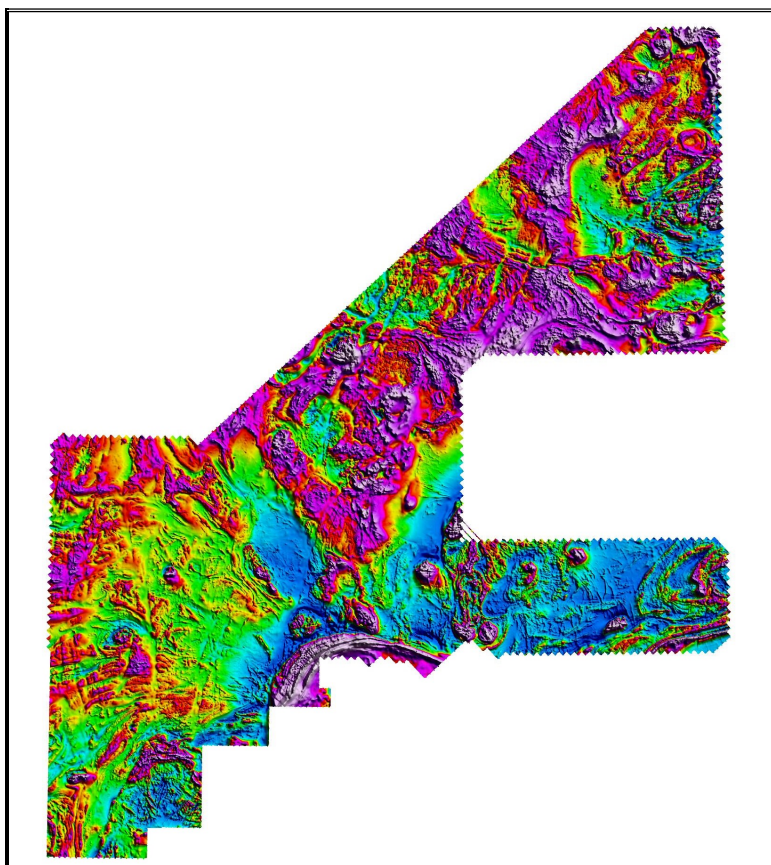

**MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES
NATURELLES DU QUÉBEC**

**LEVÉ AÉROMAGNÉTIQUE DANS LE SECTEUR
DE LA RIVIÈRE MOISIE SUD**

**117840512-20160801-04
DP 2017-03**

Janvier 2017





**MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES
NATURELLES DU QUÉBEC**

**LEVÉ AÉROMAGNÉTIQUE DANS LE SECTEUR
DE LA RIVIÈRE MOISIE SUD**

**117840512-20160801-04
DP 2017-03**

RAPPORT TECHNIQUE FINAL

présenté par

**GÉO SOLUTIONS DONNÉES GDS INC /
GEO DATA SOLUTIONS GDS INC.**

4402 Louis-B. Mayer
Laval, Québec, H7P 0G1
Tel.: (450) 934-7194
Fax: (450) 934-7196

Janvier 2017

TABLE DES MATIÈRES

1.0	INTRODUCTION.....	3
2.0	RECONNAISSANCE DU PROJET	4
3.0	AÉRONEF ET ÉQUIPEMENT	6
3.1	AÉRONEF.....	6
3.2	INSTRUMENTS DE MESURE UTILISÉS	7
4.0	PERSONNEL IMPLIQUÉ	8
5.0	CALENDRIER DES TRAVAUX.....	9
6.0	TESTS ET ÉTALONNAGE	10
6.1	ÉTALONNAGE DU MAGNÉTOMÈTRE	10
6.2	ÉTALONNAGE DES ALTIMÈTRES RADAR ET BAROMÉTRIQUE	11
6.3	TEST DE PARALLAXE (LAG TEST)	11
7.0	CONTRÔLE DE QUALITÉ SUR LE TERRAIN.....	12
7.1	CONTRÔLE QUOTIDIEN DES DONNÉES	12
7.2	SPÉCIFICATIONS DU LEVÉ	13
7.3	DÉRIVES DIURNES	14
7.4	VITESSE DE L'AVION ET TAUX D'ÉCHANTILLONNAGE	14
7.5	DONNÉES MAGNÉTIQUES.....	15
8.0	TRAITEMENT FINAL DES DONNÉES.....	16
8.1	TRAITEMENT DES DONNÉES MAGNÉTIQUES	16
8.2	TRAITEMENT DES DONNÉES DE POSITIONNEMENT ET D'ALTIMÉTRIE	17
9.0	PRODUITS FINAUX	19
9.1	PARAMÈTRES UTILISÉS	19
9.2	PRODUITS FINAUX	19
10.0	CONCLUSIONS	21

LISTE DES ANNEXES

Annexe A :	Étalonnage et Tests – C-FQQB
Annexe B :	Étalonnage et Tests – C-FVTL
Annexe C :	Étalonnage et Tests – C-FLRB
Annexe D :	Caractéristiques de l'équipement

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Coordonnées géographiques – Bloc A.....	4
Tableau 2: Intervalles d'échantillonnage.....	7
Tableau 3: Personnel impliqué.....	8
Tableau 4: Période de productivité	9
Tableau 5: Statistiques de production de chaque aéronef.....	9
Tableau 6: Dates des tests et calibrations.....	10
Tableau 7: Nivellement par ligne de contrôle.....	16
Tableau 8: Paramètres du modèle utilisé	17
Tableau 9: Contenu de l'archive DVD et description	19
Tableau 10: Champs de la base de données des coefficients de corrélation de Keating.....	20
Tableau 11: Champs de la base de données magnétiques.....	20

LISTE DES FIGURES

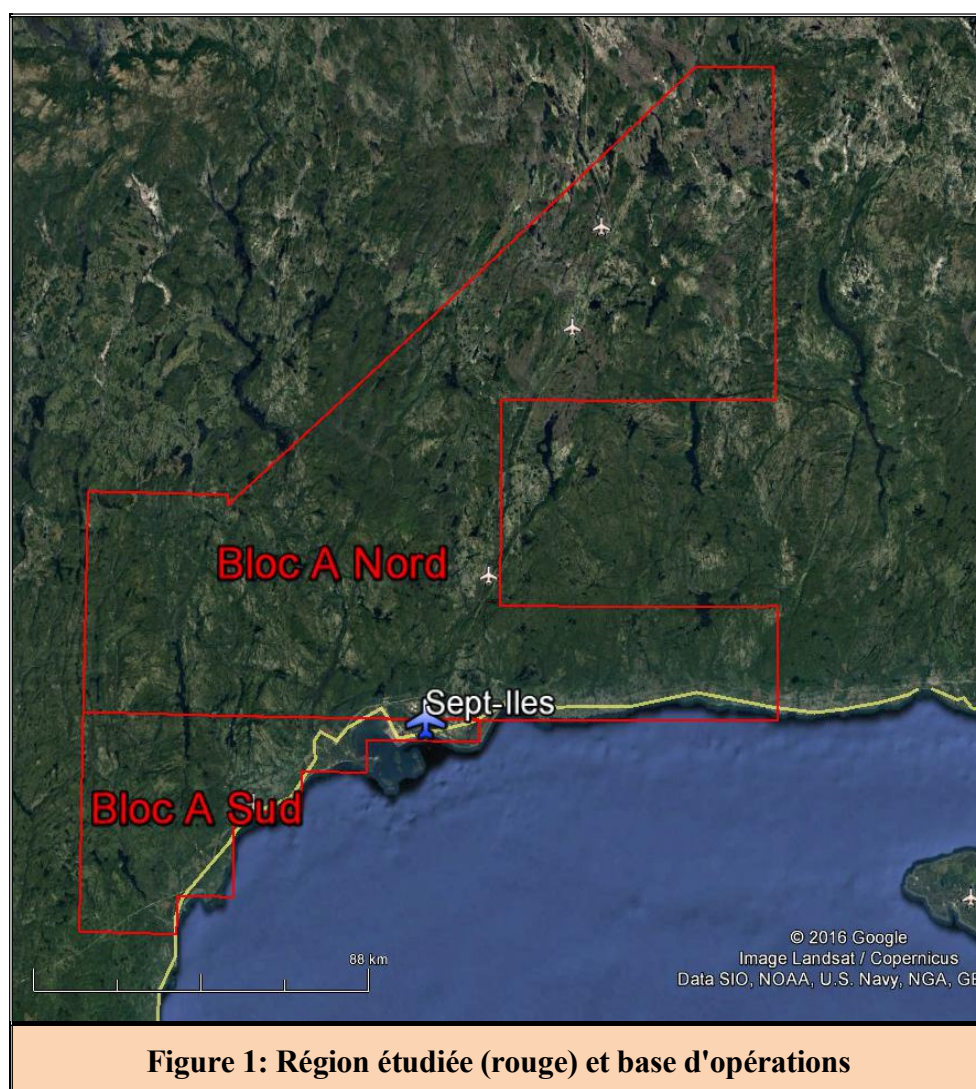
Figure 1: Région étudiée (rouge) et base d'opérations	3
Figure 2: Topographie de la région étudiée	5
Figure 3: Avions bimoteurs Piper Navajo et Beechcraft King Air	6
Figure 4: Statistiques sur la hauteur de vol.....	13
Figure 5: Vitesse horizontale des avions par rapport au sol	14

1.0 INTRODUCTION

Le 3 octobre 2016, GEO DATA SOLUTIONS GDS INC. (**GDS**) signait un contrat du Ministère de l'Énergie et des Ressources Naturelles du Québec (**MERN**) pour un levé aéromagnétique, projet 117840512-20160801-04. Ce projet exigeait l'exécution et la compilation de 105 500 km-linéaires de levé magnétique aéroporté dans le secteur Sud de la Rivière Moisie - Bloc A (Fig 1). L'acquisition de données de ce levé a été réalisée entre le 3 octobre et le 7 décembre 2016.

Trois avions bimoteurs ont été utilisés, dont deux Piper Navajos immatriculés C-FQQB et C-FVTL, et un Beechcraft KingAir A100 immatriculé C-FLRB. Chacun des avions était équipé d'un magnétomètre à vapeur de césium à faisceau partagé incorporé à l'intérieur d'une coquille de kevlar fixée à la queue de l'aéronef. La trajectoire de vol a été restituée par l'application, après vol, de corrections différentielles aux données brutes du système GPS. Le levé a été effectué suivant une surface de vol prédéterminée ayant un taux de montée et descente maximal de 5%.

Ce rapport présente les différentes étapes d'acquisition et de vérification des données réalisées sur le terrain ainsi que leur traitement final qui s'en est suivi au bureau de **GDS** à Laval.



2.0 RECONNAISSANCE DU PROJET

Des conditions climatiques plutôt instables (brouillard, pluie, neige) ont caractérisées principalement les mois de novembre et décembre. Les variations diurnes du champ magnétique excédant les spécifications ont nécessité 3027 km de revol.

Pendant la période d'acquisition de données, la durée du jour est passée de 11 à 8 heures.

Le relief topographique de la région peut être qualifié de plat à modéré (Fig 2). **GDS** a utilisé un système de navigation 3D permettant de suivre une surface de vol optimale calculée à l'aide d'un logiciel développé par Ressources Naturelles Canada. Le taux de descente et de remontée de l'avion fut fixé à 5%. Cette technique permet entre autres de minimiser les différences d'élévation aux points d'intersection entre les traverses et les lignes de contrôle au risque de ne pas obtenir la hauteur de vol optimale dans les secteurs où le relief topographique est plus accentué.

Aucune zone périlleuse ou interdite au vol n'était présente sur le bloc et aucun permis spécial n'était requis.

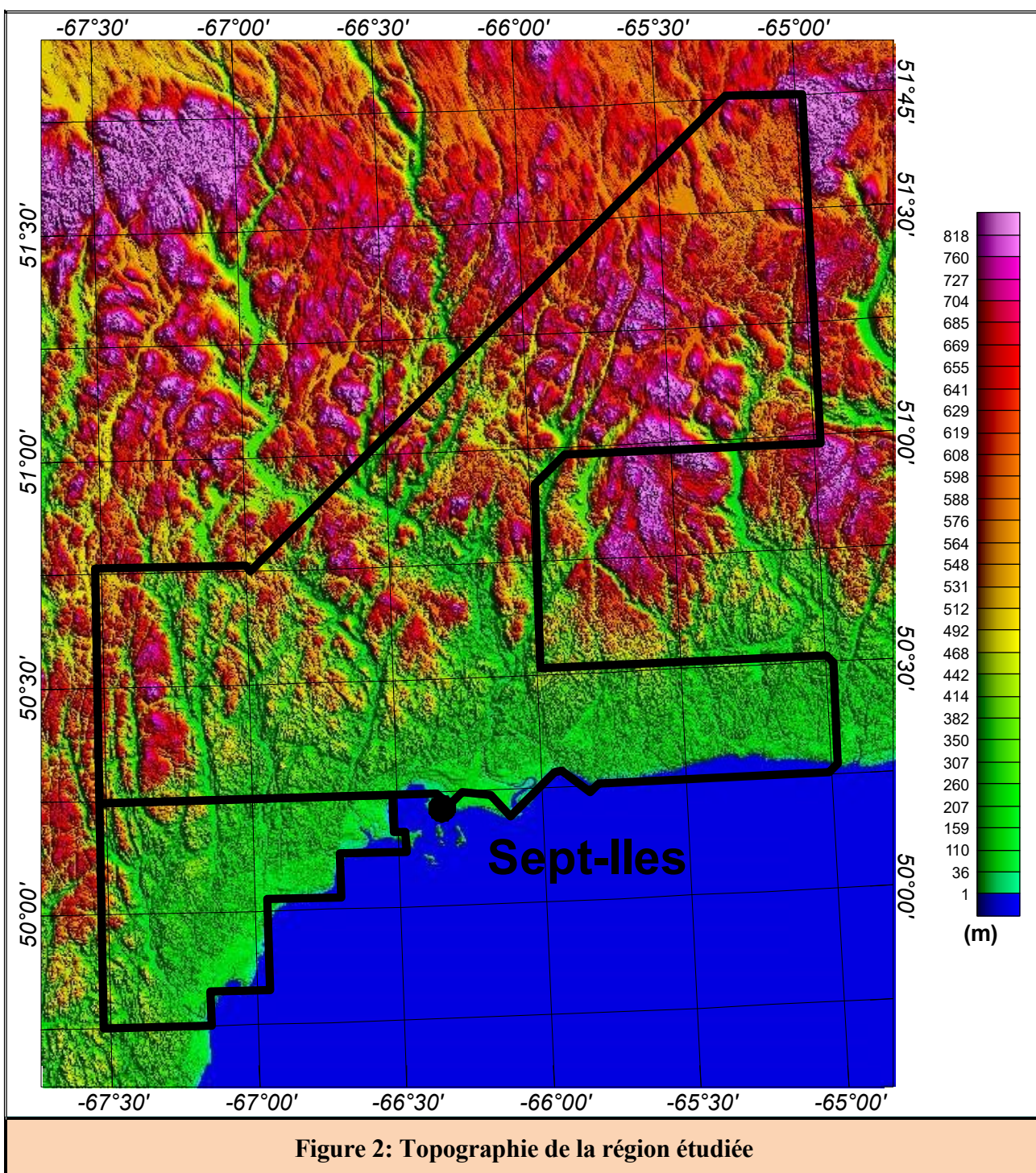
La base d'opérations de **GDS** fut établie dans la ville de Sept-Îles, laquelle est située à la limite sud du bloc nord de la zone d'étude, et à la limite nord-est du bloc sud. Grâce à l'autonomie des différents avions, il fut possible de faire l'acquisition de grands volumes de données au cours de chaque vol.

Deux stations de base magnétiques et un récepteur GPS furent installés dans des environnements magnétiquement calmes et non loin de la base d'opérations afin que le responsable sur le terrain puisse en faire facilement la surveillance et la collecte de données.

L'espacement nominal des traverses et des lignes de contrôle était respectivement de 200 m et 1500 m. La direction des traverses est Est-Ouest pour la partie sud du bloc et de 45 degrés Est pour la partie nord du bloc. La zone à survoler est illustrée à la figure 1 tandis que le tableau 1 présente ses coordonnées.

Tableau 1: Coordonnées géographiques – Bloc A					
Coin	Longitude	Latitude	Coin	Longitude	Latitude
Partie Nord					
1	67.5246° O	50.2471° N	13	64.9772° O	50.2743° N
2	67.5235° O	50.7632° N	14	65.0082° O	50.2566° N
3	66.9965° O	50.7629° N	15	65.8039° O	50.2569° N
4	66.9836° O	50.7493° N	16	65.8348° O	50.2386° N
5	65.2477° O	51.7560° N	17	65.9311° O	50.2866° N
6	64.9766° O	51.7526° N	18	65.9565° O	50.2838° N
7	64.9767° O	50.9814° N	19	66.1114° O	50.1924° N
8	65.8730° O	50.9826° N	20	66.1778° O	50.2386° N
9	65.9812° O	50.9194° N	21	66.2773° O	50.2482° N
10	65.9871° O	50.5157° N	22	66.3230° O	50.2202° N
11	65.0000° O	50.5148° N	23	66.3618° O	50.2469° N
12	64.9765° O	50.4981° N			

Partie Sud					
1	67.5258° O	49.7500° N	7	66.7049° O	50.1222° N
2	67.5246° O	50.2471° N	8	66.7052° O	50.0264° N
3	66.5119° O	50.2470° N	9	66.9566° O	50.0267° N
4	66.5171° O	50.1645° N	10	66.9568° O	49.8267° N
5	66.4736° O	50.1644° N	11	67.1591° O	49.8270° N
6	66.4731° O	50.1217° N	12	67.1587° O	49.7500° N



3.0 AÉRONEF ET ÉQUIPEMENT

3.1 Aéronef

Les avions utilisés pour effectuer ce levé sont tous approuvés par Transport Canada pour la réalisation de levés géophysiques aéroportés. Ces avions possèdent la puissance, le taux de remontée et la flexibilité de manœuvre adaptés à l'environnement de la région étudiée.



Les principales caractéristiques techniques de ces avions sont résumées dans le tableau suivant:

	C-FQQB / C-FVTL	C-FLRB
Type	Piper Navajo PA-31	Beechcraft KingAir A100
Poids à vide	1 710 kg	3 100 kg
Charge maximale	2 950 kg	5 200 kg
Plafond	8 320 m	10 000 m
Taux de remontée	7.1 m/s	13.2 m/s
Vitesse en levé	75 m/s (146 noeuds)	75 m/s (146 noeuds)
Type de carburant	AVGAS 100LL	Jet
Consommation de carburant (2 moteurs)	135 litres/hre	260 litres/hre
Autonomie de levé / maximale	5.0 / 6.0 heures	5.0 / 6.0 heures

3.2 Instruments de mesure utilisés

GDS utilise des appareils de mesure de haute précision. Ces instruments, installés dans les aéronefs ou comme base de référence au sol, sont énumérés dans le tableau suivant dont une description plus détaillée est disponible en annexe D.

Équipement	C-FVTL	C-FQQB	C-FLRB
System d'acquisition	RMS Instruments DAARC500		
Compensateur magnétique			
Magnétomètre aérien	Geometrics Cesium G-822A		
Récepteur GPS	Novatel DL-V3		
Système de navigation 3D	AGNAV Guia LiNav		
Altimètre barométrique	Honeywell PPT		
Altimètre radar	Rockwell Collins ALT-55B		FreeFlight TRA-3000
Système vidéo	Samsung SDC-415	Samsung SNB-7002N	Samsung SNB-7002
Enregistreur vidéo	Archos tablet 5	Samsung SRN-470DN	Samsung SRN-470D
Équipement	Base de référence au sol		Quantité
Station de base magnétique	GEM System GSM-19 Overhauser		2
Station de base GPS	Novatel DL-V3		1

Toutes les données provenant des magnétomètres, des spectromètres, des altimètres, du positionnement GPS, des caméras ainsi que des stations de référence au sol ont été enregistrées de façon synchrone grâce à la référence temporelle GPS.

Le tableau 2, ci-après, présente les intervalles d'échantillonnage des paramètres enregistrés.

Tableau 2: Intervalles d'échantillonnage	
ENREGISTREMENT	ÉCHANTILLONNAGE
Données aéroportées	
Magnétisme (Champ Total)	0.1 sec
Altimètre Radar	1.0 sec
Altimètre barométrique	1.0 sec
Temps de fiducie	0.1 sec
Positionnement GPS	1.0 sec
Données au sol	
Magnétisme (champ total)	1.0 sec
Station de base GPS	1.0 sec

4.0 PERSONNEL IMPLIQUÉ

M. Mouhamed Moussaoui, président et Mme Isabelle D'Amours, directrice générale, tous deux ingénieurs chez **GDS**, étaient responsables de la coordination et de la gestion générale du projet. Le responsable du contrôle de la qualité sur le terrain était M. Carlos Cortada. De retour au bureau, M. Cortada était responsable du traitement final des données en consultation avec le représentant du **MERN**.

Tout le personnel de terrain et de bureau impliqué dans la réalisation du projet est présenté au tableau 3.

Tableau 3: Personnel impliqué	
Fonction	Nom
Gérant de projet	M. Mouhamed Moussaoui, Ing Mme Isabelle D'Amours, Ing.
Contrôle de qualité	M. Carlos Cortada
Opérateurs	M. Pierre Filion, M. Luiz Martins
Pilotes/Co-pilotes	M. Philippe Gonse, M. Philippe Guyon M. Manuel Gagné, M. Mathieu Boucher M. Antoine Gillet, M. Sébastien Lanoue
Traitement final des données	M. Carlos Cortada
Spécialiste Autocad/Geosoft	M. Albert Sayegh
Rapport final	Mme Isabelle D'Amours, Ing. M. François Caty

5.0 CALENDRIER DES TRAVAUX

Le nombre total de kilomètres linéaires nécessaires pour couvrir la zone étudiée était de 105 547. Tel que présenté dans les tableaux suivants, la mobilisation des deux premières équipes de terrain (C-FVTL et C-FQQB) à Sept-Îles s'est effectuée le 2 octobre 2016 tandis que la troisième équipe (C-FLRB) les a rejoints le 9 novembre. Les 141 vols de production ont été réalisés entre le 3 octobre et le 7 décembre 2016 inclusivement.

Suite à la fin de l'acquisition de données et à l'approbation du représentant du **MERN**, la dernière équipe a démobilisé le 10 décembre.

Tableau 4: Période de productivité			
Avion	Octobre	Novembre	Décembre
C-FQQB			
C-FVTL			
C-FLRB			

Tableau 5: Statistiques de production de chaque aéronef					
		C-FQQB	C-FVTL	C-FLRB	Combiné
Fourchette des numéros de vol		1-69	101-157	201-224	
Vols de production		66	54	21	141
Jours de production		41	36	13	47
Date de mobilisation		2016-10-02	2016-10-02	2016-11-09	
Premier vol de production		2016-10-03	2016-10-03	2016-11-10	
Dernier vol de production		2016-12-07	2016-11-25	2016-12-07	
Date de démobilisation		2016-12-10	2016-11-29	2016-12-07	
Heures de vol ^(*)	Production	219:17	155:04	64:49	439:10
	Déplacement (ferry, tests)	33:31	35:15	15:22	84:08
	Total	252:48	190:19	80:11	523:18
Km-linéaire volés	Traverse	44 408	34 639	13 880	92 927
	Contrôle	8 720	3 509	391	12 620
	Total	53 128	38 148	14 271	105 547
Participation		50%	36%	14%	

(*) N'inclus pas les heures de vol allouées à la mobilisation et démobilisation des aéronefs.

Durant la période d'acquisition des données, des résultats préliminaires furent remis périodiquement à l'autorité scientifique du **MERN**. Le traitement final des données magnétiques s'est terminé à la fin du mois de décembre. La livraison finale a eu lieu à la fin du mois de janvier.

6.0 TESTS ET ÉTALONNAGE

Afin d'obtenir des données précises et de qualité, les tests et calibrations de l'instrumentation constituent une composante importante d'un levé géophysique aéroporté. Les tests relatifs aux données magnétiques se résument ainsi :

- Étalonnage du magnétomètre (Test de Morewood);
- Test des altimètres;
- Test de parallaxe;
- Test de compensation (F.O.M).

Cette section présente un résumé de tous les tests et calibrations réalisés avant, pendant ou après la période d'acquisition de données. Les résultats de ces tests et calibrations sont détaillés aux annexes A, B et C.

Tableau 6: Dates des tests et calibrations			
Test	C-FQQB	C-FVTL	C-FLRB
Morewood	30/09/2016	30/09/2016	08/11/2016
FOM	30/09/2016	01/10/2016	08/11/2016
Parallaxe	03/08/2016 *	28/08/2016 *	13/11/2015
Altimètres	09/07/2016	10/07/2016	30/10/2015

* Calculé sur deux pics magnétiques sur une ligne volée en sens contraire.

6.1 Étalonnage du magnétomètre

L'étalonnage du magnétomètre de vol a été effectué sur la base d'étalonnage de la Commission Géologique du Canada, à Morewood (Ontario). Cet étalonnage comprend également une mesure de l'erreur de cap. L'avion a effectué deux passages dans chacune des directions – nord, sud, est et ouest.

Les données au sol du champ magnétique total durant ce vol d'étalonnage ont été obtenues auprès de l'Observatoire magnétique d'Ottawa, Division de la géologie du continent (DGC), Commission géologique du Canada.

Une figure de compensation (FOM, Figure of Merit) fut aussi obtenue. Cette procédure a pour but d'éliminer l'influence des manœuvres de l'avion (tangage, roulis et lacet) qui induisent des champs magnétiques altérant ainsi la qualité des données. Les résultats furent présentés, pour approbation, avant la mobilisation sur le terrain, par l'Autorité scientifique du **MERN**. Le test fut réalisé à haute altitude dans un secteur magnétiquement calme. Les manœuvres de l'avion impliquaient des mouvements de roulis de $\pm 10^\circ$, de tangage de $\pm 5^\circ$ et de lacet de $\pm 5^\circ$ suivant les orientations nord, sud, est et ouest durant un temps d'enregistrement du champ magnétique total de 4-5 secondes. La figure de compensation est évaluée en calculant la somme des amplitudes pic-à-pic des 12 signatures ainsi obtenues. Le FOM fut inférieur à 1,5nT, tel que requis par les spécifications contractuelles.

6.2 Étalonnage des altimètres radar et barométrique

L'étalonnage de l'altimètre radar a été effectué au-dessus de pistes d'atterrissage d'élévation connue. Des vols furent réalisés à différentes hauteurs, représentatives des conditions de terrain du bloc, couvrant une gamme d'élévation se situant entre les altitudes minimales et maximales qui devaient être rencontrées. Au moins six altitudes différentes furent sélectionnées par sauts successifs et égaux. Les hauteurs de vol ont été déterminées à partir des données GPS en temps réel et par les données provenant de l'altimètre radar.

Les données des altimètres ont été vérifiées et corrigées à l'aide des coordonnées Z obtenues du GPS et auxquelles furent appliquées les corrections différentielles et de hauteur orthométrique. Les résultats sont présentés en annexe A, B et C sous la forme d'un tableau et d'un graphique indiquant l'altitude radar par rapport à l'altitude GPS.

6.3 Test de parallaxe (lag test)

Dans le but d'évaluer le décalage spatial entre les données du système de navigation (i.e. les coordonnées X-Y) et les données du champ magnétique total, un test de décalage fut réalisé. Ce test impliquait l'enregistrement des données X, Y et du champ magnétique total lors d'au moins deux passages dans des directions opposées au-dessus d'une structure produisant une anomalie magnétique étroite et bien définie.

7.0 CONTRÔLE DE QUALITÉ SUR LE TERRAIN

Tout le levé fut réalisé suivant les spécifications techniques contractuelles et à la satisfaction de l'Autorité scientifique du **MERN**. Une copie de ces spécifications techniques était en possession de chacun des membres du personnel de **GDS** présent sur le terrain.

Le système de traitement des données sur le terrain était composé d'un ordinateur équipé des logiciels appropriés, commerciaux ou créés par les géoscientifiques de **GDS**, incluant :

- WayPoint GrafNav: pour le traitement des données GPS
- Geosoft Montaj et des logiciels utilitaires: pour le tracé des profils et du plan de vol, le calcul des intersections, le nivellement et le maillage préliminaire des données magnétiques.

Les données digitales étaient vérifiées quotidiennement afin de se conformer aux spécifications techniques contractuelles. La précision des données de positionnement GPS, corrigées de façon différentielle à l'aide de la station de base, et le respect du plan de vol furent rigoureusement vérifiés sur le terrain.

7.1 Contrôle quotidien des données

Le système de navigation et de positionnement électronique comportait un récepteur GPS bi-fréquentiel (L1/L2) à 12 canaux de marque Novatel DL-V3. Ce système présente une résolution de 0,1 mètre et une erreur de localisation inférieure à 3 mètre.

Un autre récepteur GPS (Novatel DL-V3) servant de station de base fut installé près de la base d'opération. Le logiciel WayPoint, spécialement conçu par le manufacturier, permet de traiter quotidiennement les données de positionnement, de contrôler la qualité du plan de vol et de s'assurer du respect des normes contractuelles.

Après chaque vol, les données du champ magnétique total, du radar, du baromètre, incluant les données GPS différentielles et les données de la station de base magnétométrique, étaient cumulées dans une base de données Geosoft. Les données brutes étaient vérifiées et mises en ordre par numéro de ligne de vol. Les profils du champ magnétique total étaient examinés en détail en utilisant la puissance de visualisation, de traçage et de changement d'échelle du logiciel Montaj. Les principaux points de vérification et de contrôle concernaient surtout les sauts de vitesse dans les données GPS, les variations diurnes, les données altimétriques (hauteur de vol, intersections avec les lignes de contrôle) et les profils magnétiques. Le plan de vol était vérifié et comparé au plan de vol théorique et un modèle digital d'élévation était calculé. Toute erreur était notée et des reprises de vol étaient réalisées si nécessaire.

7.2 Spécifications du levé

GDS s'est assuré que les spécifications suivantes soient rencontrées. Dans le cas contraire, GDS a, à ses frais, survolé à nouveau les lignes ou segments de ligne non-conformes aux spécifications contractuelles.

	Ligne de traverse	Ligne de contrôle
Direction (partie nord)	N45°E	N135°E
Direction (partie sud)	N90°E	N0°E
Espacement	200 m	1 500 m
Extension minimal au-delà des limites	250 m	250 m
Séparation minimale permise	150 m	1 450 m
Séparation maximale permise	250 m	1 550 m

L'altitude de vol du levé a été moulée selon une surface de vol prédéfinie. La hauteur de vol nominale était de 100 mètres MTC (altitude moyenne au-dessus du sol) sauf aux endroits où les règlements de Transport Canada l'interdisent et dans les régions de topographie accentuée. Par contre, il faut noter que la surface de vol prédéfinie a contribué à élever la distance moyenne par rapport au sol à 202 m. Les traverses et les lignes de contrôle ont été volées en respectant le plus possible une tolérance maximale de 15 mètres de différence à leur intersection. La figure 4 présente un histogramme des différences d'altitude obtenues sur les traverses aux intersections sur l'ensemble du levé (haut), un histogramme de la distance par rapport au sol (centre) ainsi qu'un histogramme de l'altitude de vol par rapport à la surface moulée prédéfinie (bas).

Les segments de ligne qui ont été revolés dans le but de compléter ou reprendre une traverse ont recoupé des lignes de contrôle à chacune de leur extrémité et ont rejoint la traverse originale suivant un angle faible, à un point où les données sont conformes aux spécifications techniques. Réciproquement, les segments de lignes de contrôle ont débuté et terminé en recoupant une quelconque traverse.

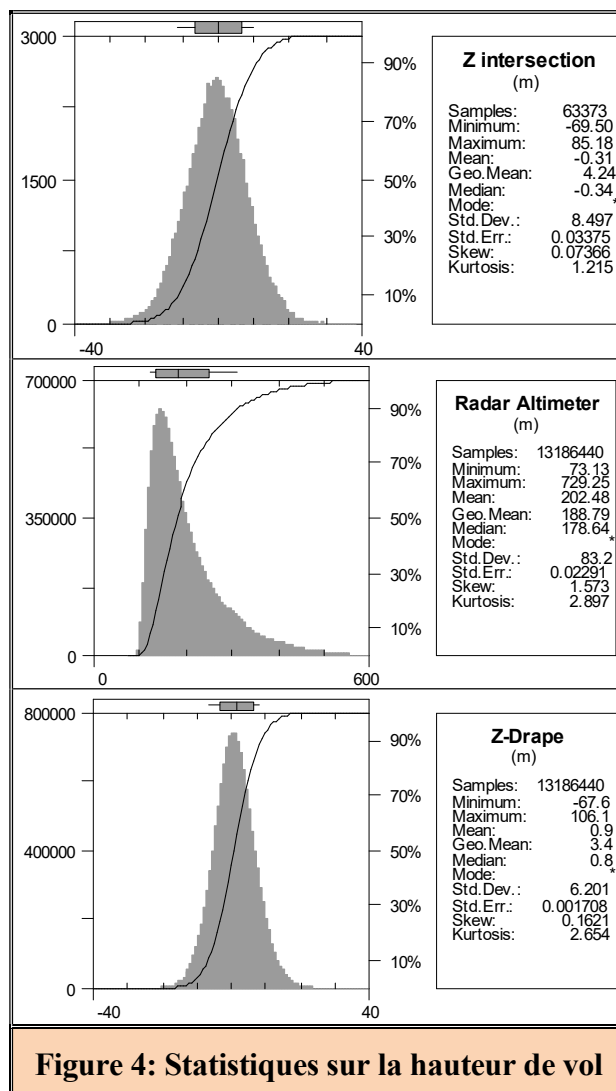


Figure 4: Statistiques sur la hauteur de vol

Afin que l'information soit valide au-delà des limites du levé, deux traverses ont été réalisées en dehors des limites du bloc, là où ces limites sont parallèles aux traverses. Toutes ces traverses ont aussi débuté et se sont terminées en recoupant une ligne de contrôle.

Lors de chaque vol, les lignes adjacentes ont été survolées successivement et dans des directions opposées. Le circuit de vol en « hippodrome » n'a pas été utilisé.

7.3 Dérives diurnes

Les stations de base magnétiques enregistraient les variations du champ magnétique total à toutes les secondes et leurs données furent utilisées sur une base quotidienne afin d'appliquer les corrections diurnes et ainsi contrôler la qualité du levé magnétique. Les lectures du champ magnétique total à bord de l'avion et à la station de base étaient enregistrées de façon synchrone via le temps GPS.

La déviation maximale tolérée d'une longueur de corde équivalente à une minute pour chaque station de base était de 3,0 nT (crête à crête). Afin de limiter les ondes ULF (micropulsations), une déviation maximale tolérée d'une longueur de corde équivalente à 15 secondes pour chaque station de base de 0,5 nT (crête à crête) a été ajoutée. Cette spécification a été vérifiée sur le terrain avant la démobilisation. Les stations de base magnétique et GPS étaient situées aux coordonnées WGS84 présentées dans le tableau suivant.

	Latitude	Longitude	Altitude
Station de base magnétique A	50° 12' 13.291"N	66° 19' 00.501"O	-
Station de base magnétique B	50° 13' 18.917"N	66° 15' 01.159"O	-
Station de base GPS	50° 12' 13.273"N	66° 19' 00.185"O	-16.10m (ellips)

7.4 Vitesse de l'avion et taux d'échantillonnage

Lors du levé, les pilotes maintenaient une vitesse de croisière faible réduisant le temps nécessaire pour se repositionner entre deux traverses tout en augmentant le taux d'échantillonnage des données. La vitesse des avions fut maintenue entre 275 et 324 km/h durant plus de 95% du temps, correspondant à une distance moyenne de 8.1 mètres entre les données du champ magnétique total.

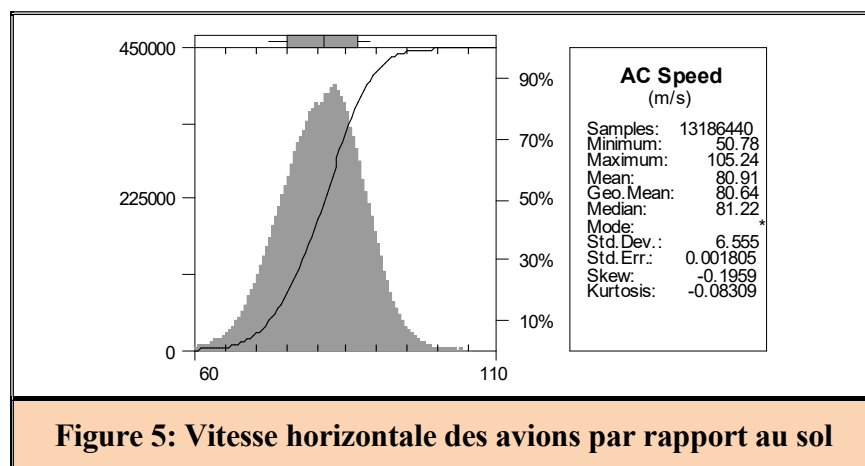


Figure 5: Vitesse horizontale des avions par rapport au sol

7.5 Données magnétiques

Le niveau de bruit des données du champ magnétique total fut vérifié au moyen d'une inspection de la trace de la quatrième différence.

Le bruit à haute fréquence devait être de telle sorte que la quatrième différence divisée par 16 soit inférieure à $\pm 0,10$ nT. L'examen minutieux de la quatrième différence a permis de corriger les éventuels pics (spikes) présents sur les données magnétiques.

Lorsque suffisamment de données furent recueillies, les valeurs du champ magnétique obtenues aux intersections des traverses et des lignes de contrôle furent comparées et un nivellement préliminaire fut réalisé. Des cartes préliminaires de contours et de maillages des données furent produites pour fin de vérification de la qualité du levé.

8.0 TRAITEMENT FINAL DES DONNÉES

La compilation et le traitement final des données ont été réalisés au bureau de **GDS** situé à Laval, sous la supervision de M. Carlos Cortada. Toutes les étapes du traitement réalisées lors des travaux de terrain ont été vérifiées avant de poursuivre plus à fond. Ceci impliquait :

8.1 Traitement des données magnétiques

- Vérification complète des profils du champ magnétique et élimination des pics
- **Correction du décalage** (Lag) 0.7sec pour C-FQQB et C-FVTL et 0.6sec pour C-FLRB
- Élimination du bruit à hautes fréquences présent sur les données de la station de base magnétique 'B' par filtre passe-bas ayant une fréquence de coupure de 50 sec. Calcul de la dérive par rapport à la valeur moyenne de 54 548.0nT et application de la correction diurne.
- **Correction de la différence d'altitude** entre l'altitude rapportée par le GPS et la surface de vol. La correction a été calculée en utilisant la maille de la dérivée 1^{ière} des données magnétiques pré-nivelées qui ont été échantillonnées dans la base des données, et multipliées par la différence ajustée entre le Zgps et le drapé. Ceci a permis de ramener les données magnétiques au niveau de la surface de vol pré-planifiée lors de circonstances qui ont obligé une déviation d'altitude significative par rapport à celle-ci.
- **Nivellement du champ magnétique total** à partir des intersections et en suivant les étapes présentées au tableau 7. Les valeurs du champ magnétique total, de l'altitude et du gradient aux points d'intersection, ont été déterminées sur les lignes transversales et sur les lignes de contrôle. Les différences relevées aux intersections ont été soigneusement analysées et réparties le long des lignes de contrôle et des lignes transversales pour obtenir ainsi une valeur identique du champ magnétique total à une intersection donnée.

Des valeurs finales ont été attribuées aux traverses à chacune des intersections retenues. Ces valeurs ont été utilisées comme correction. Dans les zones caractérisées par un gradient magnétique prononcé ou par une topographie escarpée, les ajustements d'intersection ont été supprimés ou une correction judicieuse a été attribuée à la ligne transversale.

Tableau 7: Nivellement par ligne de contrôle			
Passe	Type de filtre	Appliqué sur	
		Contrôle	Traverse
1	Trend(0)	x	x
2	Trend(0)	x	x
3	Trend(0)	x	x
4	Trend(1)	x	x
5	Trend(1)	x	x
6	Butterworth(5000,6)	x	
	Butterworth(2500,6)		x
7	Butterworth(2000,6)	x	
	Butterworth(1000,4)		x

- **Aucun micro-nivellement** n'a été appliqué aux données.
- **Soustraction du champ géomagnétique international de référence (IGRF)** modèle de 2015 défini à une altitude de 538,0 mètres pour la date du 2016/11/04. La soustraction de l'IGRF, qui représente le champ magnétique terrestre modélisé, a permis d'obtenir le champ résiduel essentiellement relié à l'aimantation de la croûte terrestre.
- **Maillage des données** suivant une maille régulière de 50 mètres en utilisant la routine « Minimum Curvature » de Geosoft, laquelle respecte autant les données des traverses et des lignes de contrôle tout en produisant une surface pour laquelle la courbure totale est minimale.
- **Calcul de la dérivée première verticale.**
- **Calcul des coefficients de corrélation de Keating:**
Les cibles potentielles de cheminées verticales (kimberlite) ont été identifiées à partir des anomalies magnétiques présentant un patron anomal plus ou moins circulaire observées sur la carte du champ magnétique total résiduel. Le processus automatique d'identification a fait intervenir un algorithme mathématique mis au point par Pierre Keating en 1995. (KEATING, P., 1995. A simple technique to identify magnetic anomalies due to kimberlite pipes. Exploration and Mining Geology; vol 4, no. 2, p.121-125). Le modèle utilisé est celui d'un cylindre vertical et toutes les anomalies magnétiques présentant un coefficient de corrélation supérieur à une certaine limite, fixée au départ, sont ainsi retenues. Ces cibles retenues sont présentées sur la carte de la dérivée première verticale par des cercles dont le rayon est proportionnel au coefficient de corrélation.

Tableau 8: Paramètres du modèle utilisé	
Rayon du cylindre	100 m
Longueur du cylindre	Infini (-1)
Distance au sommet du cylindre	200 m
Dimension de la fenêtre	600 m
Intensité relative du champ magnétique	100 nT
Inclinaison du champ magnétique	72,3°
Déclinaison du champ magnétique	19,2°W
Coefficient de corrélation minimal	0,90 (90%)

8.2 Traitement des données de positionnement et d'altimétrie

- Vérification complète des différents champs de données tel que X, Y, Z, temps GPS, altitudes radar et lectures barométriques.
- Correction de façon différentielle des données GPS brutes de positionnement à l'aide de la station de base par le logiciel Waypoint GrafNav de Novatel. Les latitudes et longitudes résultantes ont par la suite été transformées à la projection NAD83. Un contrôle de qualité du plan de vol a été effectué entre autres à l'aide du calcul de la vitesse permettant de repérer des zones à problème qui seront par la suite retraitées. Le plan de

vol fut coupé afin de s'ajuster aux limites du bloc. Le plan de vol final ainsi obtenu fut comparé au plan de vol théorique afin de vérifier la conformité avec les spécifications techniques du contrat. Les données de positionnement furent finalement importées dans la base de données principale.

- Génération d'un modèle topographique de terrain en utilisant le Z GPS post-traité moins l'altitude radar. Ce modèle ainsi calculé est ensuite comparé avec la topographie connue.

9.0 PRODUITS FINAUX

9.1 Paramètres utilisés

Les données ont été compilées en utilisant les paramètres suivants :

Projection : NAD83 (CSRS) UTM z19, compatible avec le système mondial WGS84
Cellule de maille: 50 mètres

9.2 Produits finaux

Deux copies d'un DVD (tableau 9) incluant les éléments suivants ont été livrées:

Bases de données (GDB Geosoft)

- Base de données des anomalies – Coefficients de corrélation de Keating (tableau 10)
- Base de données magnétiques – Bloc A partie Nord (tableau 11)
- Base de données magnétiques – Bloc A partie Sud (tableau 11)

Mailles (format Geosoft)

- Composante résiduelle du champ magnétique total
- Dérivée première verticale du champ magnétique

Rapport final (PDF, MS Word)

Le présent rapport technique représentant un compte-rendu complet des opérations sur le terrain, la description de la compilation des données et l'inventaire des produits finaux, fut remis en format numérique MS-Word et PDF. Deux copies papier ont également été fournies.

Bandes vidéos

Une copie des bandes vidéo des vols de chacun des avions a été remise sur disque dur externe tandis que

Tableau 9: Contenu de l'archive DVD et description

Répertoire	Nom de fichier	Description
/	Contenu_Archive.pdf	Description des fichiers de l'archive (ce fichier)
/Databases	MoisieMAG_North_Final.gdb	Base de données magnétiques – Partie Nord
	MoisieMAG_South_Final.gdb	Base de données magnétiques – Partie Sud
	MoisieMAG.pdf	Description des champs des bases de données magnétiques
	MoisieKeatingCoeff.gdb	Base de données des coefficients de corrélation de Keating
	MoisieKeatingCoeff.pdf	Description de la base de données des coefficients de corrélation
/Mailles	RMI_All.grd	Composante résiduelle du champ magnétique total
	FVD_All.grd	Dérivée première verticale du champ magnétique total résiduel
/Rapport	DP2017-03_Moisie_Sud_Rapport.pdf	Rapport technique du levé - PDF
	DP2017-03_Moisie_Sud_Rapport.doc	Rapport technique du levé - MS Word

Tableau 10: Champs de la base de données des coefficients de corrélation de Keating		
Champ	Description	Unité
Xnad83	Coordonnées X NAD83 UTM Z19	mètre
Ynad83	Coordonnées Y NAD83 UTM Z19	mètre
Corr_coeff	Coefficient de corrélation	%
Suscept	Susceptibilité	
Rel_error	Erreur relative de la régression	%
Amplitude	Amplitude de l'anomalie pic-à-pic dans la fenêtre	nT
Keating	Valeur absolue du coefficient de corrélation	%

Tableau 11: Champs de la base de données magnétiques		
Champ	Description	Unité
UTC	Temps UTC en seconde après minuit	seconde
Line	Numéro de ligne	
Flt	Numéro de vol	
Date	Date locale du vol	aaaa/mm/jj
AC	Immatriculation de l'avion	
Xrt	Xgps temps réel (WGS84 UTM z19)	mètre
Yrt	Ygps temps réel (WGS84 UTM z19)	mètre
Zrt	Zgps temps réel (WGS84)	mètre
Lon_nad83	Longitude (NAD83)	degré
Lat_nad83	Latitude (NAD83)	degré
X_nad83	Coordonnées X (NAD83 UTM z19), GPS traité	mètre
Y_nad83	Coordonnées Y (NAD83 UTM z19), GPS traité	mètre
Z	Altitude GPS (NMM), GPS traité	mètre
Drape	Surface de vol prédéfinie	mètre
Baltls	Données barométriques brutes	mètre
Baltlc	Données barométriques corrigées	mètre
Rraw	Altimètre Radar brut	volt
Raltlc	Altimètre Radar corrigé	mètre
DTMc	Modèle digital d'élévation	mètre
BaseAo	Données brutes de la station de base A	nT
BaseA	Données corrigées de la station de base A	nT
BaseBo	Données brutes de la station de base B	nT
BaseB	Données corrigées de la station de base B	nT
mfluxX	Fluxgate composante X	nT
mfluxY	Fluxgate composante Y	nT
mfluxZ	Fluxgate composante Z	nT
MBu	Données magnétiques non-compensées brutes	nT
MBul	Données magnétiques non-compensées laguées	nT
MBc	Données magnétiques compensées originales	nT
MBclc	Données magnétiques éditées et laguées	nT
Drift_LF	Correction diurne du champ magnétique	nT
Magbc	Données magnétiques corrigées de la diurne	nT
Coralt	Correction d'altitude	nT
Magalt	Données magnétiques corrigées de l'effet d'altitude	nT
Corlvl	Correction de nivellement	nT
Maglvl	Données magnétiques nivelées (Maglvl = MBclc – Drift_LF + CorAlt + CorLvl)	nT
IGRF	Champ IGRF local	nT
Magres	Données magnétiques résiduelles (corrigées de l'IGRF)	nT

10.0 CONCLUSIONS

Un levé magnétique aéroporté à haute résolution fut réalisé entre le 3 octobre et le 7 décembre 2016 dans le secteur sud de la rivière Moisie par Geo Data Solutions GDS inc. pour le compte du Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec. Au total, 105 550 kilomètres linéaires de données magnétiques furent acquises sur un réseau de traverses espacées de 200 mètres, orientées Est-Ouest pour la partie sud du bloc et de 45 degrés Est pour la partie nord.

Les travaux de terrain furent réalisés dans le temps alloué prévu à cet effet et tous les produits exigés par l'entente contractuelle furent remis au **MERN** dans les délais requis.

Toutes les données enregistrées à bord des avions et par les stations de base magnétiques et GPS sont d'excellente qualité. Les données du champ magnétique total ont été acquises lors de périodes d'activité diurne favorables et aucune ligne ne respectant pas les critères exigés ne fut retenue.

La surface de vol prédéfinie fut bien suivie permettant ainsi un nivellement plus facile et optimal des données magnétiques. Quant au niveau de bruit du champ magnétique total observé à partir de la quatrième différence, il fut bien en dessous de l'enveloppe acceptable de 0,1 nT.

Les données de positionnement GPS sont de grande qualité, le plan de vol fut bien respecté et les données ne démontrent aucun saut anormal.

Il est à espérer que l'information présentée dans ce rapport s'aura orienté les prochaines campagnes d'exploration et sera utile dans l'interprétation des données géologiques qui peuvent y être reliées.

Respectueusement présenté,




Isabelle D'Amours, Ing.
Directrice Générale
Géo Data Solutions GDS inc.

18 Janvier 2017
Date

ANNEXE A

TESTS ET ÉTALONNAGE

C-FQQB

**AEROMAGNETIC SURVEY SYSTEM CALIBRATION TEST RANGES
AT MOREWOOD, ONTARIO; MEANOOK, ALBERTA and BAKER LAKE, NUNAVUT**

AIRCRAFT TYPE AND REGISTRATION: Piper Navajo C-FQOB

ORGANIZATION (COMPANY): Geo Data Solutions GDS Inc.

MAGNETOMETER TYPE: Geometrics, Cs G-822A

MAGNETOMETER SERIAL NUMBER:

COMPILED BY: Carlos Cortada

SITE AND DATE: Morewood 30-Sep-16

HEIGHT FLOWN: 1500 feet

SAMPLING RATE: 10.0 /sec

DATA ACQUISITION SYSTEM: RMS DAARC500

GSC 12/2015

Direction of flight across the intersection point	Time that Survey Aircraft was over the intersection point Greenwich Mean Time	Total Field Value Recorded in Survey Aircraft over intersection point	Observatory Diurnal Reading at Previous Minute i.e. Hours + Minutes	Observatory Diurnal Reading at Subsequent Minute i.e. H hours + (M + 1) mins.	Interpolated Observatory Diurnal Reading at Time H hours + M mins + S sec	Calculated Observatory Value C = 640.1	Error Value
		T1 (nT)	T2 (nT)	T3 (nT)	T4 (nT)	T5=T4-C* (nT)	T6=T1-T5 (nT)
North	15:35:40.7	53697.8	54336.5	54336.5	54336.5	53696.5	1.3
South	15:32:44.9	53692.6	54333.9	54333.9	54333.9	53693.9	-1.3
East	15:45:18.3	53691.6	54331.5	54331.5	54331.5	53691.5	0.2
West	15:47:59.9	53698.4	54339.7	54339.7	54339.7	53699.7	-1.2
North	15:40:46.9	53698.5	54337.4	54337.4	54337.4	53697.3	1.2
South	15:38:14.9	53696.7	54337.7	54337.7	54337.7	53697.7	-1.0
East	15:50:48.4	53700.1	54339.3	54339.3	54339.3	53699.2	0.9
West	15:53:21.3	53698.0	54339.3	54339.3	54339.3	53699.2	-1.2

*C is the difference in the total field between the Blackburn, Meanook or Baker L. observatories (O) and the value (B) at the test site intersection point above the designated height

Ottawa(O)/Morewood(B), Ontario: 1500 Feet, C = (O-B) = 640.1 nT

Meanook(O)/Meanook(B), Alberta: 1000 Feet, C = (O-B) = 0 nT

Baker Lake(O)/ Baker Lake(B), Nunavut: 1000 Feet, C = (O-B) = 75 nT

Total: **-1.2677 nT**

Average North-South Heading Error (T6 North - T6 South): **2.403 nT**

Average East-West Heading Error (T6 East - T6 West): **1.7465 nT**

Number of Passes for Average: 8

Ave: **-0.1585 nT**

The completed document must be forwarded to the GSC Project Leader prior to the start of field operations and a copy must be attached to the next weekly report.



FOM Test

Geo Data Solutions GDS Inc.

Location: Lac St-Jean, QC
Pilot: Phillipe G.
Operator: Piere F.
Compiled by: Carlos C.

Date: 30-Sep-16
Aircraft: C-FQQB
Configuration: Stinger
Altitude: 3000m

Sensor3 - Tail Stinger

North (360°)	Fid range	Uncompensated mag (nT)	Compensated mag (nT)	Improv. Ratio
PITCH	72862.8 to 72869.7	0.523	0.090	5.811
ROLL	72876.7 to 72883.7	2.699	0.067	40.284
YAW	72894.4 to 72905.4	0.240	0.086	2.791
TOTAL		3.462	0.243	14.247

East (90°)	Fid range	Uncompensated mag (nT)	Compensated mag (nT)	Improv. Ratio
PITCH	72962.3 to 72969.4	0.396	0.076	5.211
ROLL	72976.8 to 72982.8	2.959	0.096	30.823
YAW	72995.1 to 73000.5	0.205	0.140	1.464
TOTAL		3.560	0.312	11.410

South (180°)	Fid range	Uncompensated mag (nT)	Compensated mag (nT)	Improv. Ratio
PITCH	73044.2 to 73050.0	0.748	0.063	11.873
ROLL	73055.9 to 73061.2	2.424	0.064	37.875
YAW	73072.2 to 73075.9	1.019	0.184	5.538
TOTAL		4.191	0.311	13.476

West (270°)	Fid range	Uncompensated mag (nT)	Compensated mag (nT)	Improv. Ratio
PITCH	73119.4 to 73125.7	0.170	0.043	3.953
ROLL	73134.3 to 73139.1	2.355	0.087	27.069
YAW	73150.7 to 73156.3	0.349	0.107	3.262
TOTAL		2.874	0.237	12.127

Uncomp. mag (nT)	Comp. Mag (nT)	Improv. Ratio
14.087	1.103	12.772



ALTIMETER CALIBRATION

Geo Data Solutions GDS Inc.

Location: St-Honoré, QC

Pilot: Philippe G.

Operator: Pierre F.

Date: 9-Jul-16

Aircraft: C-FQQB

Compiled by: Carlos Cortada

Antenna Height (m): 2.0

Terrain clearance (ft)	Radar raw (volt)	Zgps (m)	Topo (m)	Altitude (Zgps-Topo) (m)
100	0.94	183.23	161.46	19.77
200	2.05	218.06	163.11	52.95
300	3.21	253.89	163.12	88.77
400	4.39	289.45	163.12	124.33
500	5.23	325.90	162.60	161.30
600	5.35	349.96	162.13	185.83
800	5.70	419.69	160.46	257.23
1000	6.01	482.48	161.22	319.26
1200	6.28	538.20	161.74	374.46

radar(m)= **30.366**

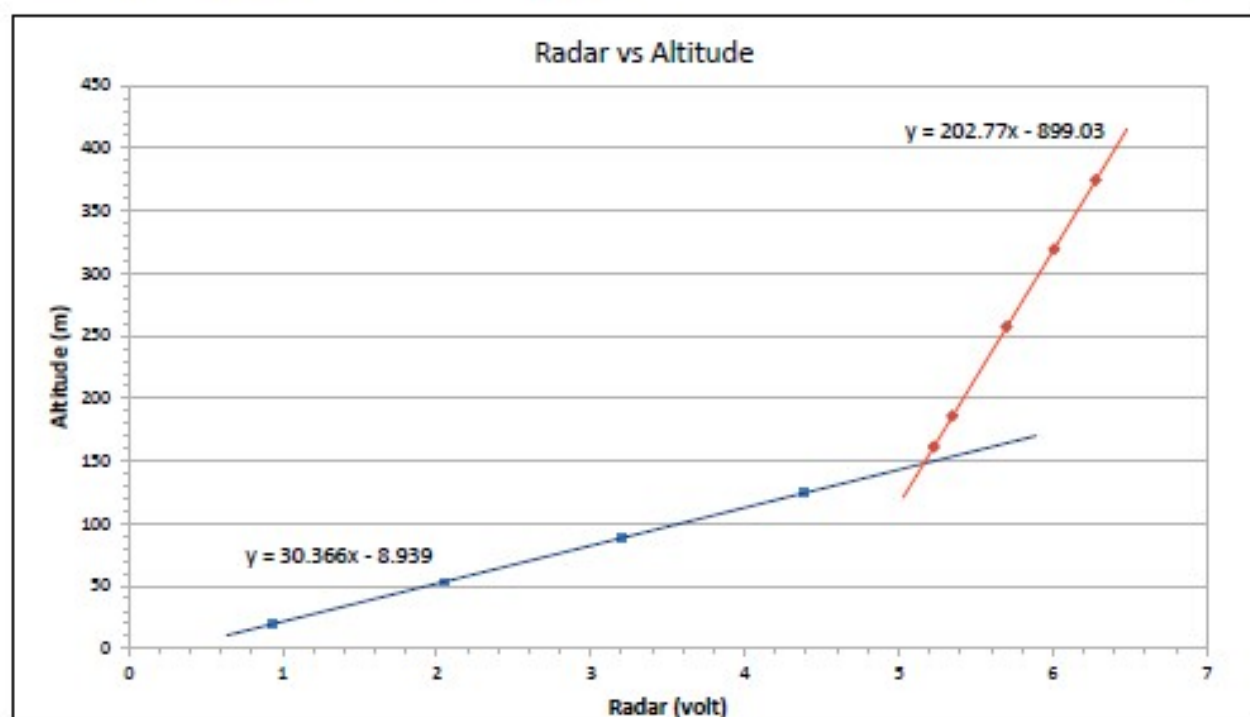
x (volt) **- 8.939**

Intercept point= **5.16 volt**

radar(m)= **202.773**

x (volt) **- 899.028**

147.832 m



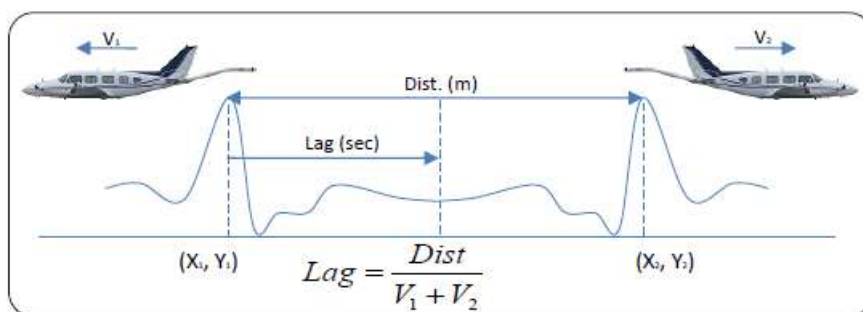


Lag Test

Geo Data Solutions GDS Inc.

Location: Puvirnituk, QC
 Date: 3-Aug-16
 Compile: Carlos Cortada

Aircraft: C-FQQB
 Configuration: Stinger
 Apply Tail Lag: +0.7



Line Dir	Fiducial (sec)	X (m)	Y (m)	Z (m)	Mag Field (nT)	Vx (m/s)	Vy (m/s)	Speed (m/s)
A) West	56063.80	383824.26	6653168.33	126.40	59655.231	86.92	-3.10	86.98
B) East	75452.75	383938.60	6653150.41	134.16	59642.649	-69.80	2.76	69.85

Passes dist.= 13.00 m
 Ave Speed = 78.41 m/s
 Distance = 115.00 m
 Tail Lag = +0.73 sec

Line Dir	Fiducial (sec)	X (m)	Y (m)	Z (m)	Mag Field (nT)	Vx (m/s)	Vy (m/s)	Speed (m/s)
A) West	66206.40	383828.40	6653168.39	129.65	59705.187	84.06	-3.05	84.12
B) East	77512.30	383944.41	6653158.60	130.30	59677.163	-80.47	2.37	80.50

Passes dist.= 8.00 m
 Ave Speed = 82.31 m/s
 Distance = 116.15 m
 Tail Lag = +0.71 sec

ANNEXE B

TESTS ET ÉTALONNAGE

C-FVTL

**AEROMAGNETIC SURVEY SYSTEM CALIBRATION TEST RANGES
AT MOREWOOD, ONTARIO; MEANOOK, ALBERTA and BAKER LAKE, NUNAVUT**

AIRCRAFT TYPE AND REGISTRATION: Piper Navajo C-FVTL

SITE AND DATE: Morewood 30-Sep-16

ORGANIZATION (COMPANY): Geo Data Solutions GDS Inc.

HEIGHT FLOWN: 1500 feet

MAGNETOMETER TYPE: Geometrics, Cs G-822A

SAMPLING RATE: 10.0 /sec

MAGNETOMETER SERIAL NUMBER:

DATA ACQUISITION SYSTEM: RMS DAARCS500

COMPILED BY: Carlos Cortada

GSC 12/2015

Direction of flight across the intersection point	Time that Survey Aircraft was over the intersection point Greenwich Mean Time	Total Field Value Recorded in Survey Aircraft over intersection point T1 (nT)	Observatory Diurnal Reading at Previous Minute i.e. Hours + Minutes T2 (nT)	Observatory Diurnal Reading at Subsequent Minute i.e. H hours + (M + 1) mins. T3 (nT)	Interpolated Observatory Diurnal Reading at Time H hours + M mins + S sec T4 (nT)	Calculated Observatory Value C = 640.1 T5=T4-C* (nT)	Error Value T6=T4-T5 (nT)
North	21:18:13.1	53721.6	54363.1	54363.1	54363.1	53723.0	-1.4
South	21:15:09.0	53720.2	54361.3	54361.3	54361.3	53721.3	-1.1
East	21:29:33.9	53720.1	54361.5	54361.5	54361.5	53721.4	-1.3
West	21:32:41.7	53719.7	54360.7	54360.7	54360.7	53720.6	-0.9
North	21:25:13.0	53719.1	54360.5	54360.5	54360.5	53720.4	-1.3
South	21:21:56.5	53720.1	54361.4	54361.4	54361.4	53721.3	-1.3
East	21:36:02.4	53716.7	54358.1	54358.1	54358.1	53718.0	-1.4
West	21:39:14.9	53715.5	54356.5	54356.5	54356.5	53716.5	-1.0

*C is the difference in the total field between the Blackburn, Meanook or Baker L. observatories (O) and the value (B) at the test site intersection point above the designated height

Ottawa(O)/Morewood(B), Ontario: 1500 Feet, C = (O-B) = 640.1 nT

Meanook(O)/Meanook(B), Alberta: 1000 Feet, C = (O-B) = 0 nT

Baker Lake(O)/ Baker Lake(B), Nunavut: 1000 Feet, C = (O-B) = 75 nT

Total: **-9.7107 nT**

Average North-South Heading Error (T6 North - T6 South): **-0.217 nT**

Average East-West Heading Error (T6 East - T6 West): **-0.407 nT**

Number of Passes for Average: 8

Ave: **-1.2138 nT**

The completed document must be forwarded to the GSC Project Leader prior to the start of field operations and a copy must be attached to the next weekly report.



FOM Test

Geo Data Solutions GDS Inc.

Location: Lac St-Jean, QC
Pilot: Phillipe G.
Operator: Piere F.
Compiled by: Carlos C.

Date: 1-Oct-16
Aircraft: C-FVTL
Configuration: Stinger
Altitude: 3000m

Sensor3 - Tail Stinger

North (360°)	Fid range	Uncompensated mag (nT)	Compensated mag (nT)	Improv. Ratio
PITCH	48363.7 to 48369.6	0.201	0.061	3.295
ROLL	48377.2 to 48383.0	2.675	0.044	60.795
YAW	48395.6 to 48403.3	0.129	0.065	1.985
TOTAL		3.005	0.170	17.676

East (90°)	Fid range	Uncompensated mag (nT)	Compensated mag (nT)	Improv. Ratio
PITCH	48462.7 to 48470.3	1.193	0.095	12.558
ROLL	48475.5 to 48482.0	3.547	0.078	45.474
YAW	48490.0 to 48496.6	0.350	0.042	8.333
TOTAL		5.090	0.215	23.674

South (180°)	Fid range	Uncompensated mag (nT)	Compensated mag (nT)	Improv. Ratio
PITCH	48546.6 to 48551.6	1.544	0.061	25.311
ROLL	48559.3 to 48563.5	1.634	0.080	20.425
YAW	48574.4 to 48579.9	1.110	0.057	19.474
TOTAL		4.288	0.198	21.657

West (270°)	Fid range	Uncompensated mag (nT)	Compensated mag (nT)	Improv. Ratio
PITCH	48628.3 to 48632.1	0.460	0.071	6.479
ROLL	48639.0 to 48644.0	0.754	0.093	8.108
YAW	48656.0 to 48661.4	0.500	0.033	15.152
TOTAL		1.714	0.197	8.701

Uncomp. mag (nT)	Comp. Mag (nT)	Improv. Ratio
14.097	0.780	18.073



ALTIMETER CALIBRATION

Geo Data Solutions GDS Inc.

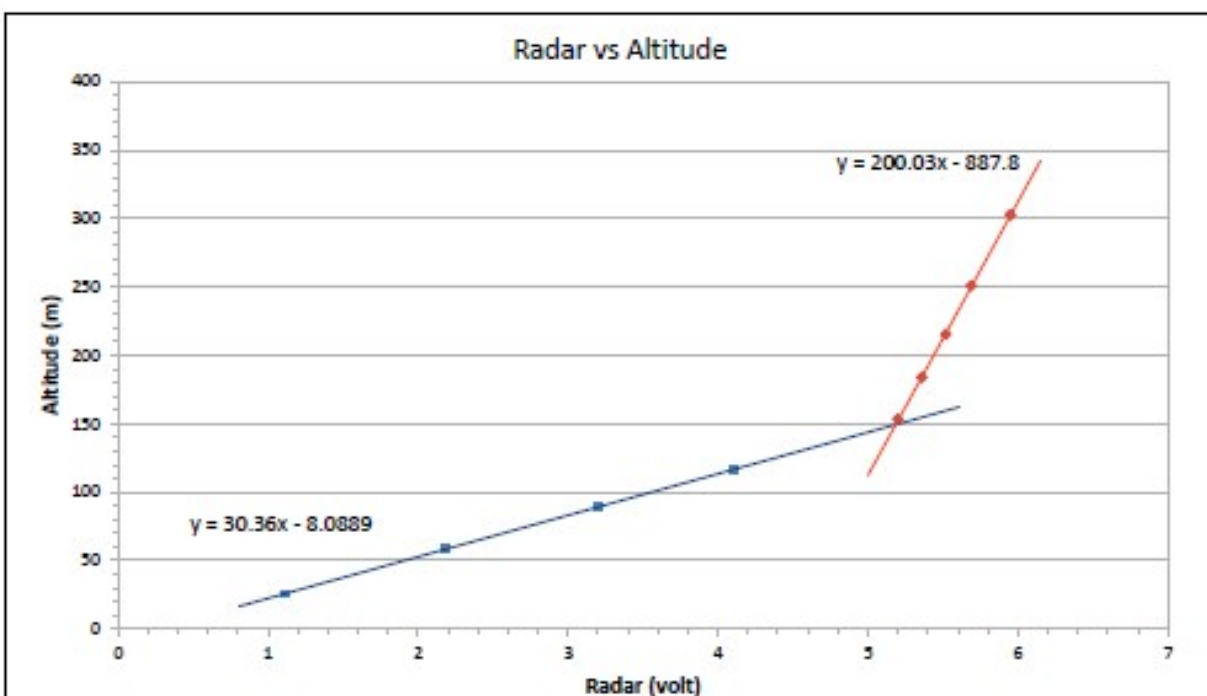
Location: St-Honoré, QC
 Pilot: Philippe G.
 Operator: Pierre F.

Date: 10-Jul-16
 Aircraft: C-FVTL
 Compiled by: Carlos Cortada

Antenna Height (m): 2.0

Terrain clearance (ft)	Radar raw (volt)	Zgps (m)	Topo (m)	Altitude (Zgps-Topo) (m)
100	1.11	189.45	161.95	25.50
200	2.19	222.07	161.54	58.53
300	3.21	253.79	162.33	89.46
400	4.11	280.36	161.78	116.58
500	5.20	317.04	161.80	153.24
600	5.36	348.20	162.41	183.79
800	5.52	379.32	162.04	215.28
1000	5.69	414.99	162.08	250.91
1200	5.95	465.97	161.36	302.61

radar(m)= 30.360 x (volt) - 8.089 Intercept point= 5.18 volt
 radar(m)= 200.029 x (volt) - 887.796 149.324 m



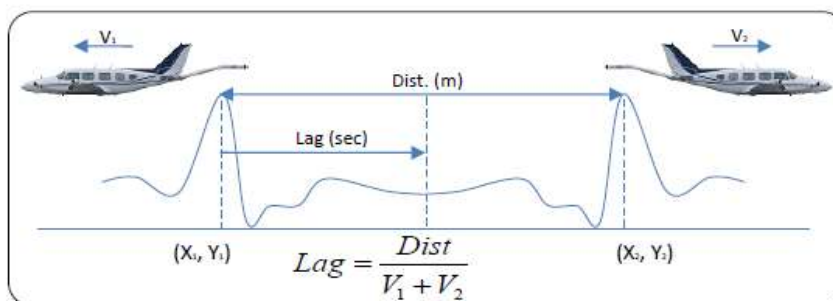


Lag Test

Geo Data Solutions GDS Inc.

Location: Puvirnituk, QC
 Date: 28-Aug-16
 Compile: Carlos Cortada

Aircraft: C-FVTL
 Configuration: Stinger
 Apply Tail Lag: +0.7



Line Dir	Fiducial (sec)	X (m)	Y (m)	Z (m)	Mag Field (nT)	Vx (m/s)	Vy (m/s)	Speed (m/s)
A) West	50547.40	383823.37	6653163.87	122.76	59699.616	89.94	-1.92	89.96
B) East	69181.00	383937.59	6653154.39	127.85	59663.410	-70.10	1.87	70.12

Passes dist.= 6.00 m
 Ave Speed = 80.04 m/s
 Distance = 114.46 m
 Tail Lag = +0.71 sec

Line Dir	Fiducial (sec)	X (m)	Y (m)	Z (m)	Mag Field (nT)	Vx (m/s)	Vy (m/s)	Speed (m/s)
A) West	49302.60	383834.94	6653159.53	126.84	59653.106	79.49	-2.75	79.54
B) East	64724.75	383941.52	6653158.28	133.44	59624.241	-74.20	2.33	74.24

Passes dist.= 0.00 m
 Ave Speed = 76.89 m/s
 Distance = 106.59 m
 Tail Lag = +0.69 sec

ANNEXE C

TESTS ET ÉTALONNAGE

C-FLRB

**AEROMAGNETIC SURVEY SYSTEM CALIBRATION TEST RANGES
AT MOREWOOD, ONTARIO; MEANOOK, ALBERTA and BAKER LAKE, NUNAVUT**

AIRCRAFT TYPE AND REGISTRATION: Kingair C-FLRB

ORGANIZATION (COMPANY): Geo Data Solutions GDS Inc.

MAGNETOMETER TYPE: Geometrics, Cs G-822A

MAGNETOMETER SERIAL NUMBER:

COMPILED BY: Carlos Cortada

SITE AND DATE: Morewood 8-Nov-16

HEIGHT FLOWN: 1500 feet

SAMPLING RATE: 10.0 /sec

DATA ACQUISITION SYSTEM: RMS DAARC500

GSC 12/2015

Direction of flight across the intersection point	Time that Survey Aircraft was over the intersection point Greenwich Mean Time	Total Field Value Recorded in Survey Aircraft over intersection point	Observatory Diurnal Reading at Previous Hours + Minutes	Observatory Diurnal Reading at Subsequent Minute i.e. H hours + (M + 1) mins.	Interpolated Observatory Diurnal Reading at Time H hours + M mins + S sec	Calculated Observatory Value C = 640.1	Error Value
North	17:25:47.0	T1 (nT) 53693.7	T2 (nT) 54332.9	T3 (nT) 54332.9	T4 (nT) 54332.9	T5=T4-C* (nT) 53692.8	T6=T4-T5 (nT) 0.9
South	17:29:25.0	53691.7	54332.4	54332.4	54332.4	53692.3	-0.6
East	17:43:33.0	53692.1	54332.8	54332.8	54332.8	53692.8	-0.7
West	17:47:12.0	53692.9	54333.0	54333.0	54333.0	53692.9	0.0
North	17:33:16.0	53693.3	54333.0	54333.0	54333.0	53692.9	0.4
South	17:36:44.0	53691.8	54332.6	54332.6	54332.6	53692.5	-0.8
East	17:50:19.0	53693.1	54333.4	54333.4	54333.4	53693.3	-0.2
West	17:53:47.0	53693.2	54333.4	54333.4	54333.4	53693.3	-0.1

*C is the difference in the total field between the Blackburn, Meanook or Baker L. observatories (O) and the value (B) at the test site intersection point above the designated height

Ottawa(O)/Morewood(B), Ontario: 1500 Feet, C = (O-B) = 640.1 nT

Meanook(O)/Meanook(B), Alberta: 1000 Feet, C = (O-B) = 0 nT

Baker Lake(O)/ Baker Lake(B), Nunavut: 1000 Feet, C = (O-B) = 75 nT

Total: -1.1235 nT

Average North-South Heading Error (T6 North - T6 South): 1.3331 nT

Average East-West Heading Error (T6 East - T6 West): -0.3815 nT

Number of Passes for Average: 8

Ave: -0.1404 nT

The completed document must be forwarded to the GSC Project Leader prior to the start of field operations and a copy must be attached to the next weekly report.



FOM Test

Geo Data Solutions GDS Inc.

Location: Lac St-Jean, QC
 Pilot: Emanuel
 Operator: Francois
 Compiled by: Carlos

Date: 8-Nov-16
 Aircraft: C-FLRB
 Configuration: Stinger
 Altitude: 3000m

Sensor3 - Tail Stinger

North (360°)	Fid range	Uncompensated mag (nT)	Compensated mag (nT)	Improv. Ratio
PITCH	56441.2 to 56446.7	0.641	0.128	5.008
ROLL	56456.3 to 56462.3	0.954	0.055	17.345
YAW	56472.7 to 56479.4	0.245	0.105	2.333
TOTAL		1.840	0.288	6.389

East (90°)	Fid range	Uncompensated mag (nT)	Compensated mag (nT)	Improv. Ratio
PITCH	56538.6 to 56543.8	0.582	0.080	7.275
ROLL	56552.4 to 56558.9	1.441	0.049	29.408
YAW	56570.4 to 56577.7	0.355	0.164	2.165
TOTAL		2.378	0.293	8.116

South (180°)	Fid range	Uncompensated mag (nT)	Compensated mag (nT)	Improv. Ratio
PITCH	56633.4 to 56639.2	0.786	0.040	19.650
ROLL	56651.5 to 56656.6	0.646	0.073	8.849
YAW	56666.6 to 56673.6	0.194	0.153	1.268
TOTAL		1.626	0.266	6.113

West (270°)	Fid range	Uncompensated mag (nT)	Compensated mag (nT)	Improv. Ratio
PITCH	56727.8 to 56733.3	0.352	0.099	3.556
ROLL	56745.5 to 56750.5	0.316	0.057	5.544
YAW	56763.9 to 56772.9	0.216	0.070	3.086
TOTAL		0.884	0.226	3.912

Uncomp. mag (nT)	Comp. Mag (nT)	Improv. Ratio
6.728	1.073	6.270



ALTIMETER CALIBRATION

Geo Data Solutions GDS Inc.

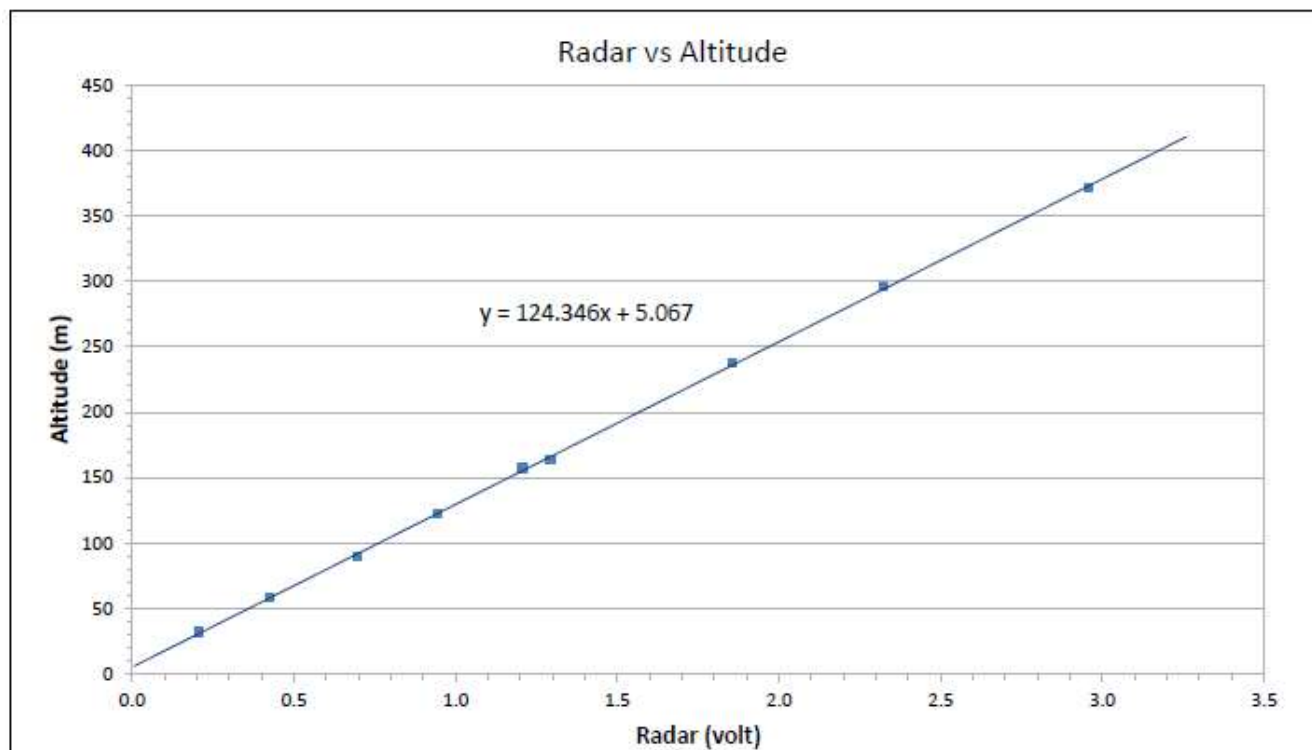
Location: Radisson, QC
Pilot: Manuel Gagne
Operator: Jean-Yves B.

Date: 30-oct-15
Aircraft: C-FLRB
Compiled by: Carlos Cortada

Antenna Height (m): 0.5

Terrain clearance (ft)	Radar raw (volt)	Zgps (m)	Topo (m)	Altitude (m)
100	0.21	212.58	179.95	32.13
200	0.43	244.44	185.84	58.10
300	0.70	271.28	180.72	90.06
400	0.95	308.45	186.05	121.90
500	1.21	342.48	184.66	157.32
550	1.30	346.18	182.25	163.43
800	1.86	421.46	183.25	237.71
1000	2.32	483.87	187.86	295.51
1200	2.96	555.32	183.17	371.65

radar(m)= 124.346 x (volt) + 5.067



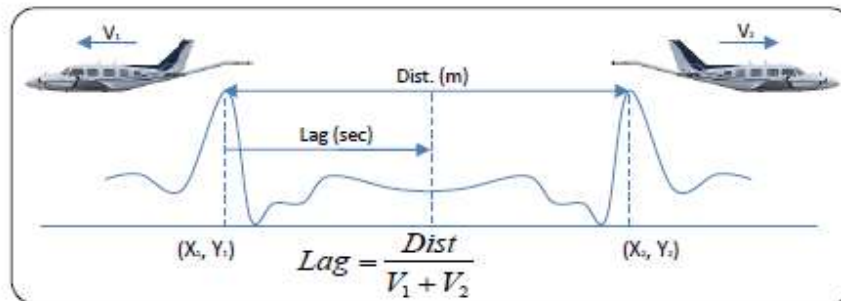


Lag Test

Geo Data Solutions GDS Inc.

Location: Radisson Block
 Date: 13-Nov-15
 Compile: Carlos Cortada

Aircraft: C-FLRB
 Configuration: Stinger
 Apply Tail Lag: +0.6



Line Dir	Fiducial (sec)	X (m)	Y (m)	Z (m)	Mag Field (nT)	Vx (m/s)	Vy (m/s)	Speed (m/s)
A) North	57059.90	418380.18	6167946.68	383.56	57691.098	-0.16	-85.39	85.39
B) South	57953.40	418387.15	6167843.96	399.80	57665.181	1.80	85.25	85.27

Passes dist.= 0.00 m
 Ave Speed = 85.33 m/s
 Distance = 102.96 m
 Tail Lag = +0.60 sec

Line Dir	Fiducial (sec)	X (m)	Y (m)	Z (m)	Mag Field (nT)	Vx (m/s)	Vy (m/s)	Speed (m/s)
A) North	57275.30	418727.95	6186143.41	409.18	57234.301	-0.86	-84.78	84.78
B) South	57731.50	418721.76	6186047.41	401.56	57245.554	1.52	77.23	77.24

Passes dist.= 0.00 m
 Ave Speed = 81.01 m/s
 Distance = 96.20 m
 Tail Lag = +0.59 sec

ANNEXE D

CARACTÉRISTIQUES DE L'ÉQUIPEMENT

Compensateur magnétique et système d'acquisition de données



Le RMS DAARC500 et son interface graphique

Système d'acquisition	C-FQQB	C-FVTL	C-FLRB
Manufacturier	RMS Instruments	RMS Instruments	RMS Instruments
Modèle	DAARC500	DAARC500	DAARC500
Synchronisation au GPS	Signal PPS	Signal PPS	Signal PPS
Compensateur magnétique	Intégré	Intégré	intégré

Le DAARC500 possède un système d'acquisition de données très flexible. Les instruments et senseurs externes, avec système de sortie digitale ou analogique, peuvent être connectés directement au DAARC500. L'instrument possède 8 sorties et entrées RS232 à haute vitesse et complètement isolées, 16 entrées analogiques différentielles et une entrée Ethernet haut débit.

Le système d'acquisition DAARC500 utilise une technique de traitement du signal très sophistiquée qui permet au système de compensation de recueillir les données de façon continue à partir du signal d'entrée, ce qui permet ainsi d'améliorer la solution pour obtenir une compensation optimale.

Les données reçues sont traitées en temps réel. Les données de sortie sont disponibles rapidement avec des fréquences aussi élevées que 40 Hz, 115,2 kbps via des ports séries, pour enregistrement sur mémoire USB, ou visible sur écran couleur de 6,5 po. En plus des données brutes et compensées, des sorties séries comprennent les composantes vectorielles triaxiales du champ magnétique, le nombre de fiducie et la quatrième différence du magnétomètre.

Le compensateur magnétique, inclus dans le système d'acquisition de données DAARC500 de RMS, utilise un magnétomètre tri-axial de type fluxgate. Ceux-ci permettent de suivre les manœuvres de l'avion par rapport au champ magnétique ambiant. En mode de calibration, les données de positionnement et les lectures du champ magnétique sont utilisées afin d'établir une solution comprenant environ 30 termes et permettant de compenser les mouvements de l'avion. Cette solution constitue un modèle mathématique qui décrit précisément les interférences magnétiques de l'avion en mouvement.

Magnétomètre en vol

Magnétomètre en vol	C-FQQB	C-FVTL	C-FLRB
Manufacturier	Geometrics	Geometrics	Geometrics
Type et Modèle	Cesium G-822A	Cesium G-822A	Cesium G-822A
Plage ambiante	20 000 - 100 000 nT	20 000 - 100 000 nT	20 000-100 000 nT
Sensibilité	± 0.003 nT	± 0.003 nT	± 0.003 nT
Précision absolue	± 10 nT	± 10 nT	± 10 nT
Enveloppe de bruit	0.10 nT	0.10 nT	0.10 nT
Taux d'échantillonnage	10 Hz	10 Hz	10 Hz
Erreur de cap	<2.0 nT	<2.0 nT	<2.0 nT

GDS utilise des magnétomètres constitués d'un capteur fabriqué par la firme **Geometrics**. Le sensor possède une gamme dynamique de 20 000 à 100 000 nanoTeslas (nT) et une enveloppe de bruit inférieure à 0,10 nT. Le taux d'échantillonnage du magnétomètre est de 10 lectures par seconde. Chaque sensor est incorporé à l'intérieur d'un rostre en kevlar fixé à la queue de l'aéronef.

Station de référence magnétique



	Station de base A	Station de base B
Manufacturier	GEM System inc	GEM System inc
Type	Overhauser	Overhauser
Modèle	GSM-19 avec GPS	GSM-19 avec GPS
Plage ambiante	20 000 - 120 000 nT	20 000 - 120 000 nT
Sensibilité	± 0.01 nT	± 0.01 nT
Intervalle d'échantillonnage	1 Hz	1 Hz
Enveloppe de bruit	0.10 nT	0.10 nT

Deux magnétomètres GSM-19 fabriqués par la firme GEM System sont utilisés. Ces instruments ont une gamme dynamique de 20 000 à 120 000 nT, une sensibilité de 0,01 nT et un niveau de bruit inférieur à 0,10 nT. Les lectures du champ magnétique total sont enregistrées de façon synchrone avec le magnétomètre de bord grâce à une référence temporelle provenant d'un GPS interne.

Système de positionnement GPS différentiel



Récepteur GPS	C-FQQB	C-FVTL	C-FLRB
Manufacturier GPS	Novatel	Novatel	Novatel
Modèle	DL-V3 Bi-fréquence	DL-V3 Bi-fréquence	DL-V3 Bi-fréquence
Fréquence	1 hertz	1 hertz	1 hertz
Numéro de série	NBV07400024	NBV07400024	NBV08350018
Nombre de canaux	12	12	12
Système différentiel	SBAS temps réel	SBAS temps réel	SBAS temps réel

Syst. de navigation	C-FQQB	C-FVTL	C-FLRB
Manufacturier	AGNAV	AGNAV	AGNAV
Modèle	Guia Linav	Guia Linav	Guia Linav
Numéro de série	15190706	15190706	15170803

Le système de navigation et de positionnement électronique comporte un récepteur GPS bi-fréquentiel (L1/L2) à 12 canaux de marque Novatel avec corrections SBAS (Satellite-Based Augmentation Systems) ainsi qu'un système de navigation 3D LiNav de Agnav. Ce système présente une résolution de 0,1 mètre et une erreur de localisation inférieure à 3 mètres. L'antenne GPS est fixée au cockpit ou sur la queue de l'avion.

Les coordonnées de chacun des coins de la zone à étudier (dans le système Longitude/Latitude) sont programmées dans le système de navigation 3D LiNav (AGNAV) de l'avion. Ce système permet de guider le pilote le long des lignes de vol ainsi que sur la surface de vol prédéfinie.

Toutes les données provenant du récepteur GPS sont corrigées de façon différentielle après vol grâce aux données enregistrées à la station de base GPS Novatel DL-V3 installée près de la base d'opération. Le logiciel Waypoint GrafNav, spécialement conçu par le fabricant, permet de traiter quotidiennement les données de positionnement. Le contrôle de la qualité du plan de vol est accompli avec le logiciel Geosoft Montaj pour s'assurer du respect des normes spécifiées dans l'appel d'offres.

Altimètre radar

Altimètre radar	C-FQQB	C-FVTL	C-FLRB
Manufacturier	Rockwell Collins	Rockwell Collins	Free Flight
Modèle	ALT-55B	ALT-55B	TRA-3000
Gamme dynamique	0 à 930 m	0 à 930 m	0 à 800 m
Précision	2%	2%	5%
Taux d'échantillonnage	1 Hz	1 Hz	1 Hz
Température	-54° +71°C	-54° +71°C	-40° +70°C

Un altimètre radar à haute résolution avec gamme dynamique de 0 à plus de 800 mètres, précision de 2% ou 5% et sensibilité de 4 millivolts par pied est utilisé. Les données altimétriques sont enregistrées sous forme digitale avec un taux d'échantillonnage de 1 lecture par seconde. Le tableau ci-haut présente ses caractéristiques techniques.

Altimètre barométrique (avec capteur de température extérieure)

Altimètre barométrique	C-FQQB	C-FVTL	C-FLRB
Manufacturier	Honeywell	Honeywell	Honeywell
Modèle	PPT0020AWN2VA-C	PPT0020AWN2VA-C	PPT0020AWN2VA-C
Gamme de pression	0 to 500 psi	0 to 500 psi	0 to 500 psi
Sensibilité	3 mV/m	3 mV/m	3 mV/m
Capteur de température	-40° +85°C	-40° +85°C	-40° +85°C
Taux d'échantillonnage	1 Hz	1 Hz	1 Hz
Résolution	0.02%	0.02%	0.02%

Un altimètre barométrique de marque Honeywell, model PPT avec gamme dynamique située entre le niveau de la mer et 6 000 mètres complète le système altimétrique de l'aéronef. L'intervalle d'échantillonnage du baromètre est de 1 lecture par seconde. Le tableau ci-haut décrit l'altimètre barométrique à sortie digitale installé dans l'aéronef.

Système vidéo



Caméra et enregistreur numériques Samsung

Caméra vidéo	C-FQQB	C-FVTL	C-FLRB
Manufacturier	Samsung	Samsung	Samsung
Modèle	SNB-7002N	SDC-415	SNB-7002
Installation	Verticale	Verticale	Verticale

Enregistreur numérique	C-FQQB	C-FVTL	C-FLRB
Manufacturier	Samsung	Archos	Samsung
Modèle	SRN-470DN	Internet tablet 5	SRN-470D

Une caméra vidéo couleur et un système d'enregistrement numérique filment la trajectoire de vol sous l'avion. Cette caméra avec objectif à grand-angle et posemètre automatique assure une bonne mise au point sans nécessiter d'ajustements de la part de l'opérateur.

La caméra vidéo enregistre sur chacune des images les données suivantes en format alphanumérique : la date, l'heure et la position de l'avion en Latitude, Longitude et altitude. Le tableau suivant présente les spécifications techniques du système vidéo installé dans l'aéronef.