

GM 71776

Rapport logistique et technique, levé magnétique hélicoptère de très haute résolution sur le projet Camflo

Documents complémentaires

Additional Files



Licence



Licence

Cette première page a été ajoutée au document et ne fait pas partie du rapport tel que soumis par les auteurs.

Énergie et Ressources
naturelles

Québec 



RAPPORT LOGISTIQUE ET TECHNIQUE

*LEVÉ MAGNÉTIQUE HÉLIporté DE TRÈS HAUTE RÉOLUTION
NOVATEM G2*

*SUR LE PROJET **CAMFLO***

réalisé pour

MONARCH GOLD



Références Monarch :

Monarch Gold Corporation

68 avenue de la gare, bureau 205

Saint-Sauveur, Québec, Canada, J0R 1R0

Chef de projet : Louis Martin

Courriel: Louismartin196@gmail.com

Tél. : +1 705 288 0269

Références Novatem :

Novatem Inc.

1087 Chemin de la Montagne

Mont-Saint-Hilaire, Québec, Canada, J3G 4S6

Chef de projet : Pascal Mouge

Courriel : mouge@novatem.com

Tel : +1 514 966 8000

Période de réalisation du levé : juin 2020

Date de livraison des données et du rapport : juillet et septembre 2020

TABLE DES MATIÈRES

1	<u>INTRODUCTION</u>	3
2	<u>SPÉCIFICATIONS DU LEVÉ</u>	4
2.1	LOCALISATION DU LEVÉ	4
2.2	ÉTENDUE DU LEVÉ	6
2.3	PARAMÈTRES DE VOL ET D'ACQUISITION DES DONNÉES	6
2.3.1.	ESPACEMENT ET ORIENTATION DES LIGNES DE VOL	6
2.3.2.	HAUTEUR DE VOL AU-DESSUS DE L'EAU ET DU SOL	6
2.3.3.	VITESSE	6
2.3.4	TOLÉRANCES SUR LA NAVIGATION	6
2.3.5	TOLÉRANCE SUR LE NIVEAU DE BRUIT DES MESURES	7
2.3.6	TOLÉRANCE SUR LES VARIATIONS TEMPORELLES DU CHAMP MAGNÉTIQUE (DIURNE ET SPHÉRIQUES)	7
2.4	KILOMÉTRAGE	7
2.5	PLAN DE VOL THÉORIQUE ET LIGNES DE VOL RESTITUÉES À L'ISSUE DES VOLS	8
3	<u>TESTS ET CALIBRATIONS</u>	9
3.1	TESTS ET CALIBRATIONS DES INSTRUMENTS DE MESURES MAGNÉTIQUES	9
4	<u>LOGISTIQUE</u>	11
4.1	SERVICES GÉOPHYSIQUES ET LOGISTIQUES	11
4.2	BASE D'OPÉRATION ET STATIONS DE BASE	11
4.3	RESSOURCES HUMAINES AFFECTÉES AUX TRAVAUX GÉOPHYSIQUES	12
4.4	RESSOURCES HUMAINES AFFECTÉES AU PILOTAGE DES HÉLICOPTÈRES	12
4.5	CALENDRIER DES TRAVAUX	12
5	<u>INSTRUMENTATION</u>	13
5.1	AÉRONEF	13
5.2	MAGNÉTOMÈTRES	15
5.2.1	MAGNÉTOMÈTRE SCALAIRE EN VOL	15
5.2.2	MAGNÉTOMÈTRE VECTORIEL	15
5.2.3	STATION DE BASE MAGNÉTOMÉTRIQUE	15
5.3	SYSTÈME DE POSITIONNEMENT	16
5.3.1	NAVIGATION	16
5.3.2	SYSTEME DGPS EN VOL	17
5.3.3	STATION DE BASE DGPS	17
5.4	MESURES INERTIELLES ('INERTIAL MEASUREMENT UNIT')	17
5.5	SONDE BAROMÉTRIQUE	18
5.6	ALTIMÈTRE LASER	18
5.7	SYSTÈME D'ACQUISITION ET D'ENREGISTREMENT DES DONNÉES	18
5.9	CALCULATEURS DE TERRAIN	18
5.10	PIÈCES DE RECHANGE	19
6	<u>CONTRÔLES DE LA QUALITÉ DES DONNÉES</u>	19
6.1	CONTRÔLE DES SPÉCIFICATIONS DE VOL	19
7	<u>TRAITEMENTS DES DONNÉES</u>	20

7.1	CORRECTIONS DIFFÉRENTIELLES DU POSITIONNEMENT	20
7.2	TRAITEMENT DES DONNÉES MAGNÉTIQUES	20
7.2.1	RÉSUMÉ DES TRAITEMENTS APPLIQUÉS AUX MESURES MAGNÉTIQUES	20
7.2.2	COMPENSATION	20
7.2.3	CORRECTION DES VARIATIONS TEMPORELLES (VARIATIONS DIURNES)	21
7.2.4	CORRECTION DU RETARD INSTRUMENTAL (LAG)	21
7.2.5	NIVELLEMENT	21
7.2.6	IGRF 2020	21
7.2.7	RÉDUCTION AU POLE	21
7.2.8	CARTES DÉRIVÉES (GRADIENT VERTICAL, TILT, SIGNAL ANALYTIQUE)	21
8	<u>DONNÉES FINALES</u>	<u>22</u>
8.1	PRODUITS FINAUX DÉLIVRÉS	22
8.2	BASE DES DONNÉES MAGNÉTIQUES	23
9	<u>RÉFÉRENCES DU PROJET</u>	<u>24</u>
10	<u>ATTESTATION DE QUALIFICATION</u>	<u>25</u>
	<u>ANNEXES</u>	<u>26</u>
	ANNEXE A : PARAMÈTRES GÉODÉSQUES UTILISÉS DANS LES PROJECTIONS	26
	ANNEXE B : PARAMÈTRES DES GRILLES	27

LISTE DES FIGURES

<i>FIGURE 1 : HÉLICOPTÈRE ÉQUIPÉ, À L'AÉROPORT DE ROUYN-NORANDA</i>	3
<i>FIGURE 2 : LOCALISATION DU PROJET CAMFLO.</i>	4
<i>FIGURE 3 : LOCALISATION DU BLOC (EN BLEU), À 5KM À L'EST DE LA VILLE DE MALARTIC,</i>	5
<i>FIGURE 4 : LIGNES VOLÉES (PROJETÉES DANS LE SYSTÈME UTM ZONE 17N).</i>	8
<i>FIGURE 5 : DIMENSIONS DE L'HÉLICOPTÈRE G2</i>	13
<i>FIGURE 6 : SYSTÈME D'ACQUISITION ET DE NAVIGATION (SAMM) INSTALLÉ DANS L'HÉLICOPTÈRE</i>	16

LISTE DES TABLEAUX

<i>TABLEAU 1 : PÉRIMÈTRE ET SURFACE DU BLOC</i>	6
<i>TABLEAU 2 : PARAMÈTRES DE VOL UTILISÉS POUR LES DEUX BLOCS</i>	6
<i>TABLEAU 3 : KILOMÉTRAGE</i>	7
<i>TABLEAU 4 : NOVATEM'S SUPPLEMENTAL TYPE CERTIFICATE</i>	13
<i>TABLEAU 5 : SPÉCIFICATIONS DU MAGNÉTOMÈTRE EN VOL</i>	15
<i>TABLEAU 6 : SPÉCIFICATIONS DU MAGNÉTOMÈTRE VECTORIEL FLUXGATE</i>	15
<i>TABLEAU 7 : SPÉCIFICATIONS DU MAGNÉTOMÈTRE DE LA STATION SOL</i>	15
<i>TABLEAU 8 : SPÉCIFICATIONS DU SYSTÈME DGPS</i>	17
<i>TABLEAU 9 : SPÉCIFICATIONS DE LA STATION DE BASE DGPS</i>	17
<i>TABLEAU 10 : SPÉCIFICATIONS DU SYSTÈME DE MESURES INERTIELLES</i>	17
<i>TABLEAU 11 : SPÉCIFICATIONS DE L'ALTIMÈTRE LASER</i>	18
<i>TABLEAU 12 : PRODUITS LIVRÉS</i>	22
<i>TABLEAU 13 : CONTENU DE LA BASE DES DONNÉES MAGNÉTIQUES</i>	23
<i>TABLEAU 14 : PARAMÈTRES GÉODÉSQUES UTILISÉS DANS LES PROJECTIONS PLANES</i>	26
<i>TABLEAU 15 : PARAMÈTRES DES GRILLES POUR LE PROJET CAMFLO</i>	27

1 INTRODUCTION

Novatem Inc. a été mandatée par la compagnie Monarch Gold pour réaliser un levé hélicoptéré de mesures magnétiques de très haute résolution sur le projet Camflo, situé à environ 20 km l'ouest de l'aéroport de Val d'Or, en Abitibi. Novatem a réalisé le levé entre les 18 et 19 juin 2020. Ce rapport décrit la réalisation du levé qui totalise 416 km linéaires.

En réponse à la demande de Monarch Gold, Novatem a mis en œuvre son système hélicoptéré optimisé pour la très haute résolution, utilisant deux capteurs à pompage optique laser fournissant 1000 mesures par seconde (1000 Hz) montés en tête d'un hélicoptère léger Guimbal G2. L'instrumentation comprenait :

- Un "stinger", monté en-tête de l'hélicoptère, conçu et certifié par Novatem au Canada, avec l'aide de Bruno Guimbal, pour l'hélicoptère Guimbal G2;
- Un magnétomètre miniaturisé comprenant deux capteurs à pompage optique laser, fournissant 1000 mesures par seconde;
- Un système de positionnement utilisant un capteur Ublox ZED-F9P temps réel RTK multifréquences pouvant recevoir les constellations GPS, Glonass, Galileo et BeiDou.
- Un altimètre laser fabriqué par MDL mesurant la hauteur de l'hélicoptère au-dessus du sol avec une précision centimétrique;
- Un système d'acquisition et de compensation des mesures magnétiques SAMM, développé par Novatem pour la très haute résolution, utilisant une centrale inertielle et un magnétomètre trois composantes à vanne de flux fabriqué par Billingsley et des algorithmes d'inversion très performants pour le calcul des coefficients;
- Un système de navigation le long « d'une surface drapée » développé par Novatem, permettant de suivre une surface de vol continue, calculée à l'avance, et donc de minimiser les écarts aux intersections des lignes de vol et des lignes de contrôle.

Novatem était associée pour ce projet avec la compagnie Synergy Aviation basée à Edmonton (Alberta).

Ce rapport décrit le déroulement des opérations lors du levé, les équipements utilisés, les modes opératoires de l'acquisition et résume le traitement des données.



Figure 1 : Hélicoptère équipé, à l'aéroport de Rouyn-Noranda

2 SPÉCIFICATIONS DU LEVÉ

2.1 LOCALISATION DU LEVÉ

Le projet Camflo est situé en Abitibi, à 5km à l'est de la ville de Malartic.

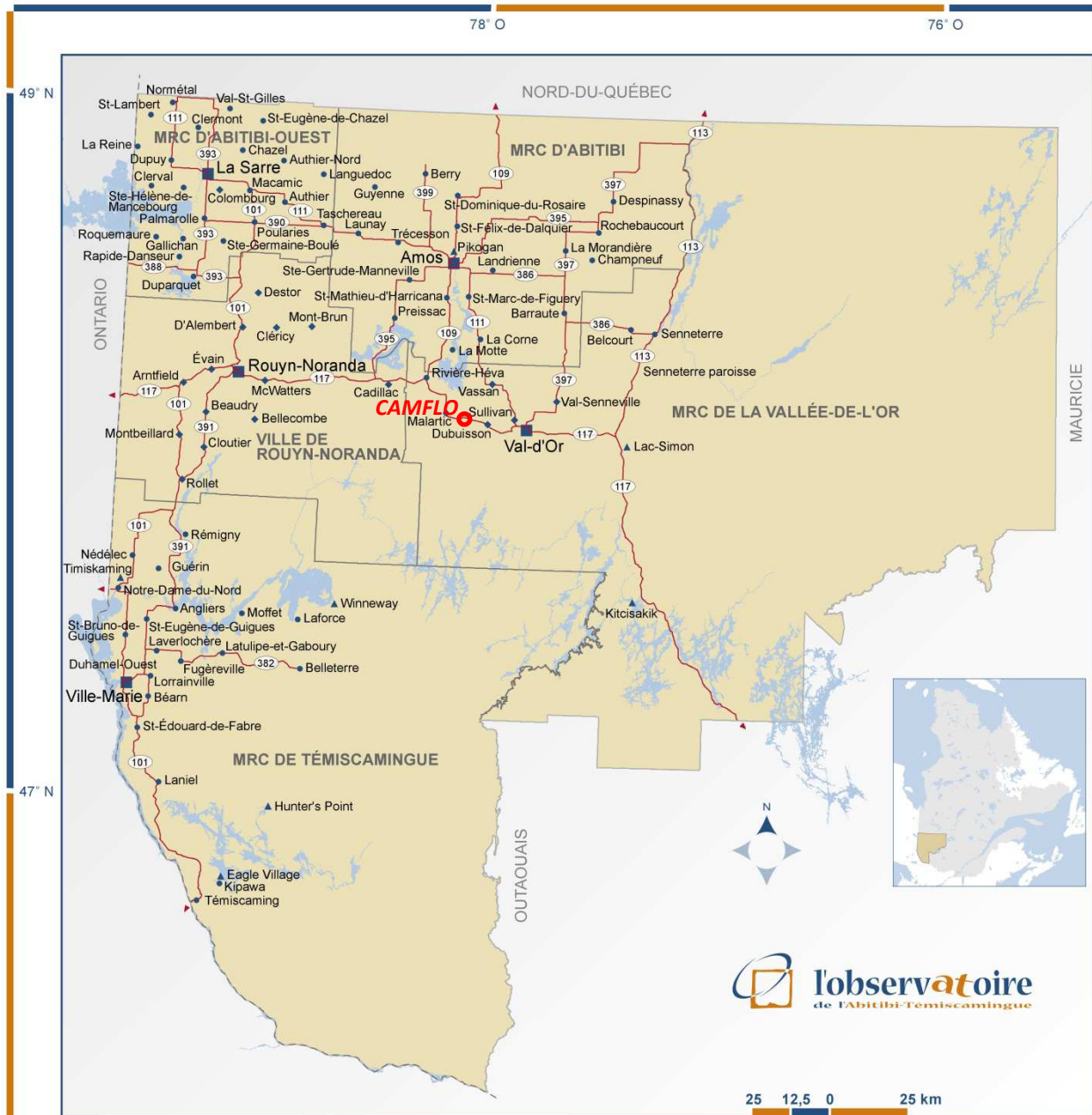


Figure 2 : localisation du projet Camflo.

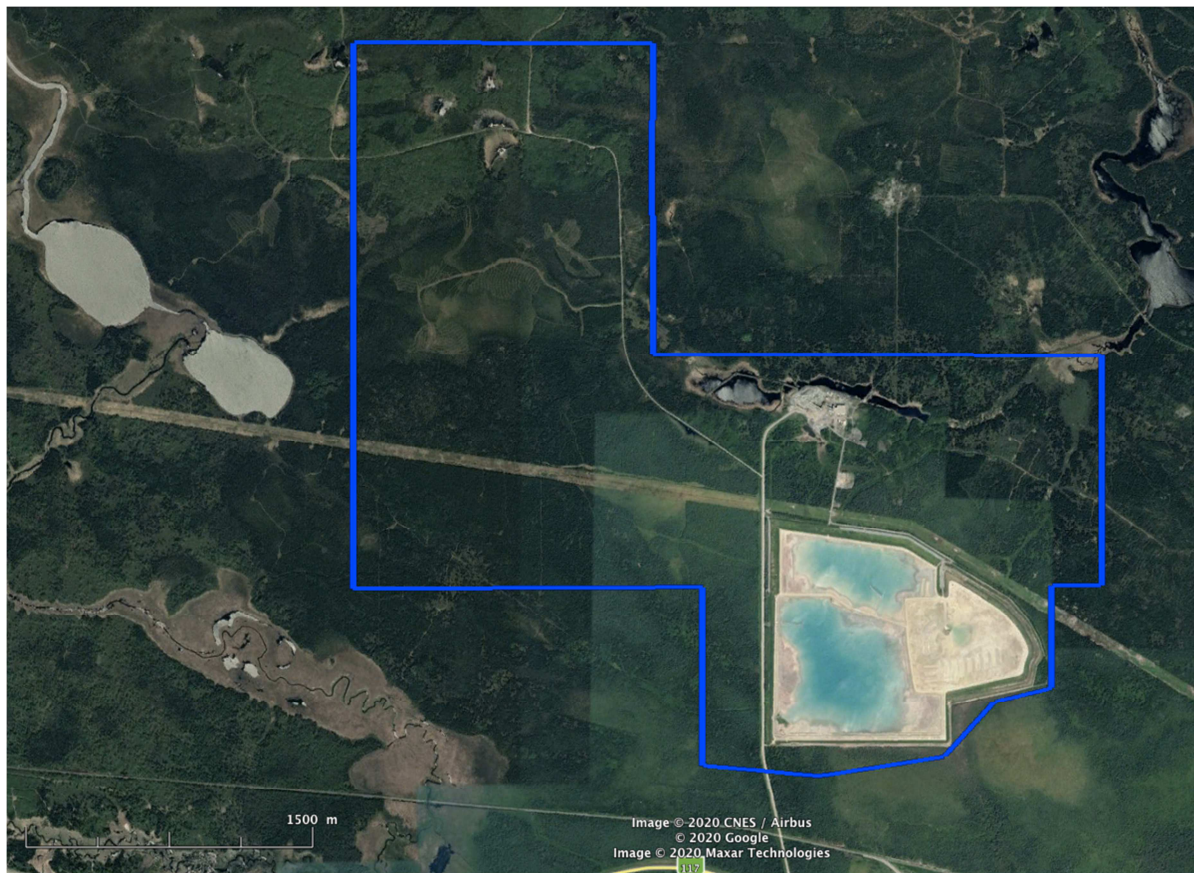
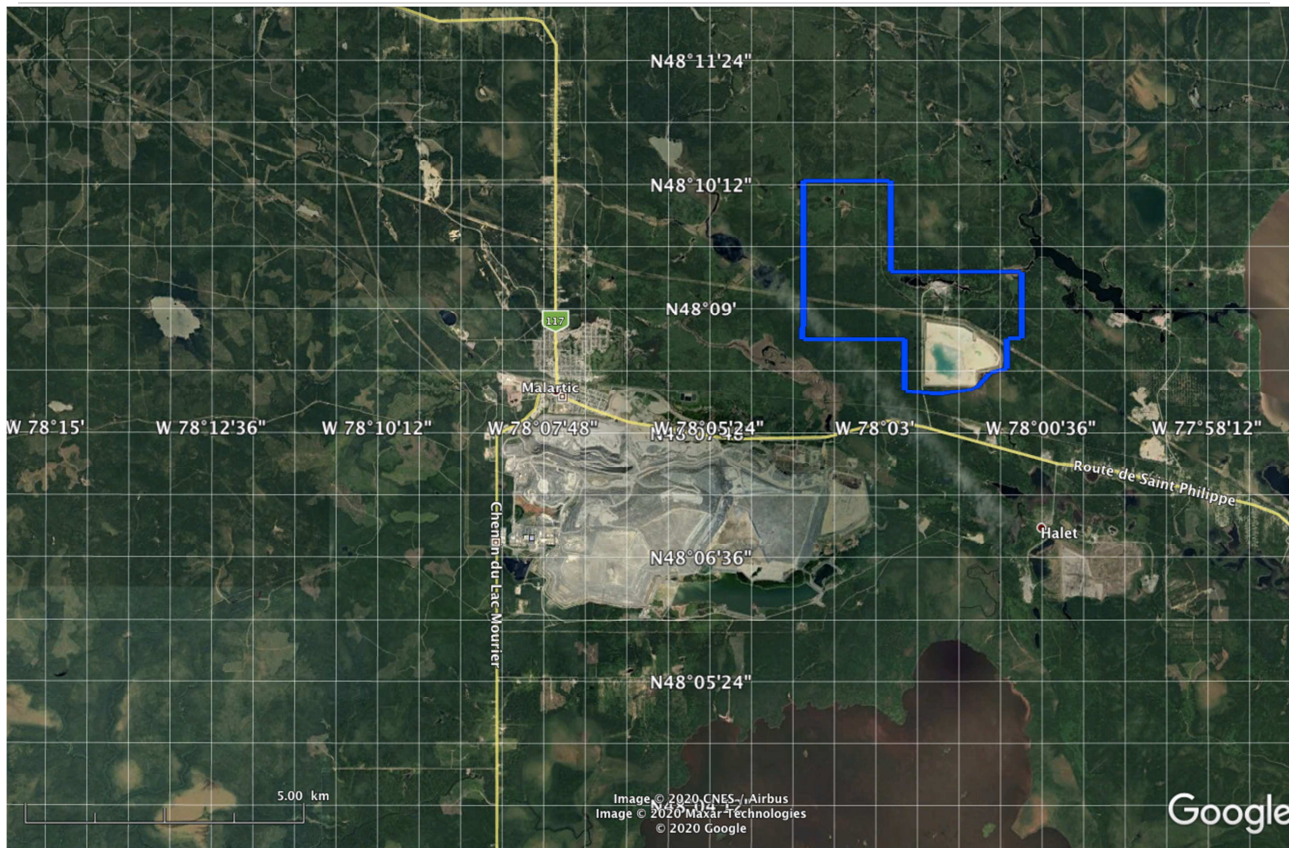


Figure 3 : Localisation du bloc (en bleu), à 5km à l'est de la ville de Malartic, sur fond d'image satellite (Google Earth)

2.2 ÉTENDUE DU LEVÉ

Le bloc a la particularité d'être recoupé par une ligne électrique dirigée approximativement EW. Un bassin de sédimentation est également présent dans le quart sud-est du bloc.

L'étendue du projet est résumée ici à l'aide du périmètre et de l'aire, mesurés en coordonnées géographiques, converties à partir des coordonnées fournies par Monarch Gold:

Bloc	Périmètre	Aire
Camflo	15,1 km	8,84 km ² = 884 hectares

Tableau 1 : Périmètre et surface du bloc

2.3 PARAMÈTRES DE VOL ET D'ACQUISITION DES DONNÉES

2.3.1. ESPACEMENT ET ORIENTATION DES LIGNES DE VOL

Les paramètres de vol utilisés pour les deux blocs du projet sont résumés dans le tableau qui suit.

Paramètre	
Espacement entre les traverses à la latitude moyenne du levé	25 m
Direction des traverses	N 0° (N-S)
Espacement entre les lignes de contrôle	250 m
Direction des lignes de contrôle	N 90° (E-W)

Tableau 2 : Paramètres de vol utilisés pour les deux blocs

2.3.2. HAUTEUR DE VOL AU-DESSUS DE L'EAU ET DU SOL

Le levé a été réalisé en suivant une surface de vol la plus basse possible au-dessus de la végétation. La hauteur médiane au-dessus du sol est d'environ 18 m. Elle a été légèrement plus élevée au-dessus de la route Félix.

2.3.3. VITESSE

La vitesse moyenne de l'hélicoptère, mesurée sur l'ensemble du levé, était de 54 nœuds, soit 100 km/h (27.7 m/s).

Le pilote s'est efforcé de suivre les spécifications au mieux de ses possibilités. Ces paramètres ont pu varier temporairement, en fonction des conditions locales de vol (végétation, topographie et courants d'air principalement).

2.3.4 TOLÉRANCES SUR LA NAVIGATION

La déviation maximale, mesurée dans le plan horizontal est d'environ 5m. Toutefois ces valeurs ont pu être localement dépassées en fonction de la végétation, des habitations, des lignes électriques, etc.

2.3.5 TOLÉRANCE SUR LE NIVEAU DE BRUIT DES MESURES

Le niveau de bruit des mesures magnétiques brutes, mesuré sur l'écart type de la quatrième différence est d'environ 0.05 nT pour l'ensemble du levé.

2.3.6 TOLÉRANCE SUR LES VARIATIONS TEMPORELLES DU CHAMP MAGNÉTIQUE (DIURNE ET SPHÉRIQUES)

La déviation maximum à la station de base sur les variations temporelles du champ magnétique a toujours été inférieure à 1 nT crête à crête sur une période d'une minute et 0.5 nT crête à crête sur une période de 15 secondes. Les mesures ont été faites en continue, à la cadence d'une mesure par seconde, avec une extension d'au moins une heure de mesure avant et après chaque vol.

2.4 KILOMÉTRAGE

Le tableau qui suit donne le kilométrage du plan de vol, mesuré sur les coordonnées projetées.

<i>Bloc</i>	<i>Traverses</i>	<i>Lignes de contrôle</i>	<i>Total</i>
<i>Camflo</i>	381,0	35,0	416,0

Tableau 3 : Kilométrage

2.5 PLAN DE VOL THÉORIQUE ET LIGNES DE VOL RESTITUÉES À L'ISSUE DES VOLS

La figure 4 présente les lignes volées, espacées de 25m dans la direction NS et 250m dans la direction EW. Les déviations au plan de vol théorique résultent de la présence d'obstacles plus hauts sur quelques rares lignes de vol.

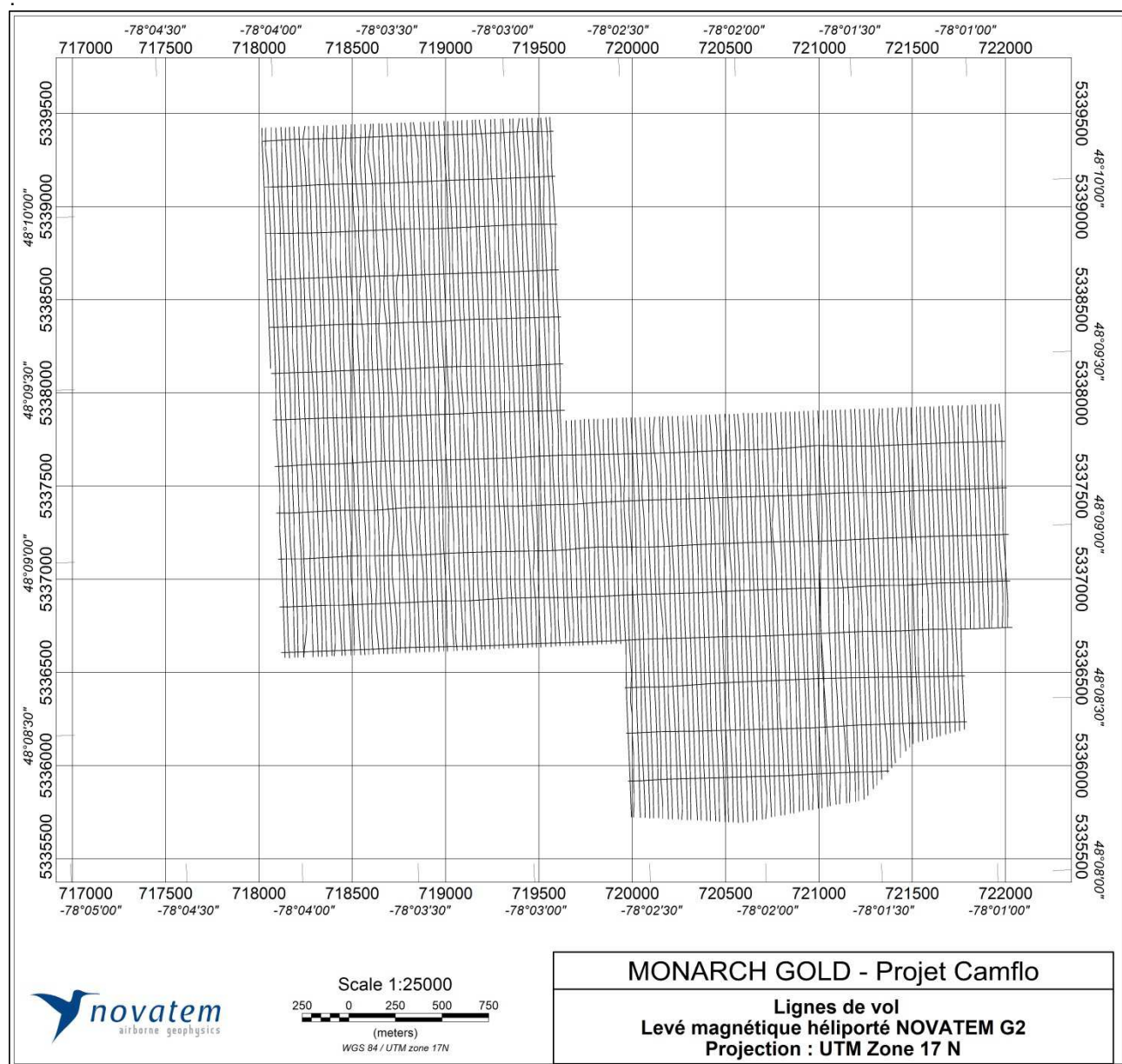


Figure 4 : Lignes volées (projetées dans le système UTM Zone 17N).

3 TESTS ET CALIBRATIONS

Tous les instruments, y compris ceux de rechange, ont été testés et calibrés avant la mobilisation. La configuration a ensuite été testée sur le lieu du levé. Les tests suivants ont été complétés avant le début des travaux et ont fait l'objet d'un rapport complémentaire compilant l'ensemble des résultats (*Rapport de Calibration*).

3.1 TESTS ET CALIBRATIONS DES INSTRUMENTS DE MESURES MAGNÉTIQUES

3.1.1. Test statique des stations magnétiques et du positionnement GPS

Des enregistrements des magnétomètres au sol et en vol ont été effectués pendant au moins 20 minutes. Les données magnétiques ont été enregistrées simultanément par les magnétomètres des stations de base et les magnétomètres embarqués dans l'hélicoptère, alors que l'hélicoptère était immobile au sol, et la station était à proximité de l'hélicoptère.

3.1.2. Test dynamique des systèmes embarqués

L'hélicoptère a volé une même ligne d'au moins 50 km et les données ont été comparées pour s'assurer que tous les systèmes produisent des résultats similaires. Cette ligne de comparaison a été effectuée au début du levé et répétée chaque fois que des modifications ont été apportées à l'hélicoptère.

3.1.3 Étalonnage des magnétomètres embarqués (Test de Morewood)

L'étalonnage du magnétomètre embarqué a été réalisé sur la nouvelle base d'étalonnage de la CGC, à Morewood (Ontario), au début et à la fin des opérations.

Cet étalonnage comprenait notamment une mesure de l'erreur de cap. L'hélicoptère a effectué au moins deux passages dans chaque direction nord, sud, est et ouest.

Les résultats de ces essais sont archivés sous le même format graphique que celui utilisé au cours de la production du levé, et sous le format numérique prévu pour archiver les données. La même précision (deux décimales) est utilisée pour les deux présentations. Les résultats des essais, ainsi que la couverture vidéo de la trajectoire de vol, ont été validés avant de se rendre sur la zone du levé.

Les valeurs du champ magnétique total enregistrées à l'observatoire d'Ottawa (Ontario) ont été utilisées comme référence pendant la durée de ces vols d'étalonnage.

3.1.4. Test de la navigation électronique (fait avec le test de Morewood)

Simultanément, un test de navigation électronique a été effectué. La qualité des mesures de positionnement DGPS du système embarqué a été validée par comparaison des mesures survolées au-dessus d'un point de mesure établi au sol.

3.1.5. Test de parallaxe

Les systèmes de synchronisation du temps et des enregistrements ont été vérifiés avant le début des opérations en survolant une source magnétique intense et isolée (un hangar métallique) dans des directions opposées et à la hauteur nominale du levé. Ce retard, s'il était observé, serait ensuite corrigé lors du traitement des données. Aucun retard n'a été observé ici.

3.1.6. Étalonnage de l'altimètre

L'altimètre laser utilisé pour ce levé ne nécessite aucune autre calibration que celle réalisée en laboratoire avant le départ pour le levé. Les hauteurs au-dessus du sol fournies par l'instrument sont donc des mesures absolues, ne nécessitant aucun autre traitement que la séparation des deux pulses, réfléchis respectivement par le sol et par le sommet des arbres.

3.1.7. Vol de calibration des perturbations magnétiques de l'hélicoptère à haute altitude (FOM)

La FOM de l'hélicoptère a été volée dès que les conditions météorologiques ont été favorables, à haute altitude, au-dessus d'une zone de faible gradient magnétique. La FOM comprenait: 3 roulis de $\pm 10^\circ$; 3 tangages de $\pm 5^\circ$; 3 lacets de $\pm 5^\circ$ et ce dans chaque direction des lignes de vol du levé, soit nord, sud, est et ouest. Chaque manœuvre a été effectuée sur une période d'au moins 45 secondes.

4 LOGISTIQUE

4.1 SERVICES GÉOPHYSIQUES ET LOGISTIQUES

Novatem Inc. a pris en charge les éléments suivants du projet :

- Obtention des autorisations de vol
- Mise à disposition du personnel qualifié nécessaire au bon déroulement du levé jusqu'à son terme
- Fourniture des équipements techniques nécessaires ainsi que des pièces de rechange pour réaliser le levé dans les meilleurs délais
- Fourniture de l'hélicoptère et du carburant
- Fourniture du gîte et du couvert des employés
- Maintenance et supervision du bon fonctionnement de l'hélicoptère
- Traitements préliminaires et contrôles de la qualité des données géophysiques sur le site
- Préparation et fourniture des produits préliminaires et finaux

4.2 BASE D'OPÉRATION ET STATIONS DE BASE

L'hélicoptère a réalisé la totalité de ses vols au départ de l'aéroport de Rouyn-Noranda.

Une base d'opération a été installée dans les locaux de la compagnie Globex, à Rouyn-Noranda. Cette base était équipée d'une connexion internet. Une liaison par téléphone était disponible durant toute la durée du levé avec le chef de mission d'une part et par radio télécommunication avec le pilote d'autre part. L'hélicoptère était par ailleurs équipé d'un système de communication et de suivi Spydertracks. Tous les outils nécessaires aux prétraitements des données étaient disponibles sur place.

Une station de base magnétique et GPS était installée à Rouyn Noranda sur le terrain d'une ancienne mine, isolé de toute perturbation anthropique. Le responsable technique de Novatem récupérait les données chaque jour. Le lieu d'implantation a été choisi selon les spécifications de Novatem : localisation loin des perturbations anthropiques et faible gradient local notamment. Ces mesures de validation ont été effectuées à l'aide de la station-sol (GSM 19).

Les coordonnées géographiques de la station de base magnétique et GPS, ainsi que la moyenne à la base sont les suivantes :

Longitude : 79.2955430 Ouest

Latitude : 48.2073677 Nord

Moyenne mesurée pendant la durée du levé : **55 468.59 nT**

4.3 RESSOURCES HUMAINES AFFECTÉES AUX TRAVAUX GÉOPHYSIQUES

Le personnel suivant était affecté aux prétraitements, aux contrôles de la qualité et aux traitements finaux des données de géophysique :

Gestionnaire du projet et responsable de la qualité des données : **Pascal Mouge, Geo., Ph. D.** Membre de l'Ordre des Géologues du Québec.

Gestionnaire et responsable de l'acquisition des données sur le terrain : **Pascal Mouge, Geo., Ph. D.** Membre de l'Ordre des Géologues du Québec.

Gestionnaire et responsable des équipements sur le terrain : **Morten Skovgaard, M.Sc.**

4.4 RESSOURCES HUMAINES AFFECTÉES AU PILOTAGE DES HÉLIPTÈRES

Le pilote ayant travaillé sur ce projet est titulaire d'un permis commercial valide pour les hélicoptères Guimbal G2, délivré par Transport Canada.

Chaque instrument était scruté en temps réel à l'aide d'indices de qualité : si la valeur d'un de ces indices passait en dessous des spécifications, le voyant correspondant passait du vert au rouge sur l'écran du pilote qui cessait immédiatement son vol et rentrait à sa base. Aucun incident n'est apparu durant ce projet.

La liste des pilotes pour ce projet est la suivante :

- **Steven Gubersky**, Commandant pour la compagnie Synergy Aviation Ltd.

4.5 CALENDRIER DES TRAVAUX

La production du projet Camflo dans sa totalité a débutée le **18 juin 2020** et s'est terminée le **19 juin 2020**. Les données préliminaires ont été produites sur le terrain au fur et à mesure de la progression du travail. Toutes les phases du levé, en particulier de planification et le suivi de la production ont été coordonnées avec le représentant du Client.

5 INSTRUMENTATION

5.1 AÉRONEF

Un **hélicoptère Guimbal G2** a été utilisé pour réaliser ce projet. L'hélicoptère était muni d'une perche magnétométrique (« stinger ») conçue par Novatem, validée par un STC délivré par Transport Canada.

<i>NOVATEM's Supplemental Type Certificate</i>	
<i>Approval to</i>	<i>NOVATEM Inc.</i>
<i>STC Number</i>	<i>SH20-14</i>
<i>Approval Date</i>	<i>May 01, 2020</i>
<i>Issue Date</i>	<i>May 01, 2020</i>
<i>Fleet Eligibility List</i>	
<i>Aircraft Type or Model</i>	<i>Hélicoptères Guimbal Cabri G2</i>
<i>Canadian type Certificate or Equivalent</i>	<i>H-113 (S/N 2 and subsequent)</i>
<i>Type Design change</i>	<i>Stinger installation – Structural Provisions</i>

Tableau 4 : Novatem's Supplemental Type Certificate

Il est important de mentionner que Novatem a bénéficié pour ces développements du soutien de la compagnie **Guimbal** et de son fondateur en particulier (**Bruno Guimbal**) qui en a assuré personnellement la supervision.

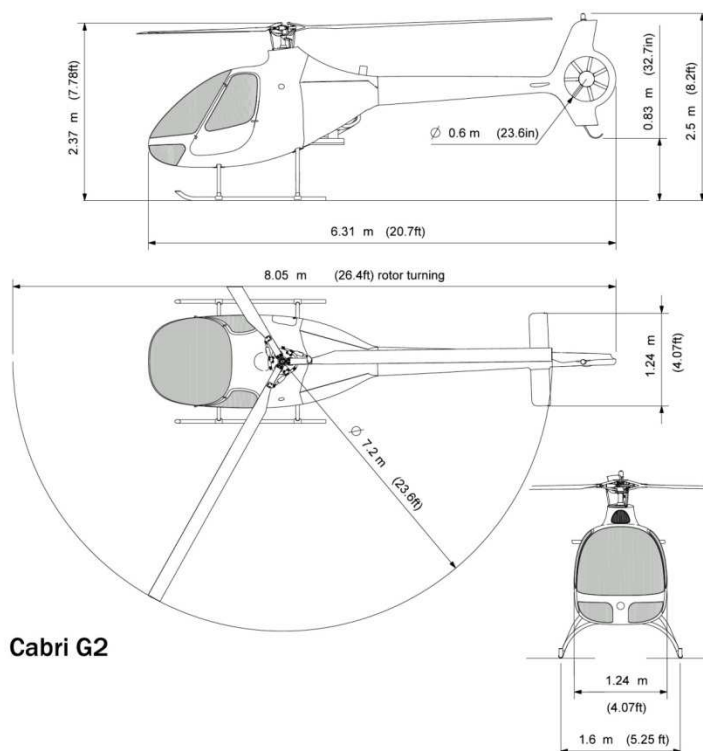


Figure 5 : Dimensions de l'hélicoptère G2

Les équipements de mesure géophysique montés à bord de l'hélicoptère pour cette campagne incluaient principalement :

- Deux capteurs magnétiques scalaires de très haute résolution à pompage optique laser (classifiés), montés à l'extrémité de la perche magnétométrique.
- Un capteur magnétique vectoriel fluxgate de très haute résolution, fabriqué par Billingsley, monté également à l'extrémité de la perche magnétométrique.
- Un système d'acquisition et de navigation « drapée » (SAMM) développé par Novatem, permettant de suivre une surface de vol continue, calculée à l'avance, et donc de minimiser les écarts aux intersections des traverses et des lignes de contrôle;
- Un système de mesure des angles d'attitude (Inertial Measurement Unit), fabriqué par Microstrain, pour la compensation magnétique;
- Un système de compensation développé par Novatem pour la très haute résolution utilisant conjointement les composantes fournies par le magnétomètre vectoriel fluxgate, les angles mesurés par la centrale d'attitude, et des algorithmes d'inversion optimisés pour le calcul des coefficients;
- Un système de positionnement GPS différentiel double fréquence Novatel Propack. Ce système est précis en temps réel à un mètre dans le plan horizontal et un centimètre après corrections à l'aide des mesures de la station sol;
- Une station de base magnétométriques GEM GSM-19, équipée d'un senseur de haute résolution pour la correction des variations temporelles du champ magnétique externe;
- Une station de base DGPS utilisant un capteur Novatel similaire à celui embarqué à bord de l'hélicoptère pour le calcul des corrections différentielles de positionnement à l'aide du logiciel Waypoint GrafNav de Novatel.

Avant le début des opérations, les équipements ont tous été testés au sol afin d'assurer que les paramètres d'acquisition étaient dans les spécifications du contrat. Tout au long du projet, des contrôles qualité ont été réalisés quotidiennement sur les données.

5.2 MAGNÉTOMÈTRES

5.2.1 MAGNÉTOMÈTRE SCALAIRE EN VOL

La perche magnétométrique (stinger) était équipée de **deux** capteurs magnétométriques scalaires à pompage optique **laser** de vapeur de Césium (non radioactif), mesurant le champ total avec une sensibilité de 0.005 nT/√Hz. Les deux capteurs sont disposés perpendiculairement entre eux, de sorte que le champ est mesuré continûment, sans discontinuité (aucune 'zone morte' possible). Ces capteurs étant classifiés, les spécifications sont limitées aux caractéristiques techniques.

Spécifications	
Échantillonnage maximum	1000 Hz
Précision	0.1 nT
Sensibilité	0.005 nT/√Hz
Résolution	0.001nT
Fonctionnement	20 000 à 100 000 nT
Consommation électrique	5 W

Tableau 5 : Spécifications du magnétomètre en vol

5.2.2 MAGNÉTOMÈTRE VECTORIEL

Un capteur magnétique vectoriel fabriqué par Billingsley, mesurant les trois composantes du champ magnétique total était placé juste à l'arrière des capteurs scalaires. Ce magnétomètre de dernière génération à vanne de flux est le plus performant des magnétomètres vectoriels existants.

Spécifications	
Échantillonnage	125 Hz
Orthogonalité des axes	Meilleure que 0.2 degré
Précision	0.1 nT
Sensibilité	< 0.3 nT
Résolution	0.1nT
Fonctionnement	> 65 000 nT
'Heading error'	± 1 nT

Tableau 6 : Spécifications du magnétomètre vectoriel fluxgate

5.2.3 STATION DE BASE MAGNÉTOMÉTRIQUE

Une station de base magnétique GEM GSM19, équipée d'une carte d'acquisition et d'une antenne GPS a enregistré les variations du champ magnétique externe durant toute la période du levé. La station a été laissée fixe durant toute la durée des travaux (station de référence). La station était équipée d'une batterie résistante aux très basses températures, elle-même alimentée par un panneau solaire.

Spécifications	
Taux d'échantillonnage	1 Hz
Précision	0.2 nT
Résolution	0.01 nT

Tableau 7 : Spécifications du magnétomètre de la station sol

5.3 SYSTÈME DE POSITIONNEMENT

5.3.1 NAVIGATION

Un système d'acquisition et de navigation (SAMM, Système d'Acquisition de Mesures Magnétiques) développé par Novatem, spécifiquement pour les levés géophysiques hélicoptères de très haute résolution, a été utilisé. Le pilote disposait face à lui de toutes les informations nécessaires pour suivre ses lignes de vol et sa surface drapée. Le système fournit en outre au pilote des indices sur la qualité des mesures : si un au moins de ces indices passe au rouge, le pilote cesse immédiatement son vol et rentre à sa base.



Figure 6 : Système d'acquisition et de navigation (SAMM) installé dans l'hélicoptère

L'hélicoptère est par ailleurs suivi en temps réel depuis la base à l'aide d'un système de retransmission du positionnement par satellite Spysteracks.

5.3.2 SYSTEME DGPS EN VOL

Un système de positionnement GPS temps réel Ublox ZED-F9P RTK multifréquences a été utilisé pour le positionnement en vol et la synchronisation des données. Ce récepteur utilise les constellations GPS, Glonass, Galileo et BeiDou.

Spécifications	
Échantillonnage	10 Hz
Précision	1 cm
Précision avec correction RTK	1 mm
Bandes GNSS	L1A/A, L1OF, B1I, E1B/C, L2OF, L2C, B2I, E5b
RTK	Oui
Antenne	ANN-MB multi-bande
Précision du temps	20 ns
Plage de températures	-40°C à +85 °C

Tableau 8 : Spécifications du système DGPS

5.3.3 STATION DE BASE DGPS

Une station de base DGPS utilisant un capteur Novatel multifréquences similaire à celui embarqué à bord de l'hélicoptère a été installée à proximité immédiate du levé. Les positions différentielles sont recalculées après les vols à l'aide du logiciel Waypoint GrafNav de Novatel. À l'issue des traitements différentiels, une précision d'environ un centimètre est généralement observée.

Spécifications	
Échantillonnage	10 Hz
Précision après corrections	1 cm
Nombre de canaux	72
Réacquisition L1 0.5 s	0.5 s
Réacquisition L2 1 s	1 s
Précision du temps	20 ns
Plage de températures	-40°C à +75 °C

Tableau 9 : Spécifications de la station de base DGPS

5.4 MESURES INERTIELLES ('INERTIAL MEASUREMENT UNIT')

Une centrale inertielle Microstrain, a été utilisée pour la mesure des angles d'attitude (roulis, tangage et lacet) nécessaires à la correction des gradients magnétiques. Les trois angles d'attitude sont mesurés avec une très grande vitesse d'échantillonnage (entre 100 et 600Hz) puis ramenés à la même cadence que les autres mesures (10Hz).

Spécifications	
Échantillonnage	10 Hz (600Hz max)
Précision (roulis, tangage, lacet)	0.001 degré

Tableau 10 : Spécifications du système de mesures inertielles

5.5 SONDE BAROMÉTRIQUE

L'hélicoptère était muni d'une sonde de température et de pression fabriquée par Honeywell ayant une résolution respectivement de 0.1 °C et de 0.1 mbar.

5.6 ALTIMÈTRE LASER

L'hélicoptère était équipé d'un altimètre laser fabriqué par MDL, interfacé numériquement avec le système d'acquisition et le système de positionnement inertiel. Cet altimètre était placé directement sous le châssis de l'appareil pour un positionnement vertical optimum. La précision absolue du modèle utilisé est de 1cm. Il ne nécessite aucune calibration.

Spécifications	
Échantillonnage	10 Hz (100 Hz max)
Précision	1 cm
Résolution	1 mm
Couleur	904 nm (IR)
Divergence	0.3°

Tableau 11 : Spécifications de l'altimètre laser

5.7 SYSTÈME D'ACQUISITION ET D'ENREGISTREMENT DES DONNÉES

Un système d'acquisition développé par Novatem a été utilisé. Toutes les données sont synchronisées en temps réel avec le récepteur DGPS. Cette synchronisation est ensuite vérifiée après les vols par fusion des fichiers de chaque instrument. Les données sont enregistrées et sauvegardées à l'issue de chaque vol. Les données suivantes sont enregistrées :

- Numéro de ligne
- Temps GPS
- Fiduce
- Facteurs de qualité (GDOP, etc)
- Latitude, longitude, altitude DGPS (WGS84)
- Hauteur radar
- Angles d'attitude (roulis, tangage, lacet)
- Composantes du champ magnétique (X, Y, Z) mesurées par le fluxgate
- Surface drapée théorique (SRTM, 90m)
- Surface de vol réelle
- Mesures du champ magnétique total pour le capteur Césium
- Mesures du champ compensées en temps réel

Les mesures de la station sol et des coordonnées rectangulaires (UTM) sont intégrées lors des traitements préliminaires. Le retard instrumental du système d'acquisition est normalement inférieur à une fiduce (0.1s).

5.9 CALCULATEURS DE TERRAIN

Deux calculateurs (Apple et Toshiba) dédiés aux mesures de terrain ont servi à l'analyse de la qualité des données, au tracé de la navigation et des mesures brutes ainsi qu'à l'archivage immédiatement après les vols. Le contrôle de la qualité est fait quotidiennement et le rapport d'avancement et de production est mis à jour des dernières données. À l'issue des contrôles, les grilles préliminaires sont recalculées puis un tracé est produit à l'échelle de la compilation afin de s'assurer de la qualité des données magnétiques et de positionnement.

5.10 PIÈCES DE RECHANGE

Un jeu normal de pièces de rechange et d'instrumentation nécessaires au bon fonctionnement et à la vérification des appareils était disponible sur le terrain. Un jeu complet de pièces de rechange était disponible dans les locaux de Novatem, à Mont-Saint-Hilaire.

6 CONTRÔLES DE LA QUALITÉ DES DONNÉES

Pendant le levé, le contrôle de la qualité des données est effectué par le Chef des opérations sur le terrain. Les contrôles sur la qualité des données sont intégrés dans le processus normal d'acquisition et commencent dès l'établissement des plans de vol pour se terminer avec la livraison des produits finis au client.

Avant le levé, les contrôles servent à s'assurer notamment que :

- Les spécifications sont appropriées pour les cibles considérées
- Les spécifications sont sécuritaires pour le personnel et les équipements
- La navigation est sécuritaire compte tenu de la topographie et des conditions météorologiques locales
- Les équipements et les instruments sont conformes au cahier des charges (y compris pour les logiciels)
- Les pièces détachées et l'instrumentation sont en quantité suffisante pour réaliser le levé dans les délais attendus
- Les outils de maintenance et les pièces détachées de l'hélicoptère sont disponibles
- La maintenance des aéronefs sera faite dans des conditions sécuritaires et dans les meilleurs délais

En vol, les données sont analysées en temps réel. Le pilote est informé par des diodes lumineuses du bon fonctionnement des appareils afin qu'il puisse suspendre son vol et retourner à la base si nécessaire, où les modifications appropriées pourront être faites.

6.1 CONTRÔLE DES SPÉCIFICATIONS DE VOL

Après chaque vol, les données brutes sont inspectées afin de s'assurer d'une part de la qualité des données et d'autre part que toutes les données attendues sont présentes, puis sauvegardées sur un support indépendant et sécuritaire. Pour chaque vol, les traitements suivants sont réalisés sur le terrain :

- Reconstitution de la trajectoire de l'aéronef
- Contrôle de la trajectoire volée par rapport au plan théorique
- Détermination des lignes à revoler
- Vérification des données brutes de la station DGPS de référence

Les contrôles sont ensuite effectués en priorité, pour s'assurer de :

- L'espacement entre les points de mesure (vitesse de l'hélicoptère)
- La déviation de part et d'autre des lignes de vol
- La déviation des lignes de vol en altitude
- La continuité des profils
- Le niveau de bruit des données

On s'assure en particulier que chaque ligne de vol recoupe au moins deux lignes de contrôle et que les tronçons éventuels se rejoignent suivant un angle faible, sans discontinuité.

Toutes les données digitales sont fusionnées dans un fichier au format Geosoft. Les profils sont ensuite édités pour s'assurer que toutes les données attendues sont présentes et que leur qualité est conforme à la demande. Les données sont finalement archivées, traitées puis délivrées dans une base de données compatible avec les logiciels du client.

7 TRAITEMENTS DES DONNÉES

7.1 CORRECTIONS DIFFÉRENTIELLES DU POSITIONNEMENT

Les positions successives fournies par le système DGPS en coordonnées géographiques sont d'abord converties en coordonnées rectangulaires UTM lors des prétraitements afin de procéder au contrôle de la navigation.

À l'issue du levé, la première phase des traitements consiste à calculer les corrections différentielles à l'aide des données de la station de référence ou des stations locales lorsqu'elles sont disponibles.

Les corrections GPS différentielles sont calculées à l'aide du logiciel Waypoint de Novatel. Les positions de l'hélicoptère ont été recalculées en utilisant les données de la station de base GPS. En outre, des éphémérides précises et des données d'horloge ont été téléchargées pour toute la période du levé afin d'améliorer la précision des données de position recalculées.

7.2 TRAITEMENT DES DONNÉES MAGNÉTIQUES

7.2.1 RÉSUMÉ DES TRAITEMENTS APPLIQUÉS AUX MESURES MAGNÉTIQUES

Les données mesurées en vol sont éditées quotidiennement puis archivées dans une base de données *Geosoft Oasis Montaj*. Les profils sont ensuite dessinés et contrôlés. Les senseurs magnétiques scalaires et vectoriels étant placés très proches de l'antenne DGPS (passive), aucun décalage dans le positionnement n'est appliqué aux coordonnées DGPS. Les mesures magnétiques sont ensuite corrigées des perturbations dues à l'hélicoptère (compensation) à l'aide des informations vectorielles fournies par le Fluxgate et inertielles fournies par l'IMU. Les mesures compensées sont ensuite corrigées des variations du champ magnétique externe (variations diurnes principalement et pulsations si ces variations sont acceptables) à l'aide des mesures de la station de base magnétométrique. L'erreur directionnelle intrinsèque résiduelle de chaque magnétomètre (« heading error ») est recalculée très précisément et retranchée des mesures et ce pour chaque direction de vol. Enfin, une procédure de nivellement est appliquée, d'abord sur les lignes de contrôle, puis sur les lignes régulières, afin d'éliminer les erreurs résiduelles engendrées principalement par les variations de hauteur de l'hélicoptère.

7.2.2 COMPENSATION

Les bruits magnétiques de l'hélicoptère (aimantation induite, permanente et courants de Foucault) sont mesurés et corrigés en temps réel. Pour ce faire, un vol de calibration, obéissant à une géométrie précise et reproductible (FOM), a été réalisé par temps clair sans vent à très haute altitude, loin des perturbations magnétiques générées par la croûte terrestre. Un ensemble de coefficients a été calculé par inversion, sur la base du modèle physique des perturbations magnétiques de l'hélicoptère (le modèle est une combinaison linéaire de 18 termes, construits à partir des cosinus directeurs des angles d'orientation et du champ terrestre et des variations de gradients inhérents au déplacement du capteur dans le champ terrestre). L'inversion est faite séparément, sur chacune des quatre directions du levé. Un jeu de coefficients est donc obtenu pour chaque direction. Ces coefficients sont ensuite utilisés pour reconstruire le champ des perturbations magnétiques de l'hélicoptère à l'aide des angles d'attitude fournis par la centrale inertielle et le magnétomètre Fluxgate.

La FOM de l'hélicoptère (fabriqué en aluminium et matériaux composites) est inférieure à 1nT. Tous les résultats sont archivés dans le *Rapport de calibration*.

7.2.3 CORRECTION DES VARIATIONS TEMPORELLES (VARIATIONS DIURNES)

Les données mesurées à la station de base (1Hz) ont été éditées puis archivées dans un fichier ASCII, puis interpolées linéairement aux instants de l'acquisition en vol (10Hz). La station de base étant fixe et loin de toutes variations parasites artificielles, les variations enregistrées sont supposées représenter fidèlement les variations temporelles dues à l'activité solaire (variation diurne, pulsations, etc.).

La constante magnétique du lieu, estimée avec la moyenne de l'ensemble des enregistrements sur toute la durée du projet, sert de niveau de référence. Cette constante est retirée à l'ensemble des mesures de la station-sol pour obtenir le modèle des variations du champ magnétique externe.

7.2.4 CORRECTION DU RETARD INSTRUMENTAL (LAG)

Des erreurs résiduelles de positionnement, principalement engendrées par le "retard de temps" (lag) entre l'instant où la position est mesurée et celle où elle est assignée aux magnétomètres, peuvent engendrer un décalage systématique dans chacune des directions de vol. Les résultats des tests de « lag » conduits préalablement au levé ont montré que cet écart est toujours resté très minime, soit moins d'une fiduce, (moins de 0.1s). Cette correction n'est donc pas nécessaire avec le système G2.

7.2.5 NIVELLEMENT

Une procédure de nivellement, basée sur les différences observées à l'intersection des traverses et des lignes de contrôle a été appliquée, d'abord sur les lignes de contrôle puis sur les lignes régulières.

À chaque étape du nivellement, la table des intersections aux points de croisement est recalculée. Une vérification rigoureuse de la table est alors réalisée afin d'éliminer tout point d'intersection dont le gradient serait trop important, ce qui aurait pour conséquence d'altérer l'ensemble des données finales.

La procédure précédente (nivellement des lignes de contrôle puis des lignes régulières) est ensuite répétée selon une procédure itérative, jusqu'à convergence.

7.2.6 IGRF 2020

Les coefficients de l'IGRF-13, c'est à dire les coefficients de la 13^{ème} génération du modèle de l'IGRF (International Geomagnetic Reference Field) ont été utilisés pour produire le modèle du champ principal (IGRF 2020) pour le lieu et la date du levé. Ce modèle a ensuite été soustrait aux mesures pour obtenir les anomalies de l'intensité du champ magnétique total.

7.2.7 RÉDUCTION AU POLE

Les anomalies magnétiques ont été calculées en retranchant le modèle d'IGRF 2020 à l'intensité du champ magnétique total. La réduction au Pôle a été calculée par transformation de l'ensemble des données dans l'espace de Fourier à l'aide du programme LEMM de NOVATEM en supposant que toutes les anomalies avaient une origine induite. Les paramètres suivants ont été utilisés à la fois pour le champ principal inducteur et pour l'aimantation :

- Déclinaison = - 12,43 degrés
- Inclinaison = 72,45 degrés

7.2.8 CARTES DÉRIVÉES (GRADIENT VERTICAL, TILT, SIGNAL ANALYTIQUE)

Toutes les cartes dérivées (gradient vertical, tilt dérivative, signal analytique) ont été calculées par transformation de l'ensemble des données dans l'espace de Fourier à l'aide du programme LEMM de NOVATEM.

8 DONNÉES FINALES

8.1 PRODUITS FINAUX DÉLIVRÉS

Les produits finaux délivrés sont résumés dans le tableau suivant :

<i>Produits</i>	<i>Nom du produit</i>	<i>Données</i>
Base de données des mesures de positionnement et des valeurs de champ magnétique au format : - Geosoft (*.gdb)	- Camflo_Final.gdb	Données mesurées et traitées
Grilles finales au format : - Geosoft, (*.grd)	- champ_total.grd - anomalies.grd - reduction_au_pole.grd - gv.grd - tilt.grd - sa.grd	- Intensité du champ magnétique total - Anomalies (champ total - IGRF 2020) - Anomalies réduites au Pôle - 1 ^{ère} dérivée verticale (GV) - Tilt dérivative - Signal Analytique
Cartes finales au format : - jpeg avec habillage	- champ_total.jpg - anomalies.jpg - reduction_au_pole.grd - gv.jpg - tilt.jpg - sa.jpg	- Intensité du champ magnétique total - Anomalies (champ total - IGRF 2020) - Anomalies réduites au Pôle - 1 ^{ère} dérivée verticale (GV) - Tilt dérivative - Signal Analytique
Cartes finales au format : - geotiff sans habillage	- champ_total.tif - anomalies.tif - reduction_au_pole.tif - gv.tif - tilt.tif - sa.tif	- Intensité du champ magnétique total - Anomalies (champ total - IGRF 2020) - Anomalies réduites au Pôle - 1 ^{ère} dérivée verticale (GV) - Tilt dérivative - Signal Analytique
Rapport au format *.pdf		Logistique, traitements et documentation des produits

Tableau 12 : Produits livrés

8.2 BASE DES DONNÉES MAGNÉTIQUES

Les données ont été archivées dans le format Geosoft Oasis Montaj (fichier *.gdb). Les canaux dans ces fichiers sont les suivants :

	<i>Nom du champ</i>	<i>Description</i>	<i>Unité</i>
1	TIME_GPS	Temps GPS	seconde
2	TIME	Temps UTC	HH : MM : SS.SS
3	DATE	Date locale	AAAA/MM/JJ
4	DATETIME	Date et heure décimale	seconde
5	LON	Longitude GPS NAD83 corrigée différentielle	degré décimal
6	LAT	Latitude GPS NAD83 corrigée différentielle	degré décimal
7	X	Coordonnée X UTM NAD83 corrigée différentielle	mètre
8	Y	Coordonnée Y UTM NAD83 corrigée différentielle	mètre
9	ALT	Altitude GPS WGS84 corrigée différentielle	mètre ASL
10	H_LASER	Hauteur laser corrigée	mètre
11	DEM_LASER	Modèle numérique de terrain (ALT - H_LASER)	mètre
12	NBSAT	Nombre de satellites utilisés pour le positionnement	
13	H_DOP	Horizontal Dilution Of Precision (qualité du positionnement)	
14	FGX	Intensité de la composante X du champ magnétique	nanoTesla
15	FGY	Intensité de la composante Y du champ magnétique	nanoTesla
16	FGZ	Intensité de la composante Z du champ magnétique	nanoTesla
17	FGT	Intensité du champ magnétique total brut (fluxgate)	nanoTesla
18	MAGCOMP	Intensité du champ magnétique total compensé	nanoTesla
19	MAGBASE	Données brutes de la station de base	nanoTesla
20	MAGBASE_COR	MAGBASE – Constante à la station de base	nanoTesla
21	MAG_CORBASE	MAGCOMP corrigé des variations externes mesurées à la station de base	nanoTesla
22	MAGFINAL	Intensité du champ magnétique total corrigé du modèle de variations de la station de base, nivelé	nanoTesla
23	IGRF	IGRF 2020, calculé à l'altitude de l'hélicoptère et à la date des mesures	nanoTesla
24	DEC	Déclinaison du champ principal	degrés
25	INC	Inclinaison du champ principal	degrés
26	ANOMALIES	Anomalies de l'intensité du champ magnétique total (MAGFINAL - IGRF)	nanoTesla
27	GV	Première dérivée verticale (calculée sur la carte des anomalies)	nanoTesla / mètre
28	SA	Signal Analytique (calculé sur la carte des anomalies)	nanoTesla / mètre
29	Tilt Derivative	Arc tangente de (gradient vertical / gradient horizontal)	radian

Tableau 13 : Contenu de la base des données magnétiques

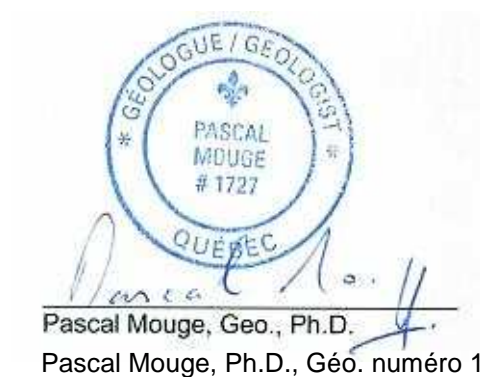
9 RÉFÉRENCES DU PROJET

<i>Références Client</i>	
Projet	<i>Camflo</i>
Adresse	<i>Monarch Gold Corporation</i> <i>68 avenue de la gare, bureau 205</i> <i>Saint-Sauveur, Québec, Canada, J0R 1R0</i>
Chef de projet	<i>Louis Martin</i>
Courriel	<i>Louismartin196@gmail.com</i>
Téléphone	<i>+1 705 288 0269</i>
<i>Références Novatem</i>	
Contrat	<i>C20127</i>
Adresse	<i>1087 Chemin de la Montagne</i> <i>Mont-Saint-Hilaire, Québec, Canada, J3G 4S6</i>
Chef de projet	<i>Pascal Mouge</i>
Courriel	<i>mouge@novatem.com</i>
Téléphone	<i>+1 514 966 8000</i>
<i>Projet</i>	
Localisation	<i>Région de Val d'Or, en Abitibi</i>
Méthode	<i>Levé héliporté magnétique de très haute résolution NOVATEM G2</i>
Période du levé	<i>Du 18 au 19 juin 2020</i>
Date de livraison des données et du rapport	<i>Juillet et Septembre 2020</i>
Gestionnaire du projet, responsable de la qualité des données, responsable de l'acquisition et du traitement des données	<i>Pascal Mouge, Ph.D., Géo.numéro 1727</i>
Pilote de l'hélicoptère	<i>Steven Gubersky, Commandant</i>

10 ATTESTATION DE QUALIFICATION

Je soussigné Pascal Mouge, certifie que :

- Je suis membre en règle de l'Ordre des Géologues du Québec
- Je suis titulaire d'un doctorat en géophysique, délivré par l'Institut de Physique du Globe de Paris
- Je travaille dans le domaine de la géophysique depuis 1985
- Je suis présentement Président de la compagnie Novatem
- J'ai supervisé et contribué activement au travail décrit dans ce rapport et déclare qu'il a été réalisé selon les règles et pratiques de l'industrie
- Les données livrées sont exactes et n'ont subi aucun traitement autre que ceux décrits au présent rapport



ANNEXES

ANNEXE A : PARAMÈTRES GÉODÉSQUES UTILISÉS DANS LES PROJECTIONS

Le tableau ci-dessous résume les paramètres géodésiques utilisés pour la projection plane. Ces paramètres ont été appliqués pour toutes les transformations de coordonnées.

Système de référence local:	WGS84
Ellipsoïde:	WGS84
Projection:	UTM
Zone:	17 N
Lat0, Lon0,	0, -81
Coordonnées de l'origine des abscisses	500 000
Coordonnées de l'origine des ordonnées	0
Facteur d'échelle:	0.9996
Rayon du grand axe	6 378 137
Inverse de l'aplatissement	298.25772
Méridien de référence	0

Tableau 14 : Paramètres géodésiques utilisés dans les projections planes

ANNEXE B : PARAMÈTRES DES GRILLES

Les tableaux suivant résumant les paramètres des grilles :

Type des valeurs	DOUBLE
Séparation entre deux points le long de l'axe X, en m:	6.25
Séparation entre deux points le long de l'axe Y, en m:	6.25
Nombre de points le long de l'axe X :	640
Nombre de points le long de l'axe Y:	606
Origine de la grille (min X, min Y):	X = 718 018,75 Y = 5 335 693,75
Système de coordonnées planes	WGS 84 / UTM zone 17 N
Azimut des colonnes:	0

Tableau 15 : Paramètres des grilles pour le projet Camflo

