



Cours de Géométrie

Prof. C. Debouche

Sommaire

1. Introduction générale	3
1.1. Introduction.....	3
1.2. Quelques définitions	4
1.3. Les objectifs d'apprentissage	5
1.3.1. Objectif général.....	5
1.3.2. Objectifs spécifiques	5
1.4. Sommaire détaillé	8

1. INTRODUCTION GENERALE

1.1. Introduction

La **géométronique** est la discipline qui englobe toutes les méthodes d'acquisition et de traitement des dimensions physiques de la Terre et de son entourage (Lauzon et Duquette, 1983). Elle peut également être présentée comme l'art du positionnement, permettant de situer dans l'espace tous les éléments présents sur ou sous la surface terrestre en mesurant et en calculant ses coordonnées dans un système de référence déterminé ou, au contraire, de localiser dans l'espace un point dont les coordonnées sont connues. Cette capacité de positionnement offre également la possibilité de représenter sur un plan ou sur une carte les éléments particuliers présents sur le territoire étudié.

La géométronique comprend un ensemble de techniques comme la topométrie, la géodésie, la topographie, la photogrammétrie et l'astronomie géodésique.

On a recours à la géométronique dans une très grande diversité de situation. Cartographier la Terre, tant au-dessus qu'au-dessous du sol ou des océans, dresser des cartes de navigation aérienne, terrestre et maritime, établir les limites de propriétés, créer des systèmes d'information géographique relatives aux ressources naturelles et à l'utilisation et l'aménagement de l'espace, déterminer la forme et les dimensions de la Terre, implanter des voiries, bâtiments, voies de communication, infrastructures diverses, guider des avions, des bateaux, des voitures ou des randonneurs jusqu'à leur destination, constituent quelques exemples d'activités utilisant la géométronique.

Cette grande diversité des usages de la géométronique implique également une grande diversité des attentes des utilisateurs, et donc des équipements et des méthodes de mesurage et de calcul à mettre en œuvre pour y répondre.

L'enseignement de la géométronique ici présenté est partagé en sept parties comprenant un total de seize chapitres. Après l'introduction (chapitre 1), les référentiels sont exposés dans la partie II (comprenant les chapitres 2¹, 3² et 4³). La partie suivante (partie III comprenant les chapitres 5⁴ et 6⁵) est dédiée aux mesures, à leur qualité et à leur ajustement. Les mesures sont réalisées à partir d'appareils terrestres qui sont décrits dans la partie IV (chapitres 7⁶, 8⁷, 9⁸ et 10⁹) et selon des méthodes présentées dans la partie V (chapitres 11¹⁰ et 12¹¹). La partie suivante (Partie VI comprenant les chapitres 13¹² à 15¹³) est dédiée aux mesures spatiales, c'est-à-dire aux mesures effectuées en

¹ <https://hdl.handle.net/2268/293594>

² <https://hdl.handle.net/2268/293634>

³ <https://hdl.handle.net/2268/293670>

⁴ <https://hdl.handle.net/2268/293759>

⁵ <https://hdl.handle.net/2268/293771>

⁶ <https://hdl.handle.net/2268/293804>

⁷ <https://hdl.handle.net/2268/293805>

⁸ <https://hdl.handle.net/2268/293886>

⁹ <https://hdl.handle.net/2268/293929>

¹⁰ <https://hdl.handle.net/2268/294008>

¹¹ <https://hdl.handle.net/2268/301112>

¹² <https://hdl.handle.net/2268/301113>

¹³ <https://hdl.handle.net/2268/301117>

utilisant des satellites. Finalement la dernière partie (Partie VII comprenant le chapitre 16¹⁴) est dédiée aux calculs de superficie et de volume.

Certains paragraphes ou alinéas sont présentés à titre indicatif dans la mesure où leur contenu ne présente plus d'intérêt pratique mais plutôt historique. Il s'agit généralement de méthodes de mesurage qui ne sont plus utilisées.

1.2. Quelques définitions

Se positionner dans l'espace requiert nécessairement la définition d'un référentiel par rapport auquel la position pourra être établie au moyen de coordonnées. Les référentiels de base seront établis à partir de considérations physiques liées à la Terre. C'est la géodésie qui permet de définir ces référentiels. La **géodésie** est la science qui a pour objet l'étude qualitative et quantitative de la forme de la terre et de ses propriétés physiques (la gravité, le champ magnétique, etc.). Elle permet de localiser sur la surface de la Terre et avec une très grande précision, des points fixes et matérialisés qui serviront de référence lors des levés topographiques. Elle étudie aussi le suivi de la rotation de la Terre dans l'espace.

La **topographie** est, au sens strict du terme, (du grec « *topos* » = lieu et « *graphein* » = écrire) est l'art de représenter graphiquement un lieu sous forme de plans ou de cartes. La pratique actuelle étend la notion de topographie à la « technique qui a pour objet l'exécution, l'exploitation et le contrôle des observations concernant la position planimétrique et altimétrique, la forme, les dimensions et l'identification des éléments concrets, fixes et durables existant à la surface du sol à un moment donné » (Association française de topographie, 2008). Cependant la topographie est parfois restreinte aux applications concernant des surfaces suffisamment petites que pour pouvoir négliger la courbure de la Terre et admettre une surface de niveau de référence plane, en fait tangente à la Terre.

La **topométrie** (du grec « *topos* » = lieu et « *metron* » = mesure) est la science des mesurages nécessaires pour déterminer les emplacements des points (éléments) sur ou en dessous de la surface du sol (ISO 7078-1985). Elle est parfois limitée aux levés à grande ou très grande échelle, c'est-à-dire concernant des petites ou très petites surfaces. La topométrie comprend deux parties distinctes que sont la planimétrie qui a pour but de déterminer les positions relatives des points dans un plan horizontal et l'altimétrie qui mesure les différences d'altitude (ARNOULD 2000).

La **photogrammétrie** est la technique de mesurage utilisant des photographies, par exemples des photographies aériennes, afin de déterminer essentiellement des caractéristiques géométriques, telles que la grandeur, la situation et la forme des objets (ISO 7078-1985). La photogrammétrie ne fait pas partie de cet enseignement de géométronique.

¹⁴ <https://hdl.handle.net/2268/302172>

1.3. Les objectifs d'apprentissage

1.3.1. Objectif général

Conférer aux étudiants :

la capacité d'identifier la position et les dimensions d'objets existant à la surface du sol, après avoir jugé de la qualité (exactitude et précision) requise, choisi le système de référence adéquat, ainsi que l'équipement et la méthode de mesure qui conviennent. et les connaissances requises pour ce faire.

1.3.2. Objectifs spécifiques

1. Connaissance des référentiels géographiques et cartographiques, existants à l'échelle du monde, de l'Europe et de la Belgique et capacité de passer d'un référentiel à l'autre.

Plus particulièrement l'apprenant devra :

Calculer les coordonnées cartographiques Lambert72 et Lambert2008 (x, y et altitude) d'un point connu en coordonnées géographiques (longitude, latitude et hauteur ellipsoïdale) Hayford24 ou ETRS89;

Présenter à un collaborateur la méthode de calcul à suivre pour appliquer la projection cartographique Lambert sécante ;

Transformer les coordonnées cartographiques Lambert72 et Lambert2008 d'un point en coordonnées cartographiques UTM ;

Transformer des coordonnées rectangulaires géocentriques WGS84 en coordonnées cartographiques Lambert72 et Lambert2008.

2. Connaissance des caractéristiques de la qualité (exactitude et précision) des coordonnées identifiant une position et capacité à gérer ces caractéristiques (analyse, test, modification, adéquation aux besoins, etc.).

Plus particulièrement l'apprenant devra :

Déterminer les conditions et les modalités selon lesquelles l'exactitude d'un mesurage peut être établie.

Déterminer la précision requise d'un mesurage en fonction de l'usage qui sera fait de son résultat ;

Choisir un paramètre quantifiant la précision et en expliquer la définition et l'usage à un non spécialiste ;

Démontrer que la précision d'un mesurage est bien égale à la précision requise ;

Calculer la précision d'un mesurage complexe.

3. Connaissance du théodolite (fonctionnement, erreurs systématiques et accidentelles) et capacité à l'utiliser.

Plus particulièrement l'apprenant devra :

- Identifier les erreurs systématiques d'un théodolite et en calculer les valeurs ;
- Vérifier la bonne correction des erreurs systématiques d'un théodolite digital ;
- Vérifier la précision annoncée d'un théodolite.

4. Connaissance d'autres techniques de mesure d'angle et de distance.

Plus particulièrement l'apprenant devra :

- Choisir une technique de mesure d'angle et de distance dans une situation déterminée.

5. Ajustement et analyse d'un levé par la méthode des moindres carrés généralisés : connaissance et capacité à les mettre en œuvre.

Plus particulièrement l'apprenant devra :

- Rédiger le modèle (fonctionnel et stochastique) d'un relèvement ;
- Programmer sur un tableau excel l'ajustement et l'analyse d'un relèvement ;
- Programmer sur un tableau excel l'ajustement et l'analyse d'une intersection ;
- Présenter à un non spécialiste les tests d'exactitude réalisables ;
- Présenter à un non spécialiste les mesures de précision des coordonnées.

6. Connaissance des méthodes de levé planimétrique : relèvement, cheminement polygonal, intersection et rayonnement, et capacité à les mettre en œuvre.

Plus particulièrement l'apprenant devra :

- Effectuer un relèvement et traiter le résultat du mesurage ;
- Effectuer un cheminement polygonal et traiter le résultat du mesurage ;
- Effectuer une intersection et traiter le résultat du mesurage ;
- Effectuer un rayonnement et traiter le résultat du mesurage.

7. Connaissance des méthodes d'estimation de superficie et de volume et capacité à les mettre en œuvre.

Plus particulièrement l'apprenant devra :

- Estimer la valeur d'une superficie et la précision de cette estimation ;
- Estimer la valeur d'un volume.

8. Connaissance du positionnement par satellite (fonctionnement, erreurs systématiques et accidentelles).

Plus particulièrement l'apprenant devra :

- Identifier les connaissances requises pour pouvoir utiliser un récepteur GPS

9. Connaissance des méthodes de levé par récepteur GNSS et capacité à utiliser le DGPS et

le RTK.

Plus particulièrement l'apprenant devra :

Effectuer un levé DGPS et traiter le résultat du mesurage ;

Effectuer un levé RTK et traiter le résultat du mesurage ;

Choisir l'équipement GPS et le mode opératoire convenant à un problème de positionnement déterminé ;

Évaluer la justesse et la précision d'un récepteur GNSS.

1.4. Sommaire détaillé

1. INTRODUCTION GENERALE

- 1.1. Introduction
- 1.2. Quelques définitions
- 1.3. Les objectifs d'apprentissage
 - 1.3.1. Objectif général
 - 1.3.2. Objectifs spécifiques
- 1.4. Sommaire détaillé

2. LES RÉFÉRENTIELS GÉODÉSIQUES¹⁵

- 2.1. Introduction
- 2.2. Le référentiel physique
 - 2.2.1. Définition
 - 2.2.2. Techniques de détermination du champ de gravité
 - 2.2.3. Exemples de géoïdes
 - 2.2.4. Quelques utilisations du géoïde en pratique
- 2.3. Les référentiels géométriques
 - 2.3.1. La notion d'ellipsoïde
 - 2.3.2. Quelques définitions
 - 2.3.3. Les paramètres de l'ellipsoïde
 - 2.3.4. Repérage d'un point
 - 2.3.5. Les ellipsoïdes utilisés en Belgique
 - 2.3.6. Les ellipsoïdes utilisés pour les systèmes géodésiques de référence globaux
- 2.4. Les systèmes géodésiques de référence et les « datum »
 - 2.4.1. Le système de coordonnées global et la notion de système géodésique de référence
 - 2.4.2. Les systèmes géodésiques de référence globaux géocentriques
 - 2.4.3. Quelques systèmes géodésiques de référence locaux
- 2.5. Les points géodésiques
 - 2.5.1. Levé et identification des points géodésiques belges
 - 2.5.2. Mise à disposition des points géodésiques en Belgique

3. LES RÉFÉRENTIELS CARTOGRAPHIQUES¹⁶

- 3.1. Introduction
- 3.2. Généralités et définitions
- 3.3. Projections cylindriques
 - 3.3.1. Projection plate carrée
 - 3.3.2. Projection de MERCATOR
 - 3.3.3. Projection de GAUSS
 - 3.3.4. Projection UTM
- 3.4. Projections coniques
 - 3.4.1. Projection de BONNE
 - 3.4.2. Projection de LAMBERT sur cône tangent
 - 3.4.3. Projection de LAMBERT sur cône sécant
 - 3.4.4. La projection belge Lambert 1972
 - 3.4.5. La projection belge Lambert 2008

¹⁵ <https://hdl.handle.net/2268/293594>

¹⁶ <https://hdl.handle.net/2268/293634>

4. LES TRANSFORMATIONS DE COORDONNEES ¹⁷	
4.1. Introduction	
4.2.1. Les transformations linéaires à deux dimensions	
4.2.2. Les transformations linéaires à trois dimensions	
4.3. Les coordonnées rectangulaires géocentrées et les coordonnées géodésiques	
4.3.1. Des coordonnées rectangulaires géocentrées aux coordonnées géodésiques	
4.3.2. Des coordonnées géodésiques aux coordonnées rectangulaires géocentrées	
4.4. Des coordonnées WGS84 aux coordonnées cartographiques locales	
4.4.1. Les différentes voies de transformation	
4.4.2. La transformation de coordonnées ETRS89 en coordonnées du système belge BE_BD72 / LAMB72	
4.4.3. La conversion de coordonnées ETRS89 en coordonnées du système belge BE_ETRS89 / LB08	
4.4.4. La transformation de coordonnées WGS84 en coordonnées du ETRS89	
4.5. D'un référentiel cartographique à un autre	
5. LES MESURES ET LA QUALITE DES MESURES ¹⁸	
5.1. INTRODUCTION	
5.2. GENERALITES ET DEFINITIONS	
5.2.1. Quelques définitions	
5.2.2. Assimilation de la surface de référence à un plan	
5.2.3. L'erreur de projection	
5.3. LA QUALITE D'UNE MESURE : JUSTESSE ET PRECISION	
5.3.1. Notations et définitions	
5.3.2. Faute	
5.3.3. Erreur systématique	
5.3.4. Erreur accidentelle	
5.3.5. Exactitude, incertitude, justesse et précision	
5.3.6. Précision et tolérance	
5.4. TESTS D'HYPOTHESE	
5.4.1. Généralités	
5.4.2. Test d'égalité de deux précisions	
5.4.3. Test de conformité de coordonnées	
5.4.4. Test de conformité d'une précision	
5.5. QUELQUES PRINCIPES ELEMENTAIRES DE CALCULS TOPOMETRIQUES	
5.5.1. Distance entre deux points de coordonnées connues	
5.5.2. Détermination du gisement d'une direction AB	
5.5.3. Calcul de la longueur du côté d'un triangle	
5.5.4. Calcul du gisement d'une direction à partir de mesures angulaires	
5.5.5. Calcul des coordonnées de l'extrémité d'un segment	
6. L'AJUSTEMENT ET L'ANALYSE D'UN LEVE TOPOGRAPHIQUE PAR LA METHODE DES MOINDRES CARRES ¹⁹	
6.1. Introduction	3
6.1.1. Quelques notions	4
6.1.2. Le lever des angles d'un triangle	5

¹⁷ <https://hdl.handle.net/2268/293670>

¹⁸ <https://hdl.handle.net/2268/293759>

¹⁹ <https://hdl.handle.net/2268/293771>

6.1.3. Une triangulation.....	7
6.1.4. Un nivellement	12
6.2. Les notations	14
6.2.1. La "reformulation" des exemples du § 6.1	14
6.2.2. Les principes	17
6.2.3. Les symboles et leur signification	18
6.3. Le modèle	20
6.3.1. Le modèle fonctionnel.....	20
6.3.2. Le modèle stochastique	25
6.4. L'ajustement	27
6.4.1. Le critère	27
6.4.2. La pondération.....	27
6.4.3. Les équations normales	29
6.4.4. La solution des équations normales.....	29
6.4.5. Le calcul des paramètres	30
6.4.6. Le calcul des résidus	33
6.5. L'analyse.....	34
6.5.1. Justesse et précision	34
6.5.2. La propagation de la matrice des variances et des covariances	35
6.5.3. Les résidus, la variance de référence à posteriori et le test global de justesse	37
6.5.4. La détection des fautes	41
6.5.5. La redondance des observations et la justesse du canevas	46
6.5.6. La précision des paramètres	53
6.5.7. L'ellipse comme mesure de la précision de deux paramètres.....	56
6.5.8. Quelques autres mesures de la précision à deux ou à trois dimensions	65
6.6. Les propriétés de l'ajustement d'un levé par la méthode des moindres carrés	67
Index des matières	68
Index Bibliographique.....	68

7. LE THEODOLITE ET LA STATION TOTALE²⁰

- 7.1. Description générale du théodolite
 - 7.1.1. Les éléments constitutifs d'un théodolite
 - 7.1.2. Les nivelles électroniques
 - 7.1.3. Les lunettes topographiques
- 7.2. Les erreurs systématiques du théodolite et leur élimination
 - 7.2.1. Erreur due à l'excentricité des axes dans les cercles
 - 7.2.2. Erreur due à l'excentricité de l'axe optique.
 - 7.2.3. Erreur de mise en station
 - 7.2.4. Erreur de collimation horizontale.
 - 7.2.5. Erreur d'inclinaison.
 - 7.2.6. Erreur de collimation verticale
 - 7.2.7. Erreur de graduation des cercles
 - 7.2.8. Résumé
- 7.3. La mise en station, le contrôle et le réglage d'une station totale
 - 7.3.1. Mise en station d'une station totale
 - 7.3.2. Contrôle des nivelles
 - 7.3.3. Le réglage de l'oculaire

²⁰ <https://hdl.handle.net/2268/293804>

- 7.3.4. La mesure et la correction de l'erreur de collimation horizontale
- 7.3.5. La mesure et la correction de l'erreur d'inclinaison
- 7.3.6. La mesure et la correction de l'erreur de collimation verticale
- 7.4. L'utilisation et la précision du théodolite
 - 7.4.1. Les règles d'utilisation du théodolite
 - 7.4.2. La précision des mesures d'angle horizontal par un théodolite
 - 7.4.3. La précision des mesures d'angle vertical par un théodolite
 - 7.4.4. La précision des mesures de coordonnées de point par une station totale

8. LA MESURE DES ANGLES²¹

- 8.1. Introduction et définitions
- 8.2. Les appareils de mesure d'angles
 - 8.2.1. Les équerres
 - 8.2.2. La boussole
 - 8.2.3. Le théodolite
 - 8.2.4. Le théodolite boussole
 - 8.2.5. Le ruban
- 8.3. Les méthodes de mesure des angles horizontaux avec un théodolite
 - 8.3.1. La séquence
 - 8.3.2. Les paires de séquences
 - 8.3.3. Le tour d'horizon
 - 8.3.4. La précision et la tolérance associées aux mesures d'angles horizontaux
- 8.4. Les méthodes de mesure des angles verticaux

9. LES MESURES DE DISTANCE²²

- 9.1. Le mesurage direct
 - 9.1.1. Matériel utilisable
 - 9.1.2. Le jalonnement
 - 9.1.3. Les méthodes de mesure
 - 9.1.4. Les erreurs systématiques
 - 9.1.5. La précision des mesurages directs de longueur
- 9.2. Le mesurage optique
 - 9.2.1. Le télémètre
 - 9.2.2. La mesure parallaxique
 - 9.2.3. La mesure stadimétrique
- 9.3. Le mesurage électronique
 - 9.3.1. Introduction
 - 9.3.2. Le principe de fonctionnement d'un distancemètre électro-optique
 - 9.3.3. La précision d'un distancemètre électro-optique
- 9.4. Les erreurs systématiques du mesurage électronique de distance et leur correction
 - 9.4.1. Les erreurs propres à l'instrument
 - 9.4.2. Les erreurs provenant de l'atmosphère
 - 9.4.3. Les erreurs provenant de la trajectoire des ondes
 - 9.4.4. Les corrections géométriques
 - 1° Réduction à l'altitude moyenne
 - 2° Réduction au niveau de la mer
 - 3° Distance sur le géoïde
 - 4° Altération due à la projection

²¹ <https://hdl.handle.net/2268/293805>

²² <https://hdl.handle.net/2268/293886>

10. LES MESURES DE NIVEAU²³

- 10.1. Généralités et définitions
- 10.2. Courbures de la terre et réfraction
 - 10.2.1 Correction de sphéricité
 - 10.2.2. Correction de réfraction
 - 10.2.3. Correction du niveau apparent
- 10.3. Le nivellement direct ou différentiel
 - 10.3.1. Le nivellement direct simple
 - 10.3.2. Le nivellement direct de précision
 - 10.3.3. Les erreurs systématiques du nivellement direct
 - 10.3.4. Les niveaux et la précision du nivellement
- 10.4. Le nivellement trigonométrique

11. LE RELEVEMENT ET LE CANEVAS POLYGONAL²⁴

- 11.1. Introduction
- 11.2. Le relèvement
 - 11.2.1. Introduction
 - 11.2.2. Opérations de mesurage
 - 11.2.3. Le modèle mathématique
 - 11.2.3.1. Le modèle fonctionnel du relèvement
 - 11.2.3.2. Le modèle stochastique du relèvement
 - 11.2.4. L'ajustement
 - 11.2.4.1. Le but poursuivi
 - 11.2.4.2. La linéarisation du modèle fonctionnel
 - 11.2.4.3. L'estimation des valeurs initiales
 - 11.2.4.4. Les résultats
 - 11.2.5. L'analyse
 - 11.2.5.1. La justesse
 - 11.2.5.2. La précision
- 11.3. Le canevas polygonal
 - 11.3.1 Introduction
 - 11.3.2. Opérations de mesurage **Erreur ! Signet non défini.**
 - 11.3.3. Le modèle mathématique altimétrique
 - 11.3.3.1. Le modèle fonctionnel altimétrique
 - 11.3.3.2. Le modèle stochastique altimétrique
 - 11.3.4. Le modèle mathématique planimétrique
 - 11.3.4.1. Le modèle fonctionnel planimétrique
 - 11.3.4.2. Le modèle stochastique planimétrique
 - 11.3.5. Ajustement
 - 11.3.5.1. Le but poursuivi
 - 11.3.5.2. L'ajustement des coordonnées en z **Erreur ! Signet non défini.**
 - 11.3.5.3. L'ajustement des coordonnées en x et y
 - 11.3.6. Analyse
 - 11.3.6.1. La justesse
 - 11.3.6.2. La précision

²³ <https://hdl.handle.net/2268/293929>

²⁴ <https://hdl.handle.net/2268/294008>

12. L'INTERSECTION²⁵

- 12.1. Introduction
- 12.2. L'intersection
 - 12.2.1. Introduction
 - 12.2.2. Opérations de mesurage
 - 12.2.3. Le modèle mathématique
 - 12.2.3.1. Le modèle fonctionnel de l'intersection
 - 12.2.3.2. Le modèle stochastique de l'intersection
 - 12.2.4. L'ajustement
 - 12.2.4.1. Le but poursuivi
 - 12.2.4.2. La linéarisation du modèle fonctionnel
 - 12.2.4.3. L'estimation des valeurs initiales
 - 12.2.4.4. Les résultats **Erreur ! Signet non défini.**
 - 12.2.5. L'analyse **Erreur ! Signet non défini.**
 - 12.2.5.1. La justesse
 - 12.2.5.2. La précision

13. LES SYSTEMES DE POSITIONNEMENT PAR SATELLITES²⁶

- 13.1. Introduction et généralités
 - 13.1.1. Les systèmes de positionnement par satellite
 - 13.1.2. Le principe du positionnement par satellite
 - 13.1.3. Les composantes du système de positionnement par satellite
- 13.2. La gestion du système
 - 13.2.1. Le segment de contrôle
 - 13.2.2. Le système de référence spatial
 - 13.2.3. Le système de référence temporel
- 13.3. Les satellites
 - 13.3.1. La constellation
 - 13.3.2. Orbite des satellites
 - 13.3.3. Signal émis par le satellite
 - 13.3.4. L'influence de la position des satellites sur la précision du positionnement
- 13.4. L'utilisateur : équipement et mode opératoire
 - 13.4.1. Composants
 - 13.4.2. Modes opératoires
 - 13.4.3. Acquisition des corrections pour le positionnement relatif
- 13.5. Techniques de mesure
 - 13.5.1. Mesure sur le code
 - 13.5.2. Mesure sur l'onde porteuse (mesure des phases)
- 13.6. Techniques de calcul
 - 13.6.1. Différence simple (SD)
 - 13.6.2. Différence double (DD)
 - 13.6.3. Triple différence (TD)
 - 13.6.4. Par ajustement sur des mesures redondantes
- 13.7. Remarques et conclusions

15. QUALITE DES MESURES GNSS : JUSTESSE ET PRECISION²⁷

- 15.1. Les sources d'erreur

²⁵ <https://hdl.handle.net/2268/301112>

²⁶ <https://hdl.handle.net/2268/301113>

²⁷ <https://hdl.handle.net/2268/301117>

- 15.2. Les précisions annoncées
- 15.3. L'estimation de la justesse et de la précision
 - 15.3.1 Justesse et précision
 - 15.3.2. Évaluation de la précision par l'analyse de la variance
 - 15.3.3. Comparaison des précisions
 - 15.3.4. Justesse du récepteur
- 15.4. Les écarts horizontaux
- 15.5. La précision d'un lever RTK selon la norme ISO 17123-8

16. LES MESURES DE SUPERFICIE ET DE VOLUME²⁸

- 16.1. Introduction³
- 16.2. La mesure d'une superficie
 - 16.2.1. Superficie d'un polygone défini par des coordonnées polaires
 - 16.2.2. Superficie d'un polygone défini par des coordonnées rectangulaires
- 16.3. La mesure d'un volume

²⁸ <https://hdl.handle.net/2268/302172>