

Circé v5.4

Manuel utilisateur



Glossaire	4
1 Introduction	7
1.1 Présentation des fonctionnalités	7
1.2 Pour les utilisateurs avancés	7
2 Notions	8
2.1 Systèmes et repères de référence	8
2.1.1 Système de Référence Géodésique	8
2.1.2 Repère de Référence Géodésique	9
2.1.3 Système et Repère de Référence Géodésique pour un positionnement ultra-précis	9
2.1.4 Système de Référence Verticale	10
2.1.5 Repère de Référence Verticale.....	10
2.2 Système de Référence de Coordonnées (SRC).....	11
2.2.1 SRC géocentrique	12
2.2.2 SRC géographique	12
2.2.3 SRC projeté.....	13
2.2.4 SRC vertical.....	14
2.2.5 Les identifiants de SRC.....	16
2.3 Conversions et transformations	17
2.3.1 Opération.....	17
2.3.2 Conversion	18
2.3.3 Transformation.....	18
2.3.4 Les principales options à initialiser dans Circé.....	21
2.3.5 Les opérations interprétées par Circé.....	21
2.3.6 Les opérations composées.....	22
3 Installation et lancement de Circé	23
3.1 Architecture commune aux distributions.....	23
3.2 Installation et lancement sous Linux	24
3.2.1 Installation par paquet.....	24

3.2.2	Les exécutables	24
3.2.3	Les fichiers de données par territoire	25
3.3	Installation et lancement sous Windows	25
4	Utilisation de la ligne de commande	27
4.1	Environnement	27
4.2	Les options.....	27
4.3	Syntaxe	32
4.3.1	Afficher l'aide.....	32
4.3.2	Afficher la liste des SRC disponibles	32
4.3.3	Afficher la zone de validité d'un SRC.....	32
4.3.4	Lancer les tests.....	33
4.3.5	Opérer sur de multiples SRC	34
4.3.6	Faire une opération sur un point	35
4.3.7	Faire une opération sur un fichier	35
4.4	Les formats de données	35
4.4.1	Les champs de données des formats	36
4.4.2	Les unités de mesure.....	37
4.4.3	Les époques.....	37
4.5	Exemple.....	38
5	Utilisation de l'interface graphique	41
5.1	Présentation	41
5.2	Ordre de renseignement des options.....	42
5.3	Options de menu.....	44
5.4	Lien avec la ligne de commande	45
5.5	Affichage au bas de l'interface.....	46
5.6	Bon à savoir.....	46

Glossaire

Altération linéaire (ppm)	Rapport de la différence entre la longueur d'un arc projeté et la longueur de l'arc correspondant sur l'ellipsoïde, et cette longueur sur l'ellipsoïde.
Altitude	Coordonnée verticale physique (d'origine gravimétrique).
Anomalie d'altitude	Différence d'éloignement entre l'ellipsoïde de référence et le quasi-géoïde en un point (voir grille de quasi-géoïde).
AUTHORITATIVE	Code générique des référentiels verticaux dans Circé.
Cible	SRC d'arrivée d'une opération.
circeEN	Programme exécutable de Circé en ligne de commande, version anglaise.
circeFR	Programme exécutable de Circé en ligne de commande, version française.
circeWidgetEN	Programme exécutable de Circé IHM graphique, version anglaise.
circeWidgetFR	Programme exécutable de Circé IHM graphique, version française.
Convergence des méridiens	Gisement de la tangente à l'image du méridien orientée vers le nord géographique en un point du plan de projection.
Conversion	Opération sur les coordonnées dans un même repère de référence.
CRS ou <i>Coordinate Reference System</i>	SRC ou Système de Référence de Coordonnées (voir ce terme).
Datum	Référentiel (voir ce terme).
Dimension	Dimension des systèmes géodésiques : 2 (projections et coordonnées géographiques sans hauteur), 3 (toutes coordonnées statiques) ou 4 (toutes coordonnées cinématiques).
DM	Degré Minute (unité de mesure angulaire des longitudes, latitudes et convergences des méridiens).
DMS	Degré Minute Seconde (unité de mesure angulaire des longitudes, latitudes et convergences des méridiens).
<i>Easting</i>	Appellation de la coordonnée projetée en abscisse.
EN	<i>Easting, Northing</i> . Désignation des coordonnées projetées.
Epoque	Date de validité des coordonnées exprimées dans un repère de référence géodésique cinématique (4D).
ETRF2000	Réalisation recommandée d'ETRS89.
ETRS89	<i>European Terrestrial Reference System</i> / Système de Référence Terrestre Européen.
EVRF2000	Réalisation recommandée d'EVRS.
EVRS	<i>European Vertical Reference System</i> / Système de Référence Vertical Européen.
<i>Frame</i>	Repère de référence géodésique ou vertical.
GNSS	<i>Global Navigation Satellite System</i> / Géolocalisation et Navigation par un Système de Satellites (GPS, Glonass, Galileo, Beidou etc.).
<i>Grid motion model</i>	Modèle de vitesse par grille.

Grille de géoïde	Grille de transformation entre un repère de référence géodésique et un système d'altitude orthométrique.
Grille de quasi-géoïde	Grille de transformation entre un repère de référence géodésique et un système d'altitude normale comme IGN69.
GRS80 ou IAG-GRS80	Ellipsoïde associé à la plupart des systèmes de référence réalisés à partir de mesures GNSS.
Hauteur	Dans le contexte de Circé, synonyme de hauteur ellipsoïdale, troisième coordonnée géographique. Coordonnée verticale géométrique.
IGN	Institut National de l'Information Géographique et Forestière.
IGNF ou IGN-F	Le registre IGN-F décrit les systèmes de références de coordonnées utilisés par les produits de l'IGN. Le cas échéant, il fournit les correspondances avec la codification EPSG.
IGN69 ou NGF-IGN69	Repère de Référence Verticale légal en France continentale.
IGN78 ou NGF-IGN78	Repère de Référence Verticale légal en Corse.
IHM	Interface Homme-Machine
INSPIRE	Directive européenne visant à établir une infrastructure de données géographiques pour assurer l'interopérabilité entre bases de données.
ITRF	<i>International Terrestrial Reference Frame</i> / Repère de Référence Terrestre International. Réalisation de l'ITRS en principe désignée par son millésime (ITRF2008, ITRF2014 etc.).
ITRS	<i>International Terrestrial Reference System</i> / Système de Référence Terrestre International.
LPh	Lambda Phi Hauteur ($\lambda\phi$). Désignation des coordonnées géographiques.
Module linéaire	Rapport entre la longueur d'un arc projeté et la longueur de l'arc correspondant sur l'ellipsoïde.
Northing	Appellation de la coordonnée projetée en ordonnée.
NTF	Repère de Référence Géodésique historique (pré-GNSS) de la France continentale.
NTV2	<i>National Transformation version 2</i> . Format de grille de transformation sur les coordonnées géographiques initialement développé par <i>Natural Resources Canada</i> .
Ondulation du géoïde	Différence entre l'ellipsoïde de référence et le géoïde en un point (voir grille de géoïde).
Opération	Dans Circé, concaténation de conversions et/ou de transformations explicitement demandée par l'utilisateur.
Opération composée	Dans Circé, enchaînement d'opérations en passant par un système pivot dans lequel est exprimé un modèle de vitesse, le cas échéant.
Plate motion model	Modèle de vitesse par pôle de rotation de plaque tectonique.
PMM	<i>Plate motion model</i> .
RAF20	Grille de quasi-géoïde pour les transformations verticales entre IGN69 et RGF93 v2b.
Référentiel	Appellation des systèmes et des repères de référence quand on ne souhaite pas faire la distinction.

Repère de Référence Géodésique	Réalisation d'un Système de Référence Géodésique.
Repère de Référence Verticale	Réalisation d'un Système de Référence Verticale, parfois appelé <i>repère altimétrique</i> .
RGAF09	Système géodésique légal des Antilles françaises.
RGF93	Système géodésique légal de la France métropolitaine.
Source	SRC de départ d'une opération.
SRC	Système de Référence de Coordonnées (voir ce terme).
Système de Référence de Coordonnées	Identification des coordonnées par leur repère de référence et leur type (géocentrique, géographique ou projeté).
Système de Référence Géodésique	Système de référence spatial en rotation avec la Terre dans son mouvement diurne.
Système de Référence Verticale	Système de référence spatial dans lequel sont exprimées des altitudes, parfois appelé <i>système altimétrique</i> .
TAC	Transformation Ascii Circé. Format texte des grilles de transformation de Circé (ex-mnt).
TBC	Transformation Binaire Circé. Format binaire des grilles de transformation de Circé (ex-bin).
Transformation	Opération inter-repères.
UN-GGIM	<i>United Nations initiative on Global Geospatial Information Management.</i>
Vitesse	Variation annuelle des coordonnées d'un point, interpolée par Circé dans un modèle de mouvement (<i>grid / plate motion model</i>).
WCTS	<i>Web Coordinate Transformation Service.</i>
WGS84	Dans le contexte de Circé, désignation par défaut du référentiel de tout positionnement par GNSS ; devrait être remplacé par une désignation précise quand elle est connue. C'est aussi la désignation des systèmes légaux antillais de deuxième génération (remplacés par RGAF09).
XYZ	Désignation des coordonnées cartésiennes géocentriques.
$\lambda\phi h$	Désignation des coordonnées géographiques.

1 Introduction

Ce document est le manuel utilisateur de Circé v5.3 dans ses versions ligne de commande et graphique fonctionnant sous Linux et Windows. La version 5.3 contient des modifications substantielles par rapport à la version 5, qui était elle-même une réécriture complète du logiciel en fonction de divers objectifs, principalement la multiplicité des plateformes d'utilisation et la distribution du code source¹.

1.1 Présentation des fonctionnalités

Circé réalise des opérations sur les coordonnées de points dans le cadre suivant :

- Transformations ponctuelles entre référentiels géodésiques et verticaux selon les besoins de la législation française et de la réglementation européenne (INSPIRE), ainsi que des standards internationaux (NTV2 ...) et scientifiques (ITRS).
- Conversions ponctuelles entre les types de coordonnées géocentriques, géographiques et projetées au sein de chaque référentiel géodésique.
- Interface homme-machine graphique et ligne de commande.

Les habitués des versions antérieures trouveront de nombreuses nouveautés dont voici les plus saillantes :

- Deux référentiels verticaux en entrée et en sortie. Il est possible de réaliser une transformation verticale autre que hauteur-altitude, par exemple entre deux types d'altitude, dans la mesure où le modèle de transformation existe.
- Transformations à 14 paramètres « ITRF2014 @ époque vers références locales légales ».
- Prise en compte de modèles de vitesse.
- Une IHM permettant d'accéder à plusieurs territoires.
- Quelques options de menu et autres astuces qui facilitent la manipulation des coordonnées.
- Une ligne de commande plus conviviale.

1.2 Pour les utilisateurs avancés

Les utilisateurs peuvent contacter l'IGN par courrier électronique à geodesie@ign.fr pour aller plus loin sur des thèmes comme l'introduction de paramètres géodésiques, des valeurs de transformations (par exemple au format NTV2) ou une nouvelle projection sur une zone géographique particulière.

¹ Le code source est ouvert (*open source*) ce qui explique les anglicismes des options de la ligne de commande.

2 Notions

Les notions expliquées ici sont traduites en termes concrets dans l'aide géodésique relative à chaque territoire, accessible par l'IHM. On consultera aussi avec profit la documentation géodésique en ligne à l'url <https://geodesie.ign.fr/index.php?page=documentation#titre4>.

2.1 Systèmes et repères de référence

2.1.1 Système de Référence Géodésique

Un Système de Référence Géodésique est un système de référence spatial en rotation avec la Terre dans son mouvement diurne. Dans un tel système, les positions de points ancrés à la surface de la Terre solide ont des coordonnées quasi-fixes, mais subissant de petites variations périodiques (marées ...) ou non périodiques (tectonique, mouvements locaux de terrain ...). Certaines de ces variations sont prises en compte dans les modélisations scientifiques et on en trouvera trace dans Circé v5. Dans le futur, la géodésie grand public inclura aussi les vitesses ponctuelles.

Les coordonnées natives des SRG modernes sont les coordonnées géocentriques XYZ. Physiquement, l'origine O du système d'axe est proche du centre de gravité de la Terre, l'axe OZ est proche de l'axe de rotation de la Terre, OXY est proche du plan de l'équateur et OXZ correspond au plan méridien origine.

En pratique, le seul plan OXZ valable correspond au méridien de Greenwich. En effet, les systèmes géodésiques classiques, dont les méridiens origines peuvent être différents, sont bidimensionnels et le passage aux coordonnées tridimensionnelles (géographiques ou cartésiennes) est réalisé dans le but d'appliquer des transformations entre des systèmes d'axes très proches (donc rapportés à Greenwich) pour minimiser les valeurs à appliquer et simplifier les itérations le cas échéant.

La surface de la Terre disparaît dans cette représentation qui est celle, native, des GNSS. On ne saurait toutefois se passer d'un ellipsoïde pour disposer au minimum de coordonnées horizontales.

Historiquement, l'ellipsoïde était la donnée fondamentale du Système de Référence Géodésique. Il est dorénavant une donnée associée. Un ellipsoïde historique représente correctement une part de la surface de la Terre, l'ellipsoïde moderne (IAG-GRS80 en général) en représente correctement la totalité.

Un Système de Référence Géodésique a une dimension (2, 3 ou 4) qui définit les Systèmes de Référence de Coordonnées possibles (voir ci-dessous la définition du SRC).

2.1.2 Repère de Référence Géodésique

Un Système de Référence Géodésique est un ensemble de conventions permettant la réalisation d'un Repère de Référence Géodésique, qui donne physiquement accès au système grâce à des moyens de mesure.

En général, dans un contexte non scientifique, on a tendance à confondre système et repère de référence. Toutefois, un même système donnant lieu à des versions (e.g. RGF93 v1 puis v2 le 18 juin 2010) qui sont en fait une succession de repères de référence, l'usager des réseaux de référence est forcément touché par l'évolution des coordonnées de référence et a intérêt à faire la distinction.

Les transformations se font au niveau des repères et non des systèmes. Ainsi, quand les hauteurs ellipsoïdales varient sensiblement (e.g. RGF93 v1, v2 et v2b), il faut appliquer la bonne transformation verticale pour obtenir les mêmes altitudes (e.g. RAF98, RAF09 et RAF20).

Dans une version donnée de Circé, l'utilisateur n'a accès qu'à une réalisation de chaque système. La version la plus récente donne accès à la réalisation la plus récente. Il n'y a donc pas d'ambiguïté à ce sujet et on parlera parfois de référentiel.

*ELG id	a	b	1/f	e ²	nom
ELG 004	6378206.4	6356583.8000	294.978698213	.006768657997	Clarke 1866
ELG 037	6378137.0	6356752.3141	298.257222101	.006694380036	GRS 1980
*LGO id	unite	valeur	nom		
LGO 01	01	0.	Greenwich		
*REG id	ELG	LGO	dimension	code	nom
REG 423	004	01	2D	STPM50	SAINT PIERRE ET MIQUELON 1950
REG 706	037	01	3D	RGSPM06	RGSPM06
*ZNE REG	unite	lonMin	latMin	lonMax	latMax
ZNE 423	02	-56.49	46.7	-56.1	47.2
ZNE 706	02	-56.49	46.7	-56.1	47.2

Initialisation des systèmes/repères géodésiques avec les ellipsoïdes, le méridien origine et les emprises géographiques qui leur sont associés (exemple du fichier de données de Saint-Pierre-et-Miquelon).

2.1.3 Système et Repère de Référence Géodésique pour un positionnement ultra-précis

Chez les scientifiques, distinguer système et repère de référence fait partie du quotidien. Ces notions sont nécessaires pour un positionnement ultra-précis, centimétrique voire millimétrique dans certains cas.

Les systèmes de référence utilisés en France sont le système international *International Terrestrial Reference System* (ITRS) et le système européen *European Terrestrial Reference System* (ETRS89). Leurs réalisations sont les repères de référence dits *Terrestrial Reference Frames*. Les repères recommandés actuellement sont ITRF2014 et ETRF2000, mais certains pays ayant déjà adopté d'autres références comme socle de leur système officiel vont bien sûr conserver leur convention.

Le RGF93² est, à l'origine, une réalisation d'ETRS89 à l'époque 1993.0. La version 2 de 2010 fait du RGF93 un équivalent d'ETRF2000 (une réalisation d'ETRS89) à l'époque 2009.0, puis à l'époque 2019.0 depuis sa mise à jour de 2020. Les points ont des vitesses en ETRF2000 mais pas en RGF93 ; ce sont les vitesses résiduelles des vitesses en ITRS, auxquelles on a retranché la vitesse de la plaque tectonique eurasiennne.

RGF93(1) ~ ETRF89 @ 1993.0

RGF93(2) ~ ETRF2000 @ 2009.0

RGF93(2b) ~ ETRF2000 @ 2019.0

Avec la demande croissante de positionnement ultra-précis, l'ITRS tend à devenir la référence mondiale commune. L'Organisation des Nations Unies, par l'intermédiaire du sous-comité pour la géodésie de l'UNGGIM (*United Nations initiative on Global Geospatial Information Management*), recommande l'utilisation de l'ITRS pour toutes les applications de positionnement spatial.

2.1.4 Système de Référence Verticale

Un Système de Référence Verticale est défini par la donnée d'éléments : la définition physique du type d'altitude dépendant du champ de pesanteur terrestre (normales, orthométriques, ...), un niveau de référence (rattachement à un marégraphe), un point fondamental et son altitude conventionnelle, etc.

Ces données permettent de définir des coordonnées verticales : altitude, cote géopotentielle, etc.

Circé prend en compte divers Systèmes de Référence Verticale sur une même zone et les transformations qui les lient : altitude normale et orthométrique, etc.

Les systèmes de référence verticale français (continent, Corse, départements et régions d'outre-mer) sont listés par exemple à la page suivante : http://geodesie.ign.fr/index.php?page=reseaux_nivellement_francais.

2.1.5 Repère de Référence Verticale

La distinction entre système et repère de référence vertical n'est pas encore pertinente à l'IGN. En effet, pour la France, les altitudes ne sont pas mises à jour globalement mais individuellement, point par point. Une mise à jour comme le passage des altitudes orthométriques aux altitudes normales a donné lieu à la création d'un nouveau système.

En revanche, la distinction entre système et repère anticipe la gestion des réalisations du système européen EVRS (*European Vertical Reference System*) : EVRF2000 etc., avec les transformations vers IGN69 et IGN78.

*REA id	code	nom
REA 018	DANGER1950	DANGER 1950

Initialisation d'un système/repère vertical (exemple du fichier de données de Saint-Pierre-et-Miquelon). Son emprise géographique est celle de la grille qui lui est associée (voir ci-dessous).

² Voir une explication détaillée à <http://geodesie.ign.fr/index.php?page=rgf93>.

2.2 Système de Référence de Coordonnées (SRC)

Les coordonnées géographiques, les coordonnées cartésiennes géocentriques, les coordonnées projetées et les altitudes sont regroupées sous l'entité Système de Référence de Coordonnées (SRC ou CRS en anglais), ce qui permet de systématiser les opérations réalisées sur ces SRC.

Les utilisateurs de SIG ont tendance à nommer les SRC par l'unique terme de projection et les opérations réalisées dessus par reprojection, ce qui peut porter à confusion.

Le SRC est défini par un système de coordonnées. C'est un repère mathématique à 1, 2 ou 3 axes et des unités de mesure.

Les SRC géocentriques, géographiques et projetés, définis ci-dessous, sont liés à un Repère de Référence Géodésique, réalisation d'un Système de Référence. Si ce dernier est de dimension 2, il n'existe pas de SRC correspondant géocentrique, du moins de manière publique. Il existe comme intermédiaire de calcul pour l'application d'opérations concaténées. Il en va de même pour la troisième dimension géographique. Pour un expert ou un développeur, un système 2D peut donc être vu comme un système 3D.

Système.dimension	type de coordonnées	SRC
4D, 3D, 2D	(X, Y, Z, V_x , V_y , V_z)	géocentrique
4D (coordonnées supplémentaires)	λ , φ , (h)	géographique
2D (coordonnées cachées)	E, N	projeté (autant de SRC que de projections)

La liste des SRC liés à un repère de référence géodésique est déterminée par la dimension du système géodésique et la liste des projections associées.

Les systèmes 4D induisent les mêmes SRC que les 3D, avec une différence sur les coordonnées géocentriques qui prennent en compte une dimension temporelle avec les vitesses annuelles.

La zone (emprise géographique) des SRC géocentriques et géographiques est en principe la même que celle de leur Système de Référence Géodésique, alors que la zone des SRC projetés est incluse dedans.

Certains éléments de format sont considérés ailleurs (hors Circé) comme des éléments de définition des SRC. Ainsi, dans le registre IGNF³, les *GeographicCRS* sont définis plusieurs fois avec des unités différentes (degrés, DMS) et avec ou sans la hauteur (2D vs 3D). En revanche, pour Circé, l'unité et l'utilisation de la hauteur sont une question de format de données.

Pour Circé, il n'y a pas de SRC composé. Les *CompoundCRS* de IGNF sont ignorés. La syntaxe des options permet d'initialiser les identifiants de SRC sous la forme apparente d'un SRC composé (les deux identifiants séparés par un point) mais ils sont traités séparément.

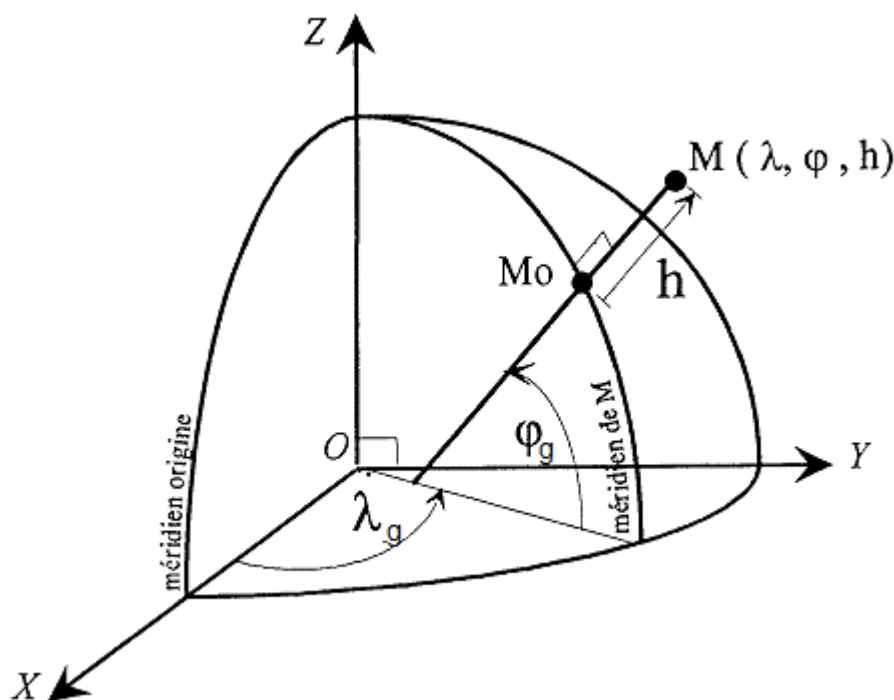
³ <https://geodesie.ign.fr/contenu/fichiers/IGNF.v3.1.0.xml>

2.2.1 SRC géocentrique

Un point est positionné par 3 coordonnées cartésiennes (X, Y, Z) dont l'unité de mesure est le mètre. De plus, dans un contexte scientifique (système 4D), le point peut avoir 3 coordonnées de vitesse (V_X , V_Y , V_Z) en mètre par an. L'époque du point est alors un attribut pertinent.

2.2.2 SRC géographique

Un point est positionné par 3 coordonnées, la longitude et la latitude à la surface d'un ellipsoïde, et la hauteur au-dessus de l'ellipsoïde (λ , φ , h). Les unités de mesure de la longitude et de la latitude sont assez nombreuses : radians, degrés sous diverses formes (décimaux, DMS, DM ...), grades (ou gons), etc. Le troisième axe a le mètre pour unité de mesure.



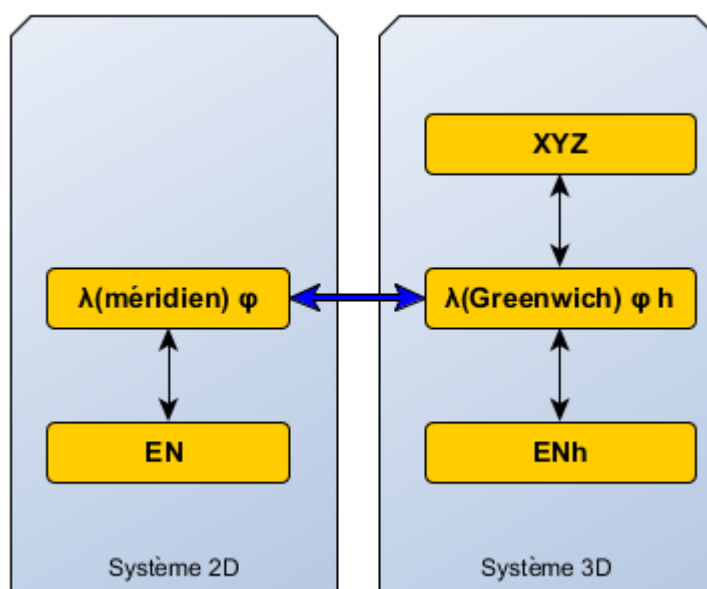
Coordonnées géocentriques et géographiques

Un SRC géographique a l'avantage d'offrir à la fois une représentation spatiale tridimensionnelle exacte, équivalente à la représentation cartésienne géocentrique avec la donnée d'un ellipsoïde, et une représentation plane, immédiatement lisible, avec la longitude et la latitude, même si cette représentation plane n'a aucune des qualités géométriques requises pour une projection.

Ainsi, un SRC géographique (sans la hauteur) peut aussi être considéré comme un cas particulier de SRC projeté, puisque ce dernier est en principe défini par une méthode à partir d'un SRC géographique de base. La méthode serait en l'occurrence une projection plate carrée simplifiée sans facteur d'échelle, mais avec une translation possible des longitudes selon le méridien origine. Cependant, l'utilisateur pourrait être troublé si

les coordonnées géographiques apparaissent au même niveau que les projections dans une interface. C'est pourquoi on conserve la distinction.

Comme le seul méridien valable en 3D est le méridien de Greenwich (voir la présentation du Système de Référence Géodésique), la longitude exprimée dans un SRC géographique peut toujours lui être rapportée. Si le méridien origine est différent, on aura deux systèmes géodésiques, avec des longitudes rapportées à ces deux méridiens. Ainsi, les coordonnées géographiques NTF, en principe uniques, peuvent en réalité être exprimées par rapport au méridien de Paris (nativement) ou de Greenwich (pour appliquer des transformations).



*Relation entre un système 2D et le système 3D correspondant
utilisé pour les transformations*

2.2.3 SRC projeté

Un point est positionné par 2 coordonnées cartésiennes (EN pour *Easting, Northing*) qui éliminent la courbure de la Terre et induisent donc une distorsion surfacique et/ou angulaire contrôlée par la définition de la projection.

Un SRC géographique peut servir de base à de nombreux SRC projetés. A l'inverse, une méthode de projection peut être appliquée à divers SRC géographiques (liés à des repères géodésiques différents) avec des paramètres différents (en particulier l'ellipsoïde). Par exemple, on associe souvent une projection UTM à chaque référentiel applicable sur un territoire. On devrait donc toujours associer le nom du référentiel au nom de la méthode de projection.

Les coordonnées projetées seront nommées EN et non xy comme on peut le trouver parfois, pour éviter la confusion avec les coordonnées géocentriques.

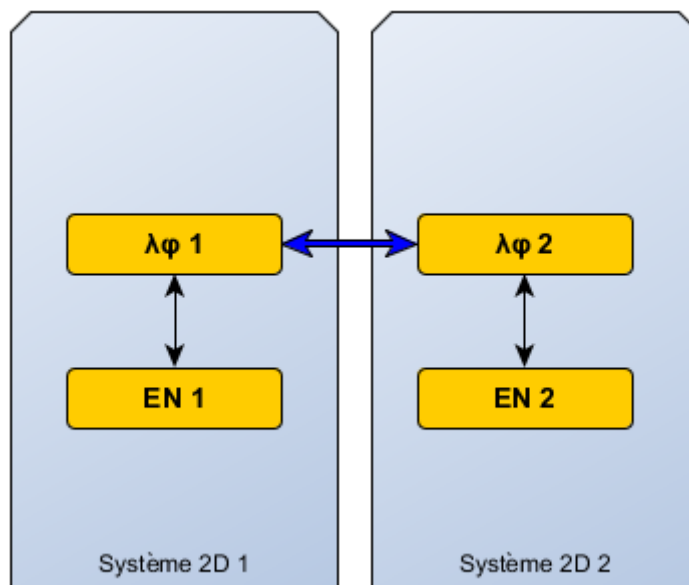


Schéma d'une reprojection

```
*PRC id mode X0 Y0 LGO unité_ang l0 j0 delta j1 j2 c type nom
PRC 0221 0 500000 0 01 02 -57 0 0.9996 0 0 0 2 UTM Nord fuseau 21
*PROJ REG PRC unit lonMin latMin lonMax latMax code nom
PROJ 423 221 02 -56.495 46.696 -56.102 47.199 STPM50UTM21 STPM50 - UTM Nord fuseau 21
PROJ 706 221 02 -56.491 46.699 -56.099 47.201 RGSPM06U21 RGSPM06 - UTM Nord fuseau 21
```

Initialisation d'une méthode de projection et des Systèmes de Référence de Coordonnées projetés qui l'utilisent (exemple du fichier de données de Saint-Pierre-et-Miquelon).

2.2.4 SRC vertical

Un point a une coordonnée, l'altitude, exprimée en mètres dans un Repère de Référence Verticale.

D'autres valeurs pourraient représenter une coordonnée verticale, comme la cote géopotentielle (en m^2s^{-2}), mais seule l'altitude est pertinente pour Circé.

Une coordonnée verticale peut exister sans coordonnées horizontales, puisque l'altitude est un attribut d'un repère physique (repère de nivellement, bouée maritime etc.) qu'il suffit de désigner par un identifiant. Cependant, dans le contexte de Circé, un point a toujours au minimum des coordonnées horizontales, afin de valider son inclusion dans un territoire géographique donné, ainsi que pour pouvoir interpoler des valeurs de transformation verticale dans une grille (sauf dans le cas de constantes).

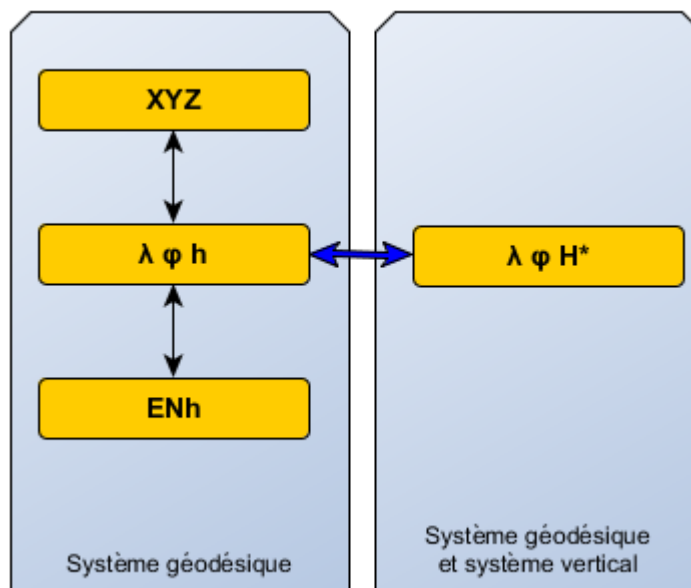
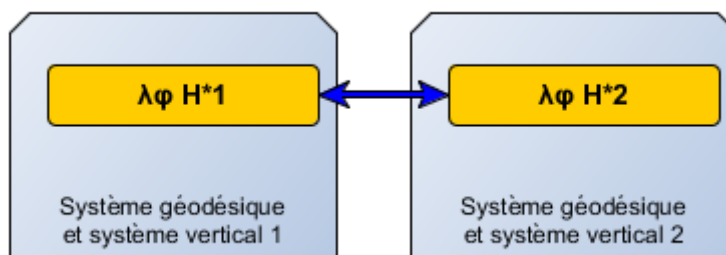


Schéma d'une transformation verticale par « grille de (quasi-) géoïde ». Il s'insère dans les autres schémas au niveau des SRC 3D ou 4D source ou cible.



Transformation entre deux systèmes verticaux

Remarque : Circé permet à l'utilisateur de calculer des altitudes sans expliciter l'identifiant du SRC vertical cible. Dans ce contexte, il est remplacé par le mot-clé *AUTHORITATIVE* (officiel)⁴. Suivant les SRC géodésiques source et cible, Circé connaît les transformations verticales qui leur sont associées, et donc les SRC verticaux potentiellement atteints.

Ainsi dans un lot de points traité, chaque point pourra obtenir une altitude dans le SRC vertical par défaut du territoire dans lequel il se trouve ; il s'agit du SRC légal quand il existe. L'utilisation du mot-clé *AUTHORITATIVE* permet à l'utilisateur de transformer en une seule fois un ensemble de points écrits dans un fichier n'appartenant pas aux mêmes zones de référentiels verticaux.

⁴ Voir l'exemple traité ci-dessous dans la partie 4.5 Exemple.

Soyez prudent lorsque vous utilisez cette option, car vous pourriez vous retrouver avec un seul fichier contenant des altitudes liées à différents référentiels verticaux !

Supposons qu'un référentiel vertical soit utilisé pour le continent et autre référentiel vertical soit utilisé pour une île (trop loin du rivage pour partager celle utilisée sur le continent). Par exemple, en France continentale, l'altitude est exprimée en IGN69 et est calculée à partir de la hauteur ellipsoïdale et de l'anomalie d'altitude interpolée dans la grille RAF20 ; en Corse, l'altitude est exprimée en IGN78 et la transformation utilise la grille RAC09.

Supposons que l'utilisateur ait écrit dans un seul fichier les coordonnées géographiques de points dont certains sont sur le continent et d'autres en Corse, et qu'il souhaite transformer les hauteurs ellipsoïdales en altitudes.

Si le mot-clé *AUTHORITATIVE* est utilisé, Circé analysera le fichier et recherchera pour chaque point la transformation associée au repère de référence géodésique d'entrée. Il existe deux transformations dans cet exemple : la transformation continentale et la transformation insulaire. Dans ce cas, Circé comparera les coordonnées géographiques avec les limites des transformations et utilisera la transformation dont les limites englobent le point. Si le point appartient à une zone de chevauchement des grilles, Circé utilise automatiquement la transformation de plus petite emprise pour effectuer la transformation.

En revanche, si le mot-clé *AUTHORITATIVE* n'est pas utilisé, l'utilisateur doit choisir un repère de référence vertical. S'il choisit IGN69, les points en Corse ne seront pas transformés et déclarés hors limites. À l'inverse, s'il choisit IGN78, les points en Corse seront transformés et les points continentaux déclarés hors limites.

2.2.5 Les identifiants de SRC

Les identifiants des Systèmes de Référence de Coordonnées (utilisés pour écrire une ligne de commande) sont initialisés selon des règles simples à partir des référentiels du fichier de métadonnées géodésiques « *dataXXX.txt* ». Les lignes REG de ce fichier contiennent un champ identifiant le SRC géocentrique associé, si possible identique à l'identifiant d'IGNF bien que ce ne soit pas indispensable au fonctionnement de Circé. Ensuite, l'identifiant du SRC géographique est créé en ajoutant la lettre G au premier identifiant. Enfin, les identifiants des SRC projetés sont lus dans le fichier. La règle qui prévaut (pour une raison de clarté) est de former ces identifiants par concaténation de l'identifiant du SRC géocentrique et d'une désignation de la méthode de projection (ex. RGF93LAMB93).

Quand un système géodésique 2D est lié à un méridien autre que Greenwich, il est dédoublé en deux systèmes. Les SRC suivent alors la règle énoncée précédemment. Par exemple, le SRC géocentrique virtuel NTF est lié à Greenwich tandis que NTFP est lié à Paris. Les SRC géographiques sont respectivement NTFG et NTFPG.

Types de SRC	Identifiants
Géocentrique	RGF93
Géographique	RGF93G
Projetés	RGF93LAMB93, RGF93CC42, RGF93CC43, RGF93CC44, RGF93CC45, RGF93CC46, RGF93CC47, RGF93CC48, RGF93CC49, RGF93CC50, ETRS89LAEA, ETRS89LCC, RGF93UTM30, RGF93UTM31, RGF93UTM32

Exemples d'identifiants de Systèmes de Référence de Coordonnées pour le système RGF93.

2.3 Conversions et transformations

2.3.1 Opération

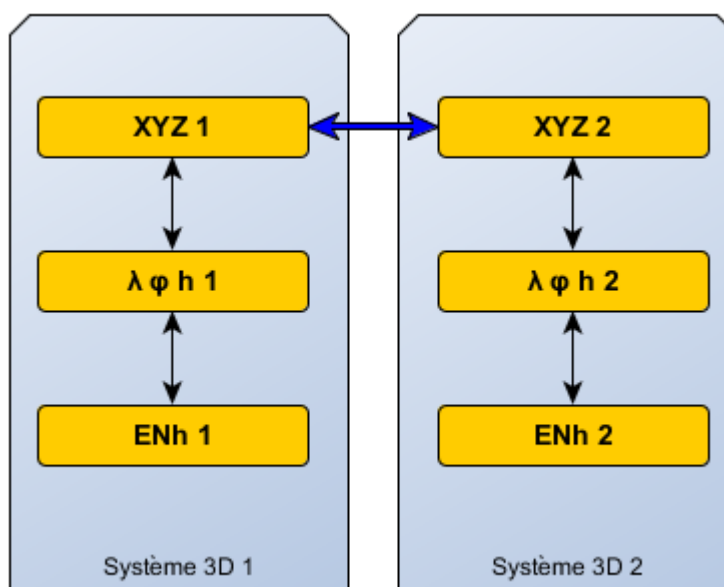
Une opération sur les coordonnées change des valeurs relatives à un SRC source en des valeurs relatives à un SRC cible. On distingue deux types d'opérations, les conversions (même repère de référence géodésique) et les transformations (repères différents).

Une opération a un statut qui permet de distinguer l'opération à choisir dans une liste. Le statut peut être officiel ou dérivé. Par exemple, la transformation NTF-RGF93 peut être effectuée par la grille officielle gr3df97a.tac, ou une grille dérivée au format NTV2 (non distribuée dans le Circé grand public).

Une opération est réversible quand les paramètres de l'opération opposée sont les mêmes avec des signes opposés, la même méthode devant être mise en œuvre. L'opération opposée est alors définie implicitement.

En revanche, deux opérations opposées doivent être définies explicitement si elles ne sont pas réversibles.

Le passage d'un SRC quelconque à un autre se fait le long d'un chemin d'opérations.



Conversions intra-repère et transformation inter-repères

Au sein d'un même repère géodésique, le passage des coordonnées géocentriques aux projetées (et réciproquement) se fait par concaténation de conversions en passant par les coordonnées géographiques.

Si les SRC source et cible sont liés à des systèmes géodésiques différents, le chemin emprunté dépend de la transformation choisie. En l'absence de choix explicite de l'utilisateur, c'est la transformation officielle qui est choisie et le chemin passe par les coordonnées cartésiennes géocentriques.

2.3.2 Conversion

Une conversion est une opération pour laquelle les SRC source et cible dérivent du même Repère de Référence Géodésique. Les cas sont les suivants :

- Passage des coordonnées géographiques aux cartésiennes et réciproquement.
- Projection et projection inverse, entre SRC géographique et projeté. Sont implémentées dans la version actuelle les méthodes suivantes : conique conforme de Lambert ; Mercator Transverse (pour UTM) ; Gauss-Laborde ; *Lambert Azimuthal Equal Area* ; stéréographique polaire sud.

Une conversion est définie par des formules et est donc exacte. Ses paramètres ne dépendent pas du point où on l'applique.

Les formules utilisées dans Circé garantissent une précision inférieure à 1 mm, ce qui implique qu'un aller-retour (par exemple une projection suivie de son inverse) donne une différence de moins de 2 mm entre les coordonnées initiales et le résultat final. En pratique cette différence est très souvent inférieure à 1 mm.

Les algorithmes (méthodes et paramètres) de projection utilisés dans Circé sont publiés sur Internet à l'url <https://geodesie.ign.fr/index.php?page=algorithmes>.

2.3.3 Transformation

Une transformation est une opération pour laquelle les SRC source et cible dérivent de Systèmes de Référence Géodésique ou Verticale différents, qui préexistent à la définition de la transformation.

Contrairement à une conversion, une transformation est déterminée de manière approchée par ajustement de jeux de coordonnées exprimées dans les deux systèmes. Ses paramètres dépendent du point où on l'applique et elle est affectée d'un code de précision dépendant également du point.

Type	Méthode	Exemple de paramètres
Transformation géodésique	Translation sur les coordonnées cartésiennes (constante ou interpolée dans une grille)	Grille NTF-RGF93 gr3df97a.tac (officielle)
Transformation géodésique	Translation sur les coordonnées géographiques (constante ou interpolée dans une grille)	Grille NTF-RGF93 ntf_r93.gsb (NTV2)
Transformation géodésique	Similitude sur les coordonnées cartésiennes (7 paramètres éventuellement dérivés de 14)	Les transformations entre réalisations de l'ITRS

Type	Méthode	Exemple de paramètres
Transformation géodésique	Changement d'époque par pôle de rotation	ITRF2014 plate motion model (Zuheir Altamimi et al.)
Transformation verticale	Translation sur les coordonnées verticales (constante ou interpolée dans une grille)	Grille IGN69-RGF93 raf20.tac

Méthodes de transformation

```
*TSG id REG1 REG2 prec Tx Ty Tz Ech Rx Ry Rz dTx dTy dTz dEch dRx dRy dRz Epoque
TSG 10797 423 706 3 -95.593 573.763 173.442 42.6265 -.9602 1.2510 -1.3918 0 0 0 0 0 0 0
```

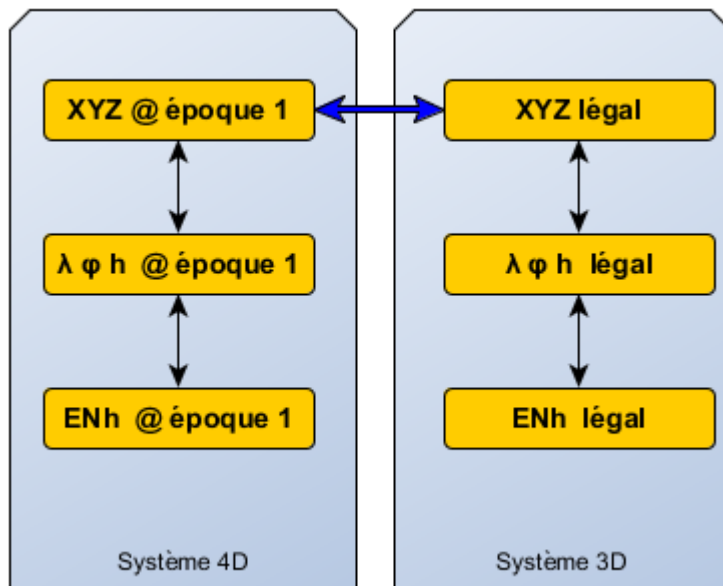
Initialisation d'une transformation constante entre repères géodésiques (exemple du fichier de données de Saint-Pierre-et-Miquelon). Entre deux repères 3D, les variations des paramètres de transformation sont toutes nulles.

Il est possible de réaliser un changement d'époque au sein du système pivot (défini dans le fichier de données de Circé par le mot-clé *KEYREG*) par l'utilisation d'un « modèle de mouvement » (*motion model* en anglais) qui peut être soit un modèle de pôle de rotation de plaque tectonique (*plate motion model*) ou une grille (*grid motion model*).

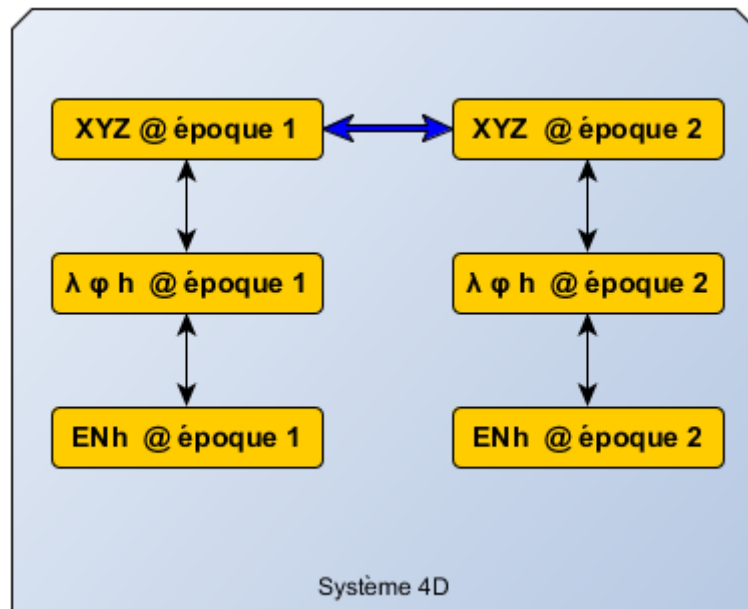
Par tradition, le changement d'époque est rangé parmi les transformations bien qu'il ne change pas de système géodésique 4D. En effet, d'un autre point de vue, il s'agit d'une transformation entre deux systèmes 3D i.e. le système 4D figé aux époques cible et source. De plus, contrairement aux formules de conversion, les modèles de mouvement sont déterminés de manière approchée par ajustement de jeux de coordonnées exprimées à différentes époques, et se rangent donc dans la catégorie des méthodes de transformation.

```
KEYREG I14
*PMM REG num dTx (m/y) dTy (m/y) dTz (m/y) dRx (mas/y) dRy (mas/y) dRz (mas/y) name
PMM I14 EU 0 0 0 -0.085 -0.531 0.770 Eurasia
```

Initialisation d'un modèle de pôle de rotation de plaque tectonique (plate motion model).



Détermination de coordonnées dans le système légal à partir de mesures effectuées dans l'ITRF courant.



Changement d'époque au sein du système pivot, le cas échéant.

2.3.4 Les principales options à initialiser dans Circé

L'utilisateur initialise les identifiants d'au plus 4 SRC: un SRC géodésique source (SG1), un SRC vertical source (SV1), un SRC géodésique cible (SG2) et un SRC vertical cible (SV2).

Il initialise également les données en entrée sur lesquelles porteront les opérations ainsi que leur format.

Les formats doivent être cohérents avec la nature des SRC. En premier lieu, les types de coordonnées associés aux SRC doivent être compatibles avec le type de coordonnées indiqué par le format. Les coordonnées géographiques ou projetées associées à un SRC de dimension 3 peuvent contenir ou non une hauteur, et c'est le format qui l'indique. De même, ces coordonnées peuvent être associées à une altitude (si le SRC vertical est initialisé), selon le format.

Il ne peut pas y avoir simultanément une hauteur et une altitude sources. En effet, Circé ne saurait pas quoi en faire : recalculer l'une à partir de l'autre avec une transformation, dans le SRC cible ou source ... Ce qu'on appelle altitude doit être pris dans un sens très général de coordonnée verticale qui, dans le contexte de Circé, est accessible par une transformation verticale en tant que cible ou source.

Dans le cas de coordonnées exprimées dans un système 4D, il faut aussi définir l'époque des coordonnées.

2.3.5 Les opérations interprétées par Circé

Pour réaliser des opérations géodésiques, il suffit en général d'initialiser SG1 et SG2. C'est un peu plus compliqué si le SRC source correspond à un repère 2D et le SRC cible à un repère 3D. Il est possible d'initialiser SV1, alors les hauteurs cibles (et les géocentriques correspondantes) seront calculées par transformation verticale des altitudes, à la place des hauteurs directement issues de la transformation géodésique.

Les transformations verticales sont diverses.

Si SV1 et SV2 sont initialisés, Circé cherchera à appliquer une transformation verticale entre les deux SRC sans faire intervenir une éventuelle hauteur ellipsoïdale.

Dans le cas où SG1, SV1 et SG2 sont initialisés, en plus des opérations sur les coordonnées géodésiques, une transformation verticale est recherchée parmi les diverses possibilités. SV1 étant initialisé, on a une altitude en entrée. Elle peut servir à calculer une hauteur ellipsoïdale dans les SRC source et/ou cible, selon les transformations disponibles.

De même, si c'est SV2 qui est initialisée au lieu de SV1, c'est que l'utilisateur souhaite calculer une altitude à partir d'une hauteur dans les SRC source et/ou cible, selon les transformations disponibles.

Dans les deux derniers cas, s'il existe des transformations verticales entre les altitudes et les hauteurs à la fois dans les SRC source et cible, Circé le signale par un message et s'arrête car il serait possible de calculer la donnée cible de deux manières différentes donnant des résultats différents. C'est potentiellement le cas, par exemple, aux Antilles où il existe des grilles verticales pour les systèmes dits « WGS84 xxx » (un par île) et RGAF09.

2.3.6 Les opérations composées

Les paragraphes précédents traitent des opérations explicitement demandées par l'utilisateur. Si la demande ne peut pas être exécutée directement, Circé cherchera à intercaler un repère pivot (s'il est défini) et l'opération composée pourra être effectuée s'il existe deux transformations, l'une du repère source au repère pivot, et l'autre du repère pivot au repère cible. S'il existe un modèle de vitesse associé au repère pivot, un changement d'époque est possible et pourra être intercalé entre les deux transformations.

C'est le cas en particulier pour les transformations entre réalisations de l'ITRS.

3 Installation et lancement de Circé

3.1 Architecture commune aux distributions

Les fichiers d'une installation typique de Circé sont répartis dans deux répertoires, le répertoire des fichiers exécutables et celui des fichiers de données par territoire dans lequel l'utilisateur doit avoir le droit d'écrire.

Système	Répertoire typique des fichiers exécutables	Répertoire typique des fichiers de données par territoire (un sous-répertoire par territoire)
Debian, Ubuntu etc.	/usr/bin	/usr/share/Circe/data
Windows 7 et 10	C:\Program Files (x86)\IGN\Circe 5.3	C:\ProgramData\IGN\Circe\5.3

Répertoires d'installation typiques de Circé (les noms peuvent varier selon l'installation et la version)

Ces répertoires peuvent être modifiés et il n'est pas indispensable de passer par les logiciels d'installation. Dans tous les cas, le lancement de Circé se fera ainsi (voir plus loin les commandes précises pour Linux et Windows) :

- Pour lancer l'IHM, il faut que le répertoire de démarrage (*ne contenant pas d'espace ni de caractère spécial*) soit celui des fichiers de données par territoire ; ensuite, lancer l'exécutable avec ou sans chemin selon qu'il est connu par le système ou non (i.e. contenu dans la variable Path ou PATH). Le répertoire de démarrage peut être un des sous-répertoires, contenant les données d'un seul territoire, si l'on souhaite ne donner accès qu'à celui-ci et non à tous.
- Pour la ligne de commande, le nom du fichier de métadonnées géodésiques (d'un territoire unique) est passé en options avec un chemin complet, on n'a donc pas besoin de se positionner dans le bon répertoire ; lancer l'exécutable avec ou sans chemin selon qu'il est connu par le système ou non.

Les tables suivantes donnent une indication générale sur le contenu des répertoires.

Nom du fichier	Description
<i>circeFR ; circeEN</i>	Exécutables de la ligne de commande en versions française et anglaise.
<i>circeWidgetFR ; circeWidgetEN</i>	Exécutables de l'IHM en versions française et anglaise.
<i>CirceV5ManuelUtilisateur.pdf</i>	Ce manuel utilisateur.
<i>msvcp140.dll, platforms/qwindows.dll, Qt5Core.dll, Qt5Gui.dll, Qt5Widgets.dll, vcruntime140.dll</i>	(Windows) Bibliothèques dynamiques nécessaires au fonctionnement de l'IHM.

Contenu principal du répertoire des exécutables

Nom du fichier	Description
*.tac ; *.tbc ; *.xml	Grilles de transformation
*.bmp ; *.ico ; *.png	Images de l'IHM graphique
circe_options_*.xml	Options de l'IHM graphique
Data*.txt ; Data*.xml	Métadonnées géodésiques
*.chm	Aide géodésique

Contenu principal d'un répertoire de territoire

Remarque : Les fichiers de données par territoire sont transférables d'une plateforme à l'autre sauf les versions binaires des grilles de transformations (*.tbc) qui sont créées à la première utilisation à partir des versions texte (*.tac).

3.2 Installation et lancement sous Linux

3.2.1 Installation par paquet

Le paquet Debian *circe52.deb* permet d'installer Circé v5 sous les systèmes d'exploitation basés sur Debian (Ubuntu etc.)⁵.

La commande est :

```
dpkg -i circe52.deb
```

3.2.2 Les exécutables

Les fichiers exécutables sont installés dans */usr/bin*.

L'IHM est appelée par un shell *circe52shell*. L'icône pointe dessus, ainsi que le gestionnaire d'application. Il est possible de lancer le script directement en cas de problème.

Ce script positionne le démarrage dans le répertoire des fichiers de données par territoire puis exécute *circeWidget* qui est un lien symbolique sur l'exécutable idoine (par défaut */usr/bin/circe52/circeWidgetFR*).

But	Contenu
Lancement de l'IHM donnant le choix du territoire (script <i>/usr/bin/circe52shell</i>).	<code>cd /usr/share/circe52/data circeWidget</code>
Lancement de l'IHM pour un seul territoire (exemple de la France continentale & Corse).	<code>cd /usr/share/circe52/data/France circeWidget circe_options_FR.xml</code>

Scripts de lancement de l'IHM sous Linux.

/usr/bin contient également *circe* qui est un lien symbolique pointant sur l'exécutable de la ligne de commande, par défaut */usr/bin/circe52/circeFR*.

⁵ Pour un autre Linux il est possible de copier à la main les fichiers dans les répertoires pertinents.

Logiciels appelés : L'aide géodésique au format *Microsoft Compressed HTML* (*.chm), initialement conçu pour Windows, peut être affichée à l'aide du programme libre et gratuit *xchm* qui s'installe par l'*Advanced Packaging Tool*. De même pour *evince* qui permet d'afficher le manuel utilisateur au format *pdf*.

Avant de demander l'affichage de ces fichiers par le menu *Aide* de Circé, l'utilisateur doit s'assurer que ces logiciels, ou des logiciels équivalents, sont bien installés.

3.2.3 Les fichiers de données par territoire

Il faut que l'utilisateur ait les droits d'écriture dans le répertoire de données `/usr/share/circe52`.

Si besoin est, vous pouvez vous attribuer les droits en écriture avec une commande du type :

```
chown -R [utilisateur][:groupe] /usr/share/circe52
```

S'il n'est pas possible de modifier les droits, vous pouvez copier le répertoire dans le compte utilisateur, disons `~/circe52`. Il faut alors modifier ainsi le script *circe52shell* (voir ci-dessus)

```
cd ~/circe52/data/  
circeWidget
```

Exemple de script modifié

3.3 Installation et lancement sous Windows

Pour effectuer l'installation par le *setup* Windows, lancer `Install_Circe_V52.exe` (32 bits) sous un compte administrateur. Les dialogues habituels des assistants d'installation s'affichent. Il faut bien cocher la case qui permet de créer les raccourcis.

Pour que chaque utilisateur puisse faire fonctionner Circé, il faut donner le contrôle total aux utilisateurs sur le répertoire de démarrage. En principe, le programme d'installation réalise cette opération automatiquement. Dans le menu démarrer se trouve un répertoire "*Circé 52*" permettant de lancer ou désinstaller l'IHM, ainsi que de visualiser le manuel utilisateur.

On lance l'IHM par un des raccourcis (Windows) ou scripts (Linux) créés à l'installation.

L'exécutable a pour option un fichier xml :

```
circeWidgetXX (path)/IGN/Circe/5/<nom de la région>/circe_options_XX.xml
```

Raccourci dans le bureau : s'il n'est pas créé par l'installation, vous pouvez créer un raccourci du fichier exécutable par le menu contextuel du fichier, dans quelque répertoire qu'il soit, et modifier ses propriétés en saisissant dans « Démarrer dans » le répertoire des fichiers de données par territoire.

Une seule ligne d'option de `circe_options_XX.xml` est indispensable pour lancer le programme : la balise `metadataFile` initialisant le fichier de métadonnées.

Les autres balises sont écrites à la fermeture du programme puis lues à l'ouverture suivante ce qui permet en principe de retrouver les options dans l'état où on les a laissées.

Remarque

A la place de `msvcp140.dll`, il est possible que le système demande une autre version comme `msvcp120.dll`. Les bibliothèques manquantes sont distribuées par Microsoft qui fournit un logiciel d'installation (*Visual C++ Redistributable Packages for Visual Studio 2013*) à :

<https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=40784>.

Vous pouvez installer `vcredist_x64.exe` (64 bits) ou `vcredist_x86.exe` (32 bits) selon l'architecture de votre processeur.

4 Utilisation de la ligne de commande

4.1 Environnement

Pour trouver quelle ligne de commande correspond à ce que vous cherchez à faire, le plus simple est sans doute de la créer par l'interface graphique. En effet, la ligne de commande sous-jacente est écrite en bas de l'interface au fur et à mesure de son initialisation.

Sous Windows, pour pouvoir lancer les lignes de commande depuis n'importe quel répertoire sans écrire le chemin complet de l'exécutable, ajouter le chemin dans la variable d'environnement Path (exemple) :

```
set Path=%Path%;%ProgramFiles(x86)%\IGN\Circe 5.3
```

Selon la configuration de l'invite de commande dans laquelle Circé sera lancé, il arrive que les caractères accentués ne soient pas affichés correctement. Sous Windows, il est possible de commencer par taper :

```
chcp 1252
```

Alors les caractères accentués sont affichés correctement dans la fenêtre. En effet, *chcp* modifie la page de codes active de la console, et Windows-1252 est un jeu de caractères utilisé sous Windows dans les principales langues d'Europe de l'Ouest, dont le français.

En revanche, il n'est pas possible de traiter des fichiers dont le nom et le chemin comportent des caractères spéciaux (accents etc.).

4.2 Les options

La syntaxe des options de la ligne de commande suit certaines conventions POSIX mais pas toutes. Chaque option a un nom court introduit par un tiret (-) et un nom long introduit par deux tirets (--).

RECOMMANDATION : Utilisez les noms d'option longs pour conserver votre ligne de commande sur le long terme.

Les options d'affectation doivent être suivies par la valeur affectée. Le nom court est suivi de la valeur séparée ou non par un espace, tandis que le nom long affecte avec un signe égal (=).

Pour avoir une liste d'options à jour, la liste pouvant avoir évolué depuis la rédaction de ce document, lancer l'aide en ligne de commande : **circeFR --help**.

L'ordre des options n'a pas d'importance sauf pour les coordonnées qui doivent être écrites après les options le cas échéant. Il faut bien écrire toute la commande sur une seule ligne.

Nom court	Nom long	Description
-h	--help	Affiche la liste des options.
-q	--quiet	N'affiche que le résultat de la commande.
-Q	--verbose	Affiche le résultat et diverses informations.
-m	--metadataFile	Affecte le chemin complet du fichier de métadonnées géodésiques. --metadataFile=metadataFilePathName
-b	--boundaryFile	Affecte le nom du fichier de limites sans chemin. --boundaryFile=boundaryFileName
-s	--sourceCRS	Affecte les identifiants des SRC sources géodésiques et verticaux séparés par un point. Syntaxes possibles : --sourceCRS=SourceGeodeticCRSid.SourceVerticalCRSid --sourceCRS=SourceGeodeticCRSid --sourceCRS=SourceGeodeticCRSid. --sourceCRS=.SourceVerticalCRSid <i>SourceVerticalCRSid</i> peut être remplacé par AUTHORITATIVE, avec lequel Circé choisira le référentiel par défaut adapté à chaque point traité.
-f	--sourceFormat	Affecte le format des données sources en trois éléments séparés par un point : le format (*), l'unité de mesure linéaire, l'unité de mesure angulaire. --sourceFormat=sourceFormatId.sourceLinearUnit. sourceAngularUnit
-S	--targetCRS	Affecte les identifiants des SRC cibles géodésiques et verticaux séparés par un point. Syntaxes possibles : --targetCRS=TargetGeodeticCRSid.TargetVerticalCRSid --targetCRS=TargetGeodeticCRSid --targetCRS=TargetGeodeticCRSid. --targetCRS=.TargetVerticalCRSid <i>TargetVerticalCRSid</i> peut être remplacé par AUTHORITATIVE, avec lequel Circé choisira le référentiel par défaut adapté à chaque point traité.

Nom court	Nom long	Description
-r	<code>--transfoRequired</code>	Affecte les éventuels identifiants des transformations géodésiques et verticales imposées par l'utilisateur, séparés par un point. <code>--transfoRequired=idGeodeticTransfo.idVerticalTransfo</code>
-F	<code>--targetFormat</code>	Affecte le format des données cibles en trois éléments séparés par un point : le format (*), l'unité de mesure linéaire, l'unité de mesure angulaire. <code>--targetFormat=targetFormatId.targetLinearUnit.targetAngularUnit</code>
-n	<code>--displayPrecision</code>	En complément de <code>--targetFormat</code> , affecte la précision d'affichage des coordonnées en mètres (valeur par défaut : 0.001). L'équivalent est déterminé par Circé pour les valeurs angulaires.
-e	<code>--sourceEpoch</code>	Affecte l'époque des données sources en années décimales. <code>--sourceEpoch=sourceEpoch</code>
-E	<code>--targetEpoch</code>	Affecte l'époque des données cibles en années décimales. <code>--targetEpoch=targetEpoch</code>
-p	<code>--sourcePathname</code>	Affecte le chemin des données sources. <code>--sourcePathname=sourcePathname</code>
-P	<code>--targetPathname</code>	Affecte le chemin des données cibles. <code>--targetPathname=targetPathname</code>
-N	<code>--separator</code>	Définit le séparateur de champ des fichiers en entrée. Les valeurs possibles sont : Espace (défaut), Virgule, Point-virgule, Tabulation (en toutes lettres) ou un caractère.
-l	<code>--getCRSlist</code>	Affiche la liste des SRC disponibles dans cette version, incluant les SRC composés.
-a	<code>--getValidityArea</code>	Affiche la zone de validité d'un SRC.
-u	<code>--getAuthority</code>	Affiche l'autorité d'un SRC.
-R	<code>--followUpTransfos</code>	Affiche les valeurs des transformations utilisées le cas échéant.
-t	<code>--runTest</code>	Lance les tests.
-T	<code>--multipleCRS</code>	Opère sur un lot de fichiers, chacun définissant des coordonnées dans un SRC source et plusieurs SRC cibles.

Nom court	Nom long	Description
-g	--gridLoading	Affecte le type de chargement des grilles de transformation. Deux valeurs sont possibles : BINARY : Le fichier binaire est simplement ouvert. C'est la valeur par défaut quand les tests sont lancés ou en mode point interactif ; elle est préférable quand très peu de points sont à traiter. ARRAY : Le fichier texte ou binaire est chargé en mémoire.
-v	--getDataFileFormat	Obtenir une liste cohérente (relativement au SRC choisi) de formats de fichiers au format id:text séparés par des virgules. <pre>--getDataFileFormat --metadataFile=metadataFilePathName --sourceCRS=sourceCRS</pre>
-V	--getDataPointFormat	Obtenir une liste cohérente (relativement au SRC choisi) de formats de points au format id:text séparés par des virgules. <pre>--getDataPointFormat --metadataFile=metadataFilePathName --sourceCRS=sourceCRS</pre>
-w	--getGeodeticTransfo	Obtenir une liste cohérente (relativement aux SRCs choisis) d'identifiants de transformations. <pre>--getGeodeticTransfo --metadataFile=metadataFilePathName --sourceCRS=sourceCRS --targetCRS=targetCRS</pre>
-y	--getSourceGeodeticCRS	Obtenir une liste cohérente (relativement au repère choisi) de SRC géodésiques sources au format id:text séparés par des virgules. <pre>--getSourceGeodeticCRS --metadataFile=metadataFilePathName --sourceFrame=sourceFrame</pre>
-x	--getSourceGeodeticFrame	Obtenir la liste des repères géodésiques au format id:text séparés par des virgules. <pre>--getSourceGeodeticFrame --metadataFile=metadataFilePathName</pre>
-z	--getSourceVerticalCRS	Obtenir une liste cohérente (relativement au SRC géodésique choisi) de SRC verticaux sources au format id:text séparés par des virgules. <pre>--getSourceVerticalCRS --metadataFile=metadataFilePathName --sourceCRS=sourceCRS</pre>
-Y	--getTargetGeodeticCRS	Obtenir une liste cohérente (relativement au SRC source et au repère cible choisis) de SRC géodésiques cibles au format id:text séparés par des virgules. <pre>--getTargetGeodeticCRS --metadataFile=metadataFilePathName --sourceCRS=sourceCRS --targetFrame=targetFrame</pre>

Nom court	Nom long	Description
-X	<code>--getTargetGeodeticFrame</code>	Obtenir une liste cohérente (relativement au SRC source choisi) de repères géodésiques cibles au format id:text séparés par des virgules. <code>--getTargetGeodeticFrame</code> <code>--metadataFile=metadataFilePathName --sourceCRS=sourceCRS</code>
-Z	<code>--getTargetVerticalCRS</code>	Obtenir une liste cohérente (relativement aux SRC source et cible choisis) de SRC verticaux cibles au format id:text séparés par des virgules. <code>--getTargetVerticalCRS --metadataFile=metadataFilePathName</code> <code>--sourceCRS=sourceCRS --targetCRS=targetCRS</code>
-U	<code>--getUom</code>	Obtenir une liste cohérente (relativement au format choisi) d'unités de mesure au format id:text séparés par des virgules. <code>--getUom --metadataFile=metadataFilePathName</code> <code>--sourceFormat=sourceFormat</code>
-W	<code>--getVerticalTransfo</code>	Obtenir une liste cohérente (relativement aux SRCs choisis) d'identifiants de transformations. <code>--getVerticalTransfo --metadataFile=metadataFilePathName</code> <code>--sourceCRS=sourceCRS --targetCRS=targetCRS</code>
-L	<code>--getZoneList</code>	Donner la liste des zones géographiques traitées, c'est-à-dire la liste des sous-répertoires du répertoire de travail contenant des fichiers d'option de Circé IHM. Les zones, séparées par une virgule, sont écrites sous la forme région:circé_options_XXX.xml.
-o	<code>--logPathname</code>	Argument : Chemin complet du fichier log
-D	<code>--noPrintSppm</code>	Ne pas afficher l'altération linéaire associée aux coordonnées projetées en PPM, mais le facteur d'échelle (module linéaire) dont la valeur est proche de 1.
-O	<code>--outputFormat</code>	Argument : Format de sortie (format par défaut ou JSON)
-d	<code>--plainDMS</code>	Avec cette option, les coordonnées en "Degrés Minutes Secondes" ou "Degrés Minutes" sont écrites de manière lisible avec les signes ° ' " (point et fichier). Dans les fichiers, les longitudes et les latitudes doivent alors être écrites sans espace si l'espace est le séparateur de champ (y compris les lettres de direction E,W,N,S). En l'absence de l'option, les coordonnées DMS ou DM sont écrites sous forme décimale (dd.mmsssss ou dd.mmmmm).
-c	<code>--processAsVector</code>	Traiter en tant que vecteur (pour test seulement)
-i	<code>--sourceFrame</code>	(obligatoire avec <code>-getSourceGeodeticCRS</code>)

Nom court	Nom long	Description
		Argument : id des repères sources au format <i>GeodeticFrameid.VerticalFrameid</i>
-I	--targetFrame	(obligatoire avec <i>-getTargetGeodeticCRS</i>) Argument : id des repères cibles au format <i>GeodeticFrameid.VerticalFrameid</i>

4.3 Syntaxe

On donne ici la syntaxe avec les noms longs. L'ordre n'a pas d'importance sauf pour les coordonnées qui doivent être écrites après les options le cas échéant. Il faut bien écrire toute la commande sur une seule ligne.

4.3.1 Afficher l'aide

```
circéFR --help
```

4.3.2 Afficher la liste des SRC disponibles

La liste des identifiants de SRC disponibles pour une version donnée est donnée par une commande :

```
circéFR [-v] [-q] --metadataFile=metadataFilePathName --getCRSlist
```

Cette commande affiche la liste des identifiants des SRC géodésiques définis dans le fichier de métadonnées, puis des SRC verticaux, puis des SRC composés (c'est-à-dire des compositions de SRC géodésiques et verticaux dont les zones de validité se croisent).

4.3.3 Afficher la zone de validité d'un SRC

```
circéFR [-v] [-q] --metadataFile=metadataFilePathName --getValidityArea  
--sourceCRS=SourceGeodeticCRSid.SourceVerticalCRSid
```

Circé affiche les zones de validité (emprise géographique) des SRC sources demandés ou d'un seul. Exceptionnellement il est possible d'avoir la zone de validité d'un SRC vertical sans mettre le point avec la syntaxe :

```
--sourceCRS=SourceVerticalCRSid
```


4.3.4 Lancer les tests

```
circeFR --runTest --sourcePathname=testFilePathName
```

L'option `--sourcePathname` sert ici à initialiser le chemin du fichier de commande contenant le nombre et la liste des fichiers de test à traiter (sans l'extension *txt*). Ces derniers doivent être situés dans le même répertoire.

Exemple :

Je lance Circé depuis un certain répertoire (espace de travail). J'ai un sous-répertoire *coords_tests* contenant le fichier de commande *circe_test.txt*. La ligne s'écrit :

```
circeFR --runTest --sourcePathname=coords_tests\circe_test.txt
```

Le fichier *circe_test.txt* contient par exemple les lignes suivantes :

```
15
FR
GUADANN_RGAF09
GUAD_W84_RGAF09
GUYA
I08
KER
MARTFD_RGAG09
MART_W84_RGAF09
MAY
NC
REU
SMSB_FM_RGAF09
SMSB_W84_RGAF09
SPM
TA
```

Dans le même répertoire doivent se trouver 15 fichiers s'appelant *FR.txt*, *GUADANN_RGAF09.txt*, etc.

Un fichier de test contient, pour une zone donnée, les coordonnées d'un ensemble de points exprimées successivement dans les SRC définis dans le fichier de métadonnées correspondant. Voici le schéma du format :

```
<texte descriptif>
<fichier de métadonnées avec le sous-répertoire relatif à l'espace de travail>
<fichier de limites de plaques tectoniques (facultatif)>
<Nombre de SRC> <Nombre de points> <Ecart maximal attendu en millimètres>
<définition des coordonnées dans le SRC 1 avec sourceCRS et sourceFormat>
<nombre de points définis dans ce SRC>
<id du point 1> <coordonnées selon le format>
<id du point 2> <coordonnées selon le format>
etc.
<définition des coordonnées dans le SRC 2 avec sourceCRS et sourceFormat>
<nombre de points définis dans ce SRC>
<id du point 1> <coordonnées selon le format>
<id du point 2> <coordonnées selon le format>
etc.
```

Les tests consistent à effectuer toutes les opérations croisées menant d'un SRC à l'autre.

Les résultats s'écrivent dans un fichier du type *test...log*. Le résultat de chaque transformation est écrit suivi de l'écart aux coordonnées de référence (ramené à des écarts est-ouest-hauteur-altitude en millimètres) seulement dans le cas où il est supérieur à l'écart maximal attendu en millimètres pour une coordonnée. Un message indique quand l'opération est impossible (dépassement des bornes etc.).

La plupart des transformations et des conversions peuvent boucler en aller-retour avec un résidu inférieur au millimètre. Toutefois, on trouve certains résidus légèrement supérieurs au millimètre, c'est pourquoi on définit l'écart maximal attendu en millimètres dans le fichier de test. Les résidus supérieurs sont alors écrits dans les fichiers log. Ces résidus sont *a priori* normaux, mais il pourrait être utile de les étudier.

Le champ **<Ecart maximal attendu en millimètres>** permet de définir l'écart maximal constaté quand le test se déroule bien. Il faut lancer une première fois le test en mettant 1, puis mettre à jour le fichier avec l'écart maximal constaté. Cela permet, en cas de bug entraînant un résultat aberrant lors de développements ultérieurs, d'afficher une alerte du type :

```
**** shift (<maxShift>) larger than expected (<largerExpectedShift>) ****
```

aussi bien à l'écran que dans le fichier log.

Le champ **<fichier de limites de plaques tectoniques (facultatif)>** est obligatoire pour Circé Monde, car il permet à Circé de détecter sur quelle plaque se situe chaque point traité.

4.3.5 Opérer sur de multiples SRC

```
circéFR [-v] [-q] --multipleCRS --sourcePathname=testFilePathName
```

Il s'agit, à partir de coordonnées données dans un certain SRC, de calculer les coordonnées dans plusieurs autres SRC.

Le fichier de commande est identique à celui décrit pour les tests automatiques.

Ensuite, chaque fichier à traiter a le même format que celui décrit plus haut, avec ces différences :

- Le champ **<Ecart maximal attendu en millimètres>** ne sert à rien puisqu'il n'y a pas de comparaison à faire, mais il faut mettre une valeur numérique quelconque.
- Seules les coordonnées du premier SRC sont utilisées. Pour les autres, seule la ligne de définition est obligatoire (mais les coordonnées éventuellement présentes comme pour un fichier de test ne gênent pas).

Le fichier log obtenu peut servir de fichier de test.

4.3.6 Faire une opération sur un point

```
circeFR [-v] [-q]          --metadataFile=metadataFilePathName
                          --sourceCRS=SourceGeodeticCRSid.SourceVerticalCRSid
                          --sourceFormat=sourceFormatId.sourceLinearUnit.sourceAngularUnit
                          --targetCRS=TargetGeodeticCRSid.TargetVerticalCRSid
                          --targetFormat=targetFormatId.targetLinearUnit.targetAngularUnit
                          coord1 coord2 [coord3]
```

Exemple (sur une seule ligne) :

```
circeFR --metadataFile="C:\ProgramData\Circe52\data\DataFRnew.xml"
        --sourceCRS=NTFLAMB3. --sourceFormat=EN.METERS. --targetCRS=WGS84G.
        --targetFormat=LP.METERS.DEGREES 470000 160000
```

4.3.7 Faire une opération sur un fichier

```
circeFR [-v] [-q]          --metadataFile=metadataFilePathName
                          --sourceCRS=SourceGeodeticCRSid.SourceVerticalCRSid
                          --sourceFormat=sourceFormatId.sourceLinearUnit.sourceAngularUnit
                          --targetCRS=TargetGeodeticCRSid.TargetVerticalCRSid
                          --targetFormat=targetFormatId.targetLinearUnit.targetAngularUnit
                          --sourcePathname=sourcePathname
                          --targetPathname=targetPathname
```

Exemple (sur une seule ligne) :

```
circeFR --metadataFile="C:\ProgramData\Circe52\data\DataFRnew.xml"
        --sourceCRS=NTFLAMB3. --sourceFormat=EN.METERS.
        --targetCRS=WGS84G. --targetFormat=LP.METERS.DEGREES
        --sourcePathname="D:\circe_coord_tests\datafile.txt"
        --targetPathname="D:\circe_coord_tests\outfile.txt"
```

4.4 Les formats de données

Outre les identifiants de Systèmes de Référence de Coordonnées, les données associées aux coordonnées sont regroupées sous la notion de format.

Les options `--sourceFormat` et `--targetFormat` permettent d'initialiser les formats de données en entrée et en sortie qui sont divisés en trois parties séparées par des points :

* Les champs de données des formats de fichier ou de point.

* L'unité de mesure linéaire.

* L'unité de mesure angulaire.

En complément, le séparateur de champ des fichiers en entrée peut être défini avec l'option `--separator`. Les valeurs possibles sont : Espace (défaut), Virgule, Point-virgule, Tabulation (en toutes lettres) ou un caractère quelconque.

A ces données viennent s'ajouter, le cas échéant, les époques source et cible initialisées par l'utilisation des options `--sourceEpoch` et `--targetEpoch`.

4.4.1 Les champs de données des formats

Dans les formats de données, chaque ligne contient les données d'un point : un éventuel identifiant et les coordonnées géocentriques, géographiques ou projetées. Chaque lettre du format est traitée indépendamment et correspond à un champ ce qui laisse une certaine souplesse dans l'ordre des champs (à condition que le format soit cohérent). De plus, il est possible d'introduire des lettres poubelles correspondant à des champs inutilisés.

Les lettres définissant les formats basiques sont les suivantes.

Lettre	Signification
I	Identifiant
X	Première coordonnée géocentrique
Y	Deuxième coordonnée géocentrique
Z	Troisième coordonnée géocentrique
L	Longitude λ
P	Latitude φ
H	Hauteur ellipsoïdale
E	Easting
N	Northing
V	Altitude
C	Convergence des méridiens (uniquement en écriture)
S	Altération linéaire (uniquement en écriture)

La cohérence impose que le format contienne une des chaînes de caractères : XYZ, LP, PL, EN, NE. Les autres champs peuvent être placés avant ou après.

Exemples :

LPHI : longitude, latitude, hauteur, identifiant.

aXYZ : champ poubelle, identifiant, coordonnées géocentriques.

ENCS : *easting*, *northing*, convergence, altération (fichier cible).

4.4.2 Les unités de mesure

La liste des unités angulaires possibles est la suivante dans la version actuelle : radians, secondes, degrés, degrés minutes secondes, degrés minutes, grades. De plus, il n'y a qu'une seule unité de mesure linéaire, le mètre. Les identifiants correspondants sont :

"RADIANS" , "SECONDS" , "DEGREES" , "DMS" , "DM" , "GONS" , "METERS" .

Les unités angulaires sont celles des coordonnées géographiques (longitude, latitude) ainsi que celles de la convergence des méridiens associée à une projection cible.

Il est possible de ne pas écrire l'unité de mesure linéaire dans la ligne de commande.

Écriture des coordonnées sexagésimales

Outre les degrés décimaux, les coordonnées géographiques peuvent être écrites en unités sexagésimales : degrés minutes secondes (DMS) ou degrés minutes (DM). Les coordonnées en unités sexagésimales peuvent être écrites de deux manières, ainsi pour les DMS (et de manière équivalente pour les DM) :

(a) soit sous forme décimale (dd.mmssssss qui représente dd° mm' ss.sssss"),

(b) soit sous forme "DMS en clair" comme dans le fichier en sortie de l'exemple donné ci-dessous § 4.5.Exemple (e.g. 001°53'49.97152"E, la lettre pouvant être devant, ou remplacée par un signe +-).

Si ces coordonnées sont écrites dans un fichier et que le séparateur est l'espace, il ne peut pas y avoir d'espace dans une coordonnée, mais avec un autre séparateur, les espaces sont autorisés dans un champ. De même, en mode point de l'IHM, les coordonnées étant dans des *widjets* séparés, les espaces sont autorisés entre les symboles (°'"NESW) et les chiffres.

S'il s'agit de coordonnées en entrée, Circé détecte automatiquement de quelle forme il s'agit. En ce qui concerne les DMS écrits en sortie, avec l'option `-plainDMS` (qui correspond à "Affichage/DMS en clair" de l'IHM), les DMS sont écrites sous la forme (b), sinon sous la forme (a).

4.4.3 Les époques

Rappelons qu'une époque peut être implicitement ou explicitement associée à un système 3D, par exemple une réalisation de l'ITRS ou d'ETRS89 figée à une époque donnée. Dans ce cas l'utilisateur n'a pas à initialiser d'époque associée aux coordonnées exprimées dans ce système.

En revanche, lorsque des coordonnées sont exprimées dans un système 4D (source et/ou cible), il est obligatoire d'initialiser une époque. Son unité est l'année décimale. Par exemple, le 12 novembre 2019 est le jour 316 de cette année, en année décimale cela fait 2019.864 (316/365 = 0.864).

4.5 Exemple

Prenons la ligne de commande suivante sur une seule ligne (voir plus loin la copie d'écran du même calcul réalisé avec l'IHM).

```
circéFR --metadataFile=DataFRnew.txt --sourceCRS=RGF93G.  
        --sourceFormat=ILPH.METERS.DEGREES --targetCRS=RGF93G.AUTHORITATIVE  
        --targetFormat=ILPV.METERS.DMS --sourcePathname=FR_RGf93.geo  
        --targetPathname=FR_RGf93_alt.geo --plainDMS --displayPrecision=0.001  
        --gridLoading=BINARY
```

L'exécutable utilisé sera la ligne de commande en version française (**circéFR**) et les métadonnées géodésiques seront celles de la France continentale et de la Corse (**--metadataFile=DataFRnew.txt**, le nom du fichier étant éventuellement accompagné de son chemin complet).

Le fichier en entrée

Il est défini par les options suivantes :

Option	Description
--sourceCRS=RGF93G.	Le Système de Référence de Coordonnées est le SRC géographique associé au Système de Référence Géodésique RGF93. Il n'y a pas de Système de Référence Verticale.
--sourceFormat=ILPH.METERS.DEGREES	Les données sont au format : identifiant / longitude / latitude / hauteur ellipsoïdale. L'unité des hauteurs est le mètre ; l'unité des longitudes et des latitudes est le degré décimal.
--sourcePathname=FR_RGf93.geo	Chemin du fichier.

Le contenu du fichier en entrée est le suivant ; le point 1 est sur le continent et le point 2 est en Corse.

```
Pt1 1.89721431 45.25156414 56.523  
Pt2 8.81357461 42.15616555 853.189
```

Le fichier en sortie

Il est défini par les options suivantes :

Option	Description
--targetCRS=RGF93G.AUTHORITATIVE	Le Système de Référence de Coordonnées est le SRC géographique associé au Système de Référence Géodésique RGF93. Le Système de Référence Verticale n'est pas explicite, son identifiant est remplacé par AUTHORITATIVE .

Option	Description
<code>--targetFormat=ILPV.METERS.DMS</code>	Les données sont au format : identifiant / longitude / latitude / altitude. L'unité des altitudes est le mètre ; l'unité des longitudes et des latitudes est « degré minute seconde ».
<code>--targetPathname=FR_RGF93_alt.geo</code>	Chemin du fichier.
<code>--plainDMS</code>	Les coordonnées en « degré minute seconde » seront écrites sous forme lisible avec les signes ° ' ".
<code>--displayPrecision=0.001</code>	Il y aura 3 chiffres significatifs pour les hauteurs et l'équivalent pour les valeurs angulaires.

Le contenu du fichier en sortie est le suivant.

```

*!SOURCE: FR_RGf93.geo
*!CODE: RGF93v2bG.
*!REPERE GÉODÉSIQUE: RGF93 v2b
*!COORDONNÉES: Géographiques
*!ELLIPSOÏDE: GRS 1980
*!UNITÉ: Degrés
*!
*!CIBLE:
*!CODE: RGF93v2bG.AUTHORITATIVE
*!REPERE GÉODÉSIQUE: RGF93 v2b
*!COORDONNÉES: Géographiques
*!ELLIPSOÏDE: GRS 1980
*!UNITÉ: DMS
*!
*!id; Longitude; Latitude; H; Dév. de la verticale eta ("); Dév. de la verticale xi (");
[ vert.info. ]; vert.prec.;
Pt1 001°53'49.97152"E 45°15'05.63090"N 6.857 -5.4 -1.5 [ IGN69 via RAF20 ] < 2 cm
Pt2 008°48'48.86860"E 42°09'22.19598"N 804.175 -15.8 -13.1 [ IGN78 via RAC09 ] < 5 cm

```

Les lignes d'en-tête reprennent les éléments de définition de la source et de la cible de manière lisible.

La dernière ligne d'en-tête liste les champs des lignes qui suivent, issues du calcul. Il y a d'abord les valeurs demandées, en l'occurrence l'identifiant, la longitude, la latitude et l'altitude. Ensuite [**vert.info**] signale qu'une information sur la transformation verticale sera donnée car le Système de Référence Verticale est **AUTHORITATIVE**. Enfin, la valeur de précision de la transformation verticale (**vert.prec.**) sera donnée.

L'information sur la transformation verticale dépend de chaque point puisque Circé a déterminé quelle transformation verticale et quel référentiel vertical correspondent à chacun. Le premier point étant sur le continent, son altitude est exprimée en IGN69 et est calculée à partir de la hauteur ellipsoïdale et de l'anomalie d'altitude interpolée dans la grille RAF20. Le deuxième point étant en Corse, son altitude est exprimée en IGN78 et utilise la grille RAC09.

Enfin, la précision de la transformation verticale est « < 5 cm ».

N.B. Il n'y a pas de transformation géodésique (l'opération demandée est une conversion), aussi il n'y a pas ici d'indication de précision géodésique.

The screenshot shows the 'Circé France' application window with the following settings:

- Entrée (Input):**
 - SRC géodésique
 - RGF93 (Source CRS)
 - géographiques (Source Format)
 - Type de coordonnées, Unité: id longitude latitude hauteur, degrés
 - SRC vertical (format avec altitude)
 - Référentiels verticaux officiels
 - Fichier: D:/circe/FR_RGF93.geo
- Sortie (Output):**
 - SRC géodésique
 - RGF93 (Target CRS)
 - géographiques (Target Format)
 - Type de coordonnées, Unité: id longitude latitude altitude, DMS
 - SRC vertical (format avec altitude)
 - Référentiels verticaux officiels
 - Calculer (button)
 - Fichier: D:/circe/FR_RGF93_alt.geo
- Transformation géodésique:** (Empty dropdown)
- Transformation verticale:** CONSTANT 1-param CONSTANT 1-param RAF18 R

At the bottom, a command line is displayed:

```
--metadataFile=DataFRnew.txt --sourceCRS=RGF93G. --sourceFormat=ILPH.METERS.DEGREES --  
targetCRS=RGF93G.AUTHORITATIVE --targetFormat=ILPV.METERS.DMS --displayPrecision=0.001 --plainDMS --  
gridLoading=BINARY --sourcePathname=D:/circe/FR_RGF93.geo --targetPathname=D:/circe/FR_RGF93_alt.geo
```

Calcul interactif en mode fichier correspondant à l'exemple de ligne de commande.

5 Utilisation de l'interface graphique

5.1 Présentation

L'interface graphique de Circé est d'apparence rudimentaire ; elle n'est pas faite pour se substituer aux logiciels de type *Système d'Information Géographique* mais doit fournir un accès fiable aux systèmes de référence, en particulier pour contrôler les résultats fournis par les autres logiciels ; sans oublier que peu de logiciels fournissent un tel accès complet aux références spatiales, au-delà des reprojections : les coordonnées tridimensionnelles, les altitudes, les époques et les modèles de vitesse.

Néanmoins, quelques fonctionnalités adoucissent la rudesse de cette interface.

- Il est possible de modifier les propriétés de la fenêtre de Circé afin de l'adapter à l'écran grâce à deux options du menu *Affichage* : *Disposition horizontale / verticale* et *Zone de défilement*, voir à ce sujet la partie « *Options de menu* » ci-dessous.
- Quelques fonctionnalités facilitent la saisie des coordonnées à partir d'un fichier ; voir à ce propos le paragraphe « *Bon à savoir* » ci-dessous. De plus, concernant le résultat, l'option *Outils / Copier point cible* permet de copier les coordonnées cibles dans le presse-papier. Enfin, il est possible de réaliser une nouvelle opération à partir de la cible grâce à l'option *Outils / Invertir source / cible*.
- Les fichiers d'option par territoire (*circe_options_XX.xml*) sont réécrits à chaque changement de zone ou à la fermeture de Circé ce qui permet en principe de retrouver les options dans l'état où on les a laissées.

Enfin, il ne faut pas négliger le côté didactique de cette interface. Elle présente clairement les différents Systèmes de Référence de Coordonnées disponibles sur un territoire donné et lesquels sont accessibles par transformation à partir d'une source.

5.2 Ordre de renseignement des options

L'utilisateur devrait renseigner les options dans un certain ordre ; les numéros renvoient à la copie d'écran.

- (1) Le choix du mode point ou fichier se fait en cliquant sur l'onglet correspondant source ou cible.
- (2) Le SRC géodésique source sera toujours utilisé, cette case doit donc être cochée.
 - (2a) La première liste déroulante permet de choisir le nom du référentiel géodésique source. Ce choix entraîne le peuplement des autres listes déroulantes.
 - (2b) La liste des SRC associés à ce référentiel contient alors : le SRC géocentrique (si le référentiel est 3D) ; le SRC géographique ; les SRC projetés.
- (3) Le choix du SRC entraîne à son tour le peuplement des formats possibles.
 - (3a) En mode point, le SRC géocentrique est associé à un format avec ou sans identifiant⁶ (« XYZ » et « id XYZ ») ; le SRC géographique, à six formats (longitude, latitude ; avec ou sans coordonnée verticale, hauteur ou altitude ; avec ou sans identifiant) ; de même pour un SRC projeté (est, nord ...). En mode fichier, le nombre de formats géographiques et projetés est doublé car l'ordre des coordonnées peut être modifié.
 - (3b) Les éléments varient en fonction du SRC et du format choisis. Si le système est 4D, il faut saisir l'époque en années décimales. Si le SRC est géographique, il faut choisir l'unité angulaire.
- (4) La case du SRC vertical est cochée automatiquement si le format contient l'altitude, et décochée sinon.
 - (4a) Si le format contient l'altitude, il est obligatoire de choisir le SRC vertical.
 - (4b) Cocher la case « *Référentiels verticaux par défaut* » laisse à Circé le choix du référentiel vertical pertinent en fonction de la localisation de chaque point à traiter. Voir à ce sujet l'exemple traité ci-dessus.
- (5a) et (5b) En mode fichier, choisir l'emplacement et le nom des fichiers source et cible.
- (6) En mode point, saisir les coordonnées. Voir à ce propos le paragraphe « *Bon à savoir* » ci-dessous.
- (7) à (9) Les choix pour la cible sont quasiment les mêmes que pour (2) à (4) avec les nuances suivantes.
 - (7a) et (9a) Les listes des référentiels géodésiques et verticaux cibles sont restreintes aux référentiels atteignables par transformation à partir des référentiels sources choisis.
 - (8b) L'unité angulaire sera celle de la convergence des méridiens, le cas échéant.
- (10) Pour lancer un calcul, cliquez sur le bouton *Calculer*.
- (11) Affichage du résultat en mode point.
- (12) Peuplement des transformations concernant les repères liés aux SRC choisis, en tant que source ou cible. L'utilisateur peut choisir une transformation si le choix existe (ce n'est généralement pas le cas).
- (13) Affichages divers. Voir à ce propos le paragraphe « *Affichage au bas de l'interface* » ci-dessous.

⁶ La présence d'un identifiant en mode point est justifiée par le passage du mode fichier au mode point. Voir à ce propos le paragraphe « *Bon à savoir* » ci-dessous.

The screenshot shows the 'Circé France' application window. It is divided into 'Entrée' (Input) and 'Sortie' (Output) sections. The 'Entrée' section includes a checked checkbox for 'SRC géodésique' (2), a dropdown for 'RGF93' (2a), a dropdown for 'géographiques' (2b), a dropdown for 'longitude latitude' (3a), a dropdown for 'degrés' (3b), an unchecked checkbox for 'SRC vertical (format avec altitude)' (4), a dropdown for 'IGN69' (4a), and an unchecked checkbox for 'Référentiels verticaux officiels' (4b). Below this is a 'Fichier' tab (5a) and a 'Point' tab (1) with input fields for 'Longitude' (4.846059) (6) and 'Latitude' (46.776039). The 'Sortie' section includes a checked checkbox for 'SRC géodésique' (7), a dropdown for 'RGF93' (7a), a dropdown for 'géographiques' (7b), a dropdown for 'longitude latitude altitude' (8a), a dropdown for 'DMS' (8b), a checked checkbox for 'SRC vertical (format avec altitude)' (9), a dropdown for 'IGN69' (9a), and an unchecked checkbox for 'Référentiels verticaux officiels' (9b). A 'Calculer' button (10) is present. Below it is another 'Fichier' tab (5b) and a 'Point' tab (1) with input fields for 'Longitude' (004°50'45.81240"E), 'Latitude' (46°46'33.74040"N) (11), and 'H' (-48.021). At the bottom, there are dropdowns for 'Transformation géodésique' (12) and 'Transformation verticale' (RAF18). A status bar at the very bottom contains a command line: '--metadataFile=DataFRnew.txt --sourceCRS=RGF93G, --sourceFormat=LP.METERS.DEGREES --targetCRS=RGF93G.IGN69 --targetFormat=LPV.METERS.DMS --displayPrecision=0.001 --plainDMS --gridLoading=BINARY 4.846059 46.776039' (13).

5.3 Options de menu

Menu	Option	Description
Zone	<i>Une option par territoire</i>	Choix du territoire de travail. Ce menu est caché s'il y a une seule zone.
Affichage	Disposition horizontale / verticale	Change la disposition générale de Circé d'horizontal en vertical et vice-versa ; nécessite de redémarrer Circé. La disposition horizontale est préférable sur les petits écrans (voir aussi l'option Zone de défilement).
	Afficher les emprises géographiques	Affiche les emprises géographiques sous les repères sélectionnés, dans la même unité que les coordonnées géographiques (donc modifiable). Il est possible que les emprises soient affichées en radians.
	Afficher plus de résultats	Affiche la convergence et l'altération linéaire (ppm) associées à la projection cible (point et fichier).
	DMS en clair	Si cette option est cochée, les coordonnées " <i>Degré Minute Seconde</i> " sont lues et écrites sous forme lisible avec ° ' " (point et fichier). Sinon, elles sont écrites comme des valeurs décimales (dd.mmsssss). Dans les fichiers, les longitudes et les latitudes en DMS sont écrites sans aucun espace (y compris pour la lettre de direction E,W,N,S). De même pour les " <i>Degré Minute</i> " (DM).
	Zone de défilement	Affiche l'IHM avec une zone de défilement verticale (ascenseur) ; nécessite de redémarrer Circé (voir aussi l'option Disposition).
Outils	Copier les options de la ligne de commande	Copie les options de la ligne de commande (telles qu'écrites au bas de l'IHM) dans le presse-papier.
	Effacer les coordonnées	Efface les coordonnées de l'interface avant un copier/coller.
	Intervertir source / cible	Copie les paramètres et les coordonnées sources dans la cible et réciproquement.
	Copier point cible	Copie les coordonnées cibles dans le presse-papier. Il s'agit des coordonnées géocentriques, géographiques et projetées, accompagnées par une coordonnée verticale le cas échéant. <u>Note 1</u> : Ces coordonnées sont issues du calcul effectif, même si

l'utilisateur n'a pas cliqué sur le bouton Calculer.

Note 2 : Les coordonnées géocentriques ou projetées peuvent être nulles si elles ne sont pas demandées par l'utilisateur (Circé ne choisit pas à la place de l'utilisateur). En revanche, les coordonnées géographiques sont toujours calculées, ne serait-ce que pour valider leur position dans l'emprise du SRC.

Utiliser les référentiels verticaux par défaut	Si cette option est cochée, l'IHM contient la case à cocher « <i>Référentiels verticaux par défaut</i> » si le format contient l'altitude. Si cette case est cochée à son tour, Circé choisira automatiquement le repère vertical pertinent à chaque point traité.
--	--

Séparateur	Choisir un séparateur de champ si ce n'est pas l'espace. Cette option est éditable : il est possible de saisir un caractère non prédéfini comme séparateur de champ. Des espaces consécutifs équivalent à un seul, mais pour les autres, deux séparateurs consécutifs signalent un champ vide.
------------	--

Aide	Documentation	Ouvre la documentation géodésique par territoire.
	Manuel utilisateur	Ouvre le manuel utilisateur (ce document).
	A propos	Affiche une présentation de Circé.

5.4 Lien avec la ligne de commande

Les options de Circé (ligne de commande) s'écrivent en bas de l'interface.

La seule différence entre les versions ligne de commande et graphique est l'IHM. Les traitements effectués sont absolument les mêmes. Toutefois, la ligne de commande donne accès à plus de possibilités (avec toutes les options en --get....) :

- les options `-getCRSlist`, `--getValidityArea`, `--runTest`, `--multipleCRS`, `--gridLoading`, `--followUpTransfos` etc.
- la liste des formats est limitée dans la version graphique tandis qu'elle est assez ouverte avec la ligne de commande.

5.5 Affichage au bas de l'interface

Diverses informations s'affichent en bas de l'interface en fonction du contexte.

- La ligne de commande est affichée sur fond gris en cours de saisie des paramètres et des coordonnées.
- Quand un calcul est lancé et que certaines étapes sont longues (écriture d'une grille au format binaire ; traitement d'un fichier de points), un état d'avancement est affiché sur fond cyan.
- Quand un traitement se termine correctement, les valeurs de précision des transformations sont données sur fond vert.
- En cas d'échec, le message d'erreur est affiché sur fond rouge.

5.6 Bon à savoir

Si les coordonnées de départ sont déjà écrites dans un fichier, il est possible de ne pas les saisir à nouveau, même en mode point :

- Si un fichier source est sélectionné et que l'utilisateur passe en mode point, le premier point du fichier est affiché et il est possible de sélectionner un autre point en saisissant son identifiant. Pour cela, le contenu du fichier est chargé en mémoire, ce qui induit un temps de latence au changement d'onglet si le fichier est volumineux.
- En commençant par effacer les valeurs affichées dans l'interface par l'option Effacer les coordonnées (Ctrl+E), puis copier l'ensemble des coordonnées (séparées par des espaces) correspondant au format source défini dans Circé, il suffit de les coller dans une des cases correspondantes. Elles se positionneront dans les bonnes cases, en un seul copier-coller (ou glisser-déposer). L'exception est le format DMS ou DM, car chaque coordonnée peut contenir des espaces. Il faut alors copier-coller chaque coordonnée séparément.

L'écriture des coordonnées au format DMS (degrés minutes secondes) est assez permissive. Voici des exemples d'écriture qui donneront toutes le même résultat c'est-à-dire la première écriture de la liste (vérifiez dans la ligne de commande) : -55.4409977 ; 055°44'09.97" W ; -055°44'09.97" ; W 055°44'09.97" ; 055 44 09.97 W ; etc.