y, z du récepteur et le Δt

$$\rho_i = c \cdot (t_{r_i} - t_{e_i}) = \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2 + (z_i - z)^2} + c\Delta t$$

Pour résoudre cette équation à 4 inconnues, il est nécessaire d'avoir au moins les informations de 4 satellites et un savant calcul matriciel utilisant le maximum de satellites pour réduire le Δt

Imaginons une erreur d'horloge de nos mobiles de 1 micro seconde (10^{-6} s) – l'erreur engendrée sur la distance est de $3 \cdot 10^8 \times 10^{-6} = 300$ m

Le nombre de satellites utilisés permet à l'heure actuelle d'atteindre environ 5 m de précision pour nos GPS civils – 1 seule gamme d'onde et > 25 satellites.

Autre facteur d'erreur : le signal ne voyage pas exactement à la vitesse de la lumière C à cause des perturbations dans la stratosphère.

Les GPS professionnels utilisent deux autres gammes de fréquence (1 haute et 1 basse) qui contiennent exactement les mêmes informations. Le décalage de réception des signaux permet de corriger la vitesse du signal.

On atteint alors une précision de quelques décimètres.

Les GPS militaires équipant les missiles peuvent avoir des horloges très précises (de l'ordre de celles des satellites, utilisent encore d'autres gammes de fréquence et la précision est de quelques centimètres.

Voir https://fr.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System pour en savoir plus

Tout ceci explique que la précision des GPS (mobiles, garmin) n'est pas (encore) au mètre près.

Que penser alors des dénivelés cummulés puisque chaque point enregistré à sa propre imprécision de mesure ?

II. Application GPS

Une application GPS a au moins trois fonctions essentielles :

- 1) D'afficher un fond de cartes géolocalisées (cartes privées, opensource ou IGN)
- 2) De transformer les coordonnées x,y,z en altitude et coordonnées (latitude,longitude) et de les positionner sur le fond de carte
- 3) D'enregistrer chaque point en ajoutant la date et heure (tracé GPS)

III. Iphigénie

Iphigénie a été créée en 2010 (version IOS) par Max Barel et a été rachetée récemment par les fondateurs de l'application Whympr – voir article <https://www.widermag.com/news-whympr-rachete-iphigenie> pour en savoir plus.

Iphigénie est disponible sur plusieurs systèmes : android, IOS, Windows et Linux

La dernière Version Android est 10.0.07-A

Apport de AMAX (android)/VMAX(IOS) : fonctions étendues d'iPhiGéNie.

Fonctions de traces (cheminement)

Enregistrement, création manuelle, modification, suivi (double sens), export-import


etc

IV. Chargement des cartes IGN (tuiles, échelles) et notion de cache

Après l'installation d'Iphigénie, il y a très peu de tuiles (petites images de carte) et celles qui sont installées sont celles de la France à une grande échelle.

A chaque zoom de la carte ou déplacement, de nouvelles tuiles vont s'installer pour constituer un cache de consultation. Il est possible de travailler qu'avec ce cache à condition d'avoir du réseau à l'endroit ou on est, ce qui n'est pas évident.



Dans le menu d'Iphigénie, le bouton  affiche le nombre des tuiles disponibles dans le cache de consultation. Vous pourrez vérifier que celui-ci augmente après chaque zoom d'une région ou de déplacement vers un autre lieu.

Votre cache de provision est vide à l'installation. On verra plus tard comment le remplir.

Une tuile donnée (petit bout de carte) appartient soit au cache de consultation, soit au cache de provision.

Pour les remplir il est nécessaire d'être connecté.



V. Le réticule GPS

Permet de repositionner le centre de l'écran sur la position courante (simple tape)

Il affiche également le nombre de satellites utilisés et donc donner une idée de la précision à un moment donné.

Avec Android, charger l'application gratuite "GPS Test" qui vous montrera les satellites utilisés et leur type. Les puces GPS des mobiles modernes captent tous les signaux "civil" de tous les satellites. Les "GPS" sont uniquement les satellites américains.

Rappel : la précision d'un point en coordonnée et en altitude dépend essentiellement du nombre de satellites utilisés.

Une double tape sur le réticule désactive le gps et une croix barre le réticule (bof !) – une simple tape le réactive.

En cas d'écran noir ou orange vide, repositionner le GPS par une tape sur le réticule - à condition soit d'avoir du réseau ou d'avoir chargé les cartes au préalable.

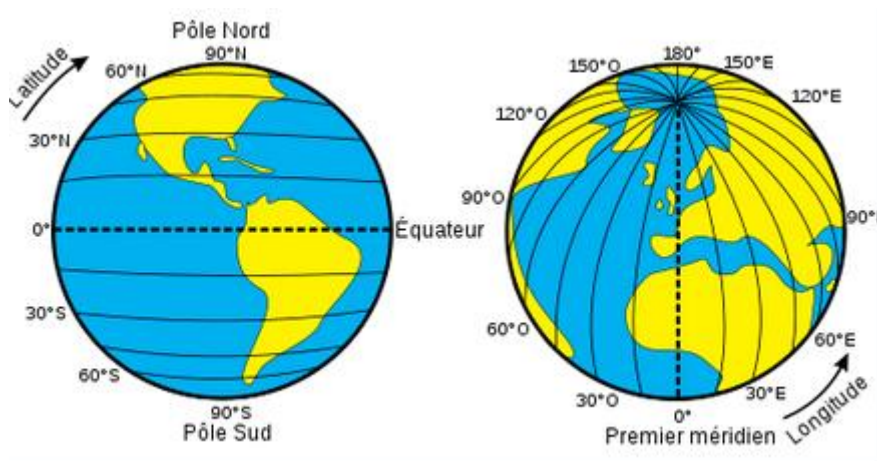
VI. Altitude et coordonnées GPS (latitude, longitude)

L'outil Mesures fournit plusieurs informations :

- L'altitude
- Les coordonnées
- La vitesse, le cap, l'azimut (sans trop d'intérêt)



Les coordonnées sont disponibles en coordonnées Lambert(X,Y), en degré ou en UTM.



En degré DMS (degré, minute, seconde)	45°55'02,6''N 6°03'52,2''E
En degré DD (décimal)	45,91738N 6,06451 ^E
UTM (Universal Transverse Mercator)	32T 272364 5089060
Lambert (LII)	889100X 108761Y

Coordonnées UTM : surface de la terre découpée en 120 zones (60 N et 60 S) de 6°

Voir la figure 1 pour l'Europe.

Pour la France **6 zones** 30U, 31U, 32U,30T,31T,32T - notre région est en 32T (Alpes, Corse)

Système géodésique : **WGS 84** (imprimé en bleu sur les cartes IGN) - Chaque point de la terre est repérable en x,y,z (coordonnées cartésiennes)

World Geodetic System 1984

C'est le système utilisé pour les cartes IGN <-> lien entre point GPS et carte IGN

Les tracés UTM sont imprimés en bleu sur les cartes IGN, il suffit de tracer des parallèles (en rouge) aux droites bleues pour trouver la correspondance du point GPS (figure 2).



Figure 1 - Système UTM Europe

VII. La toupie

Elle représente la position courante du GPS sur la carte. Des mouvements de pompe permet de la repérer sur une partie chargée d'une carte.

En cliquant dessus on peut obtenir l'altitude courante et les coordonnées. Ces informations qui peuvent cacher une partie de la carte peuvent être effacées en faisant une tape sur le x du panneau d'information.



Figure 2 - carte IGN (UTM32) - POISY

A. Précision des GPS sur les coordonnées

La précision des GPS "amateur" est d'environ 6 à 3 m dans de très bonnes conditions.

Les GPS professionnels reçoivent deux gammes d'onde (Haute et basse fréquence) pour corriger le facteur vitesse de la lumière – l'erreur de précision est meilleure que le mètre.

Les GPS militaires reçoivent plusieurs canaux de fréquence différentes et sont équipés d'une horloge de grande précision (horloge atomique), la précision est d'environ quelques centimètres.

Nos mobiles comme tous les GPS "amateur" reçoivent 1 seule onde civile et leur système d'horloge n'a pas une grande précision – non seulement il est nécessaire de résoudre x, y, z mais il faut résoudre le delta sur l'heure GPS. Pour résoudre une équation à 4 inconnues, il est nécessaire de recevoir au moins 4 satellites. Plus on reçoit de satellites, meilleure est la précision.

Précision sur le dénivelé cumulé : compte-tenu de l'erreur sur un point donné, l'imprécision sur les dénivelés cumulés peut atteindre 50m. Iphigénie propose une méthode MNT (**Modèle Numérique de Terrain**) par envoi de la trace à l'IGN (**Consolider l'altitude**) et qui renvoie les dénivelés positifs et négatifs à partir de leur modèle. Cela nécessite le réseau internet et que le service IGN soit actif.



VIII. Caches et emprises

On a vu au début comment charger le cache de consultation en déplaçant la carte ou en zoomant sur un endroit.

L'autre moyen d'acquérir des tuiles (petits bouts de carte) se fait par une **emprise**.

Une emprise est un rectangle à définir sur une carte à "plus grande échelle" dont on va charger toutes les tuiles de ce rectangle aux échelles plus petite que celle de départ.

Un exemple à l'échelle 1/200K, il est possible de voir tout le lac d'Annecy jusqu'à Doussard. Créons une emprise qui fait tout le lac et ses rives par le bouton Emprise.

- 1) l'emprise me signale qu'il y a 6574 tuiles à provisionner
- 2) que via le bouton bleu on voit que cela concerne les échelles de 1/6250 à l'échelle 1/25K.
- 3) qu'il est possible d'ajouter les échelles plus grandes (1/50K, 1/100K, 1/200K) pour 83 tuiles
- 4) qu'il est possible d'ajouter l'échelle 1/3215 mais avec 9840 tuiles soit plus que toutes les autres échelles.

On ne réservera l'échelle 1/3215 que pour le cache de consultation à des endroits très précis.


Une emprise / rando (toutes les possibilités de départ, de parcours et d'arrivée)

N'oublier pas de nommer l'emprise avec le nom d'une rando par exemple

La charger avec le wifi avant la sortie

Pas de grande emprise mais plusieurs petites emprises pour couvrir une grande zone



La commande  résume sur deux lignes le nombre de tuiles (mini-carte) que votre Iphigénie a en cache (mémoire).

Lorsque l'on dispose d'une trace, il est possible de charger automatiquement le cache de consultation par une commande du menu trace **Charger les cartes**.

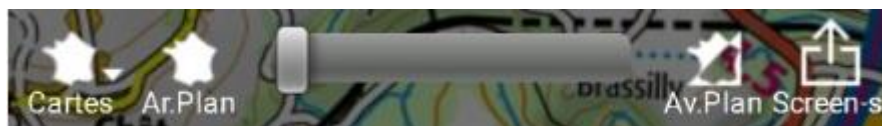
Chargement d'une emprise : elle nécessite le réseau (wifi, 4g) – le nombre de tuiles (cartes) d'une emprise dépend de la taille de l'emprise et de l'échelle la plus basse choisie (1/3125, 1/6250, 1/12,5K, 1/25K)

A. Cache de provision (emprise) ou de consultation (visualisation) ?

Favoriser le cache de consultation si c'est vous qui décidez du point de départ, de l'objectif et des chemins. Les visualiser à plusieurs échelles, surtout aux croisements des chemins. Cas du chef de course.

Favoriser le cache de provision si vous ne connaissez pas le parcours. Faire une emprise assez large pour les points de départ possible (parking) et intégrant les possibilités de chemins pour l'objectif (GR, PR, etc). Cas des participants.

La méthode par emprise charge plus de tuiles inutiles que la méthode par consultation mais elle est plus sûre et permet le plan B.



IX. Menu Cartes

Iphigénie permet d'afficher deux couches, l'arrière-plan ou généralement on choisit les cartes IGN et l'avant-plan avec plusieurs choix possibles

Avant-plan :

cartes libres (OpenTopoMap, OpenCycle-Map) pour l'étranger

Photos - vue satellite

Pentes 30 à 45 ° pour le ski de rando (Jaune, orange, rouge et violet respectivement pour 30, 35, 40 et 45°)

Suisse, Italie, Espagne, Allemagne

ONF, cadastre

Le curseur du menu carte permet d'afficher soit l'arrière-plan avec un réglage à 0 %, soit l'avant-plan avec un réglage à 100 %, soit un mélange des deux plans - par exemple carte IGN et pentes 30 à 45° en réglant à 30 %



L'avant-plan comme l'arrière-plan sont constituées de tuiles chargées par consultation et emprises.

Pour la navigation à l'étranger, les cartes libres de type OpenTopoMap ou OpenCycleMap sont des bons compromis et sont utilisables presque partout dans le monde.





X. Menu des repères




Le bouton  affiche un repère au centre de l'écran et ce repère peut être déplacé à l'aide de son cercle de déplacement (choix du parking par exemple). Sa couleur est verte. 




Le bouton  affiche un repère sur la position GPS courante. Ce type de repère de couleur  ne peut être déplacé. Très pratique pour retrouver sa voiture sur un immense parking.



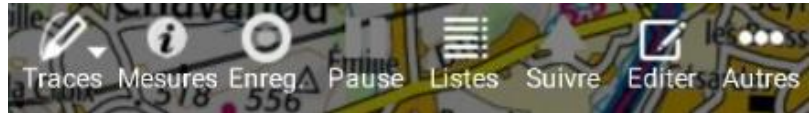
Le bouton  permet d'effectuer une recherche par nom de lieu ou par les coordonnées. Les recherches sont facilitées si vous connaissez le code postal du lieu cherché car de nombreux endroits ont exactement le même nom. Pour les recherches par coordonnées et comment les écrire, l'exemple est donné directement dans le sous-menu de recherche.

Une balise de recherche est bleue et n'est pas déplaçable 

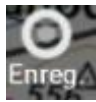
Outil mesure En appuyant deux doigts sur l'écran, deux balises mesures déplaçables  s'affichent et un panneau d'information donne la distance et la pente entre ces deux balises.

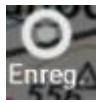
Balise de suivi : voir la formation pour initiés

XI. Menu des Traces



Enregistrement



Le bouton  lance l'enregistrement d'un nouveau tracé ou poursuit un enregistrement

existant. A la fin de la randonnée, arrêter l'enregistrement par le bouton 

Le nouveau tracé se trouvera à deux endroits

- 1) dans le groupe des nouvelles traces [Nouvelles]
 - 2) dans le groupe des visibles [Visibles]
- avec comme nom la date du jour.

Il est vivement conseillé de renommer la trace avec le nom de la randonnée et de la déplacer du groupe des Nouvelles vers un groupe utilisateur – Pédestre 2022 par exemple.


La consultation des données de la trace donne :

- la durée d'enregistrement
- les points plus haut et plus bas
- le dénivelé cumulé négatif et positif (précision à voir)

Avec du réseau, le bouton Consolider l'altitude transmet la trace à l'IGN qui donnera un calcul du dénivelé MNT (Modèle Numérique de Terrain) à comparer avec celui du GPS.

A. Création d'un tracé manuel



Le bouton  d'un nouveau tracé va positionner une balise de départ bleu au centre de l'écran sur un caillou jaune. Pour pouvoir déplacer cette balise au point de départ voulu, faire une tape sur le caillou pour qu'il devienne rouge. Il peut alors être déplacé.

Tracé au doigt

Une nouvelle tape fait changer de couleur le caillou. Lorsqu'il est vert, suivre les sentiers à l'aide du cercle de déplacement. Des cailloux jaunes sont semés. On peut également faire un tracé hors sentier. En bout d'écran, déplacer la carte pour continuer le tracé.

Tracé par l'IGN

Faire autant de tapes nécessaires pour passer le caillou en bleu. Attention le réseau est nécessaire. Déplacer le caillou sur un des points de la carte. Au lâché, un tracé empruntant les sentiers va se faire automatiquement entre la position du caillou bleu et le point de déplacement. Faire de point en point car parfois le tracé est déroutant. Le mélange des méthodes bleu et vert permet d'établir de bons tracés.

Différences entre les tracés enregistrés et les manuels

Alors qu'un tracé enregistré ait fait de points avec date et heure et altitude, les tracés manuels n'ont pas ces informations.

Un tracé enregistré est indiqué sur Iphigénie par un T rouge alors qu'un tracé manuel est repéré par un T noir. Il n'y a que la distance totale qui est fourni entre le drapeau bleu de départ et le drapeau jaune d'arrivée.

Comment connaitre le dénivelé d'un tracé manuel

La méthode Consolider l'altitude (MNT) s'applique et on obtient une très bonne information sur les dénivelés cumulés négatif et positif.

XII. Export d'une trace

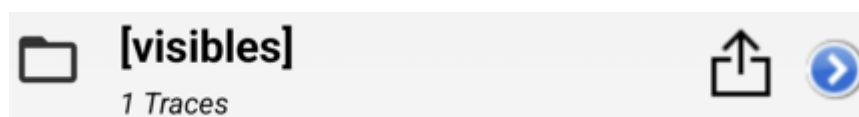
Pour l'ensemble des GPS, le type de fichier le plus connu est le type .gpx


Un fichier gpx contient une collection de points. Exemple d'un point entre deux balises <trkpt>

```
<trkpt lat="45.977596" lon="6.349484"> ← coordonnées en DD
  <ele>1398</ele> ← altitude
  <time>2020-01-26T09:29:07Z</time> ← date et heure
</trkpt>
```

Pour exporter une trace, il faut exporter un groupe de traces. Le groupe qui est le plus adapté à l'export est le groupe des visibles (œil noir).

Par une tape sur l'œil noir d'autres traces indésirables, ne conserver dans les [Visibles] que la trace à exporter.



L'export se lance par le bouton . Utiliser alors une des méthodes proposées : gmail, drive, dropbox, etc ... puis renommer le [Visibles]_'date'.gpx avec le nom désiré.

XIII. Import d'une trace

Copier le fichier gpx dans le dossier Download de votre mobile ou dans le fichier défini pour Import. Avec l'explorateur de fichier, cliquer sur le fichier et Iphigénie se lancera avec la trace en import.

XIV. Modification d'une trace

Comment corriger une trace avec un A/R sur un faux sentier. Ne mettre dans les [Visibles] que la trace à modifier et utiliser le bouton Editer du menu Trace.

La trace va alors s'afficher avec tous les cailloux jaunes (point d'enregistrement).

Il est alors possible de :

- déplacer un caillou
- supprimer un caillou ou plusieurs (fausse route)
- insérer un caillou entre deux points

Le X Finir du menu fait revenir la trace sans les cailloux.

A. Suppression de la dernière partie d'une trace

Cela vous arrivera certainement – on oublie de stopper la trace au parking d'arrivée et on s'en aperçoit en arrivant à la maison. La trace de la rando est entachée d'une partie à supprimer.

Comme pour la modification, mettre la trace en édition avec tous les cailloux jaunes.

Repérer le caillou qui est après le parking isolé du paquet de cailloux parking.

A l'aide de la flèche |<< Preced et revenir sur les cailloux du parking (5 à 6 fois) puis utiliser le bouton Diviser - Ciseaux)(une première fois pour affichage d'un message d'avertissement, une seconde fois pour Diviser la trace en deux). Le message indique que :

- 1) la trace origine est conservé
 - 2) qu'une trace origine(début) et une trace origine(fin) ont été créés après le OK du message
- Ces trois traces sont à présent dans le groupe des [Visibles]

Par le bouton bleu > consulter la trace origine(fin) et utiliser la corbeille pour la supprimer.

Faire de même pour la trace origine

A présent renommer la trace origine(début) qui est débarrassé de tous les points inutiles.

Assemblage de plusieurs traces en une seule

C'est le cas d'un trek sur plusieurs jours (GR20, tour de ..) et vous désirez construire le tracé complet du séjour.

Commencer par créer un groupe avec un nom particulier (UNION par exemple)

Mettre dans ce groupe les traces à assembler et renommer les par 0-trace pour la première, par 1-trace pour la seconde, par 2-trace pour la suivante etc ...

Cocher les traces à joindre 0-trace, 1-trace, 2-trace et utiliser le bouton Joindre qui est apparu.

Une nouvelle trace avec le nom "0-trace 1-trace 2-trace" est la jonction des trois traces.

Recommencer l'opération pour les suivantes.

B. Impression d'un tracé sur format A4

Vous pouvez toujours faire une copie d'écran mais la résolution sera faible – c'est une première méthode.

Procurez-vous la licence J-MAX (windows) ou I-MAX (Mac) ou L-MAX (linux) et importer les traces de votre mobiles – Utiliser Drive ou Dropbox pour avoir des traces communes (import/export).

La fonction Imprimer de ces versions d'Iphigénie vous donnera de bonne impression. Avec l'option d'impression en pdf, conserver ainsi la trace 'papier' de vos exploits.

Sur le site du CAF Meythet, les traces GPX du menu la vie du Club permettent d'importer les tracés GPX ainsi que les tracés pdf créés avec Iphigénie-J

C. Impression par le site JGN-Superheros

Créer tout d'abord un compte-gratuit sur le site VisuGPX.

VisuGPX sera utilisé pour avoir un lien sur la trace à imprimer car JGN-SuperHeros ne fonctionne qu'avec un lien.

Vous pouvez également utiliser ce site pour stocker vos traces en mode publique ou privé.

Importer une trace via le fichier gpx de la trace à imprimer à l'aide du menu Visualiser une trace.

La trace peut être visualisée sur ce site mais ce n'est pas le but, faites sauvegarder avec quelques renseignements sur la trace (au moins le nom pour la repérer).

Le chargement d'une trace précédemment enregistré permet de charger le lien



[Télécharger le fichier GPX](#)

Maintenant que le lien "html" du tracé à imprimer est dans le presse-papier on va se connecter à JGN.SuperHeros en utilisant cette adresse web jgn.superheros.fr/fr/.

Une carte de l'Europe s'affiche et on va s'intéresser aux boutons en haut et à droite



et en particulier sur le premier qui si on passe la souris dessus affiche "importer un itinéraire". Un clic sur ce bouton ouvre une boîte de dialogue et on colle le lien dans la zone URL par un simple "collé".

Ajouter un itinéraire déjà existant, au format GPX ou KML.

URL

Format GPX KML

Couleur

Epaisseur

Center la carte sur l'itinéraire

OU

Un clic sur Importer va produire l’affichage sans cartographie du tracé. On va à présent s’intéresser aux menus de gauche et choisir une échelle au 1:25 000 et cliquer sur “Centrer l’impression”. En fonction du tracé on prendra le format A4 de type Portrait ou de type Paysage.

A présent un clic sur “Aperçu avant impression !” va afficher la carte IGN de votre tracé sur l’écran.

Il suffit maintenant de faire un Control P (ctrl P) pour envoyer le tracé et la carte IGN sur votre imprimante.

Formidable, non ?

Il est possible de sauvegarder la trace dans un fichier pdf en utilisant par exemple le driver “Microsoft Print to PDF” au lieu de celui de votre imprimante. Il existe plein d’autres drivers permettant de construire un fichier pdf.

Général

Sélectionnez une imprimante

- Canon MG6600 series Printer
- Canon MG6600 series Printer WS
- Fax
- Foxit PhantomPDF Printer
- Microsoft Print to PDF
- Microsoft XPS Document W

Statut : Prête

Emplacement :

Commentaire :

Imprimer dans un fichier

Préférences

Rechercher une imprimante...

Étendue de pages

Tout

Sélection

Page actuelle

Pages : 1

Entrez un numéro ou une étendue de pages.
Par exemple, 5-12

Nombre de copies : 1

Copies assemblées

1 1 2 2 3 3

Imprimer

Annuler