

Appendice A - Site Location Photos

(commence à la page suivante)

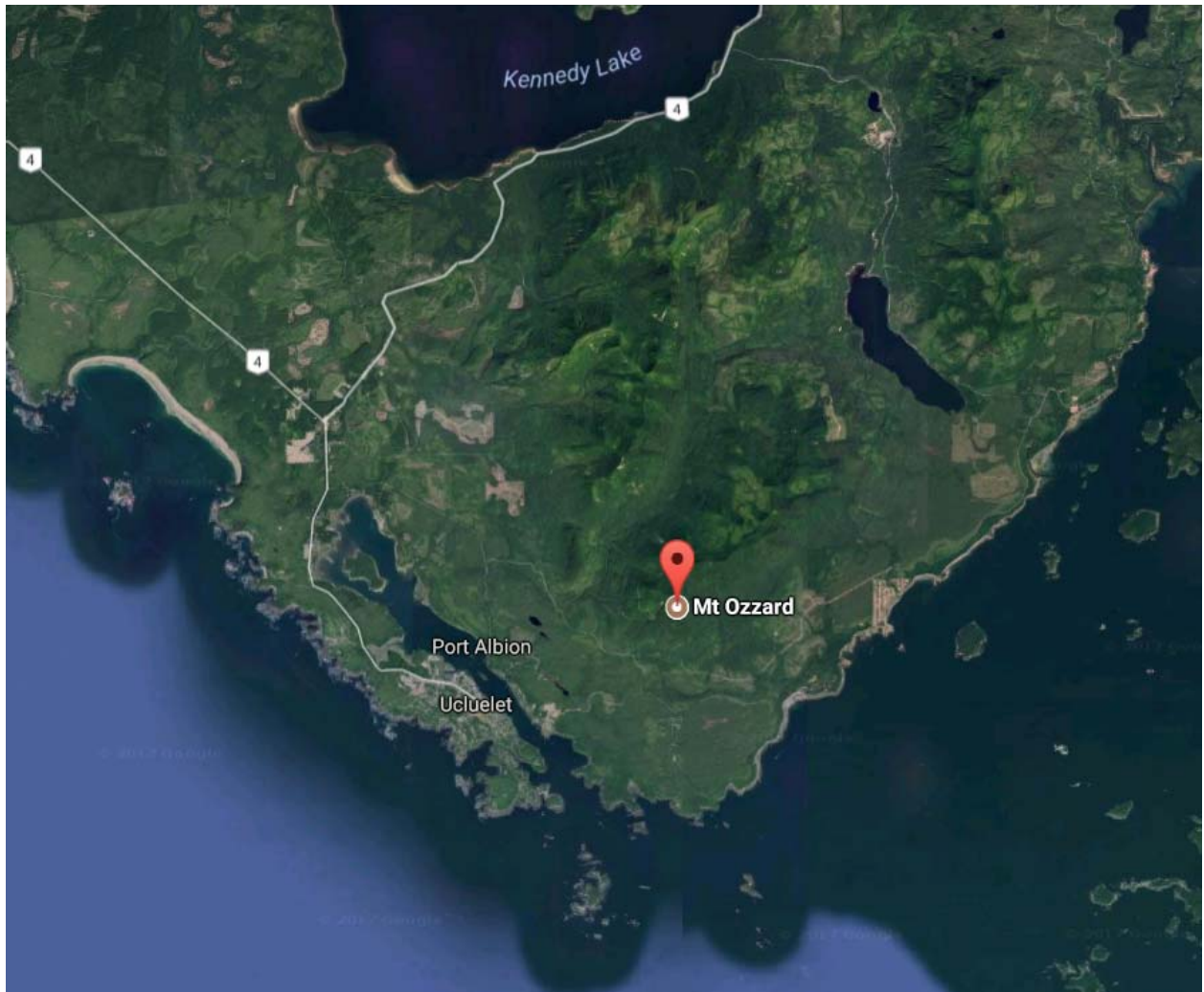


Figure 1 - Site Location

MountOzzard Tower



Figure 2 - Proposed Tower Location

Appendice B - Sommaire des documents et éléments à remettre

DESCRIPTION	L'ARTICLE	DATE LIMITE
Trousse de conception	01 11 00 – 1.4.1.1	28 jours suivant l'attribution du contrat
<ul style="list-style-type: none">• les dessins de conception de la tour		
<ul style="list-style-type: none">• les dessins de conception de la fondation		
Plan de fabrication	01 11 00 – 1.4.1.2	28 jours suivant l'attribution du contrat
<ul style="list-style-type: none">• Les dessins d'atelier de fabrication		
<ul style="list-style-type: none">• Le calendrier de fabrication		
Trousse d'installation	01 11 00 – 1.4.1.3	28 jours suivant l'attribution du contrat
<ul style="list-style-type: none">• Les plans de montage		
<ul style="list-style-type: none">• la liste du matériel		
<ul style="list-style-type: none">• les procédures d'installation des boulons		

Appendice C - Antenna Schedule

(commence à la page suivante)

Table 1 – CCG EQUIPMENT

#	ELEV (m)	ANTENNA	INITIAL or FUTURE	AZIMUTH	Tx-LINE
1	45.0	VHF-DF Servo Antenna	Initial	Omni	Apha Wire P/N 86318C4
2	39.3	SRL 210C-HD	Initial	200°	LDF4-50
3	33.2	SRL 210C-HD	Initial	200°	LDF4-50
4	27.1	SRL 210C-HD	Initial	200°	LDF4-50
5	28.0	SRL 206	Initial	300°	LDF4-50
6	27.7	SRL 206	Initial	134°	LDF4-50
7	24.0	SRL 206	Initial	300°	LDF4-50
8	22.0	SRL 210C-HD	Future	200°	LDF4-50
9	18.8	Andrew HP10	Initial	138°	EW77 (2)
10	18.8	Andrew HP10	Initial	138°	EW77 (2)
11	15.2	Andrew HP4	Initial	220°	EW77 (2)
12	15.2	Andrew HP10	Initial	300°	EW77 (2)
13	10.2	SRL307 With Radome	Initial	93°	LDF4-50
14	10.2	SRL307 With Radome	Initial	313°	LDF4-50
15	7.0	Andrew HP10	Initial	300°	EW77 (2)

Table 2 - FUTURE OTHER EQUIPMENT

ANTENNA	AZIMUTH	ANTENNA CABLES	TOWER MOUNTED EQUIPMENT	DATA / POWER FEED FROM EQUIPMENT ROOM
UPPER BOOM SET (Antennas 16-21 @ELEV 42.0m)				
Panel	270°	LDF4-50 Jumpers (4) RET Cable (2)	Remote Radio Units (4) Junction Boxes (1)	Fibre Trunk Cables (1) DC Power Trunk Cables (1)
Panel	270°	LDF4-50 Jumpers (2) RET Cable (1)		
Panel	30°	LDF4-50 Jumpers (4) RET Cable (2)	Remote Radio Units (4) Junction Boxes (1)	Fibre Trunk Cables (1) DC Power Trunk Cables (1)
Panel	30°	LDF4-50 Jumpers (2) RET Cable (1)		
Panel	150°	LDF4-50 Jumpers (4) RET Cable (2)	Remote Radio Units (4) Junction Boxes (1)	Fibre Trunk Cables (1) DC Power Trunk Cables (1)
Panel	150°	LDF4-50 Jumpers (2) RET Cable (1)		
LOWER BOOM SET (Antennas 22-27 @ELEV 36.0m)				
Panel	270°	LDF4-50 Jumpers (4) RET Cable (2)	Remote Radio Units (4) Junction Boxes (1)	Fibre Trunk Cables (1) DC Power Trunk Cables (1)
Panel	270°	LDF4-50 Jumpers (2) RET Cable (1)		
Panel	30°	LDF4-50 Jumpers (4) RET Cable (2)	Remote Radio Units (4) Junction Boxes (1)	Fibre Trunk Cables (1) DC Power Trunk Cables (1)
Panel	30°	LDF4-50 Jumpers (2) RET Cable (1)		
Panel	150°	LDF4-50 Jumpers (4) RET Cable (2)	Remote Radio Units (4) Junction Boxes (1)	Fibre Trunk Cables (1) DC Power Trunk Cables (1)
Panel	150°	LDF4-50 Jumpers (2) RET Cable (1)		

Appendice D – Site Specific Wind Pressure Report

(commence à la page suivante)

Site-Specific 10-yr. Wind Pressure Report (V2.1 2016-01-04 Format)

Site Information:

Name: Mt Ozzard, BC
 Latitude: 48° 57' 34.59" N
 Longitude: 125° 29' 35.45" W
 Tower Height (m): 48.8
 Elevation MSL (m): 671

Results:

Note: Following direction from the S37 Committee, Q_e can no longer be provided.

Q_{nbc} (Pa): 530	$Q_{nbc} = 530(Z/10)^{0.2}$	$V_{nbc} = 64.05$ mph
Icing: As per CAN/CSA S37-13		
Q_{Min} (Pa) 250	$Q_{Min} = 250(Z/10)^{0.2}$	$V_{Min} = 43.99$ mph

Wind Pressure Formula (for z in metres and result in Pa):

$$Q_h = 0.12919 \{ [0.6000 e^{(-0.0032 z)} + 1.0000 \ln(z/0.8000) / \ln(z/0.8000)] 50.03 \}^2 (z/10)^{0.319}$$

Profile Formula General Form:

$$Q_h = 0.12919 \{ [a_1 e^{(-a_2 z)} + a_3 \ln(z/z_h) / \ln(z/z_{01})] v_{01} \}^2 (z/10)^{0.319}$$

Site Values of Coefficients:

$$a_1 = 0.6000, a_2 = 0.0032, a_3 = 1.0000, z_h = 0.8000, z_{01} = 0.8000, v_{01} = 50.03 \text{ mph}$$

Definitions

Tower Height: Height of the tower from ground level at the base of the tower to the top of the structure.

Q_{nbc} : Regionally representative reference wind pressure at 10 m in the format of the National Building Code of Canada and the Q_{nbc} value is profiled with the $z/10$ power law.

Q_{Min} : Minimum reference wind pressure (320 Pa, 300 Pa, and 250 Pa for the 50-year, 30-year, and 10-year return periods respectively) profiled with the $z/10$ power law as per Section 5.4.1 of S37-13.

Wind Pressure Formula: Formula for the design wind pressure as a function of height. (Ref.: S37-13, 5.3.1)

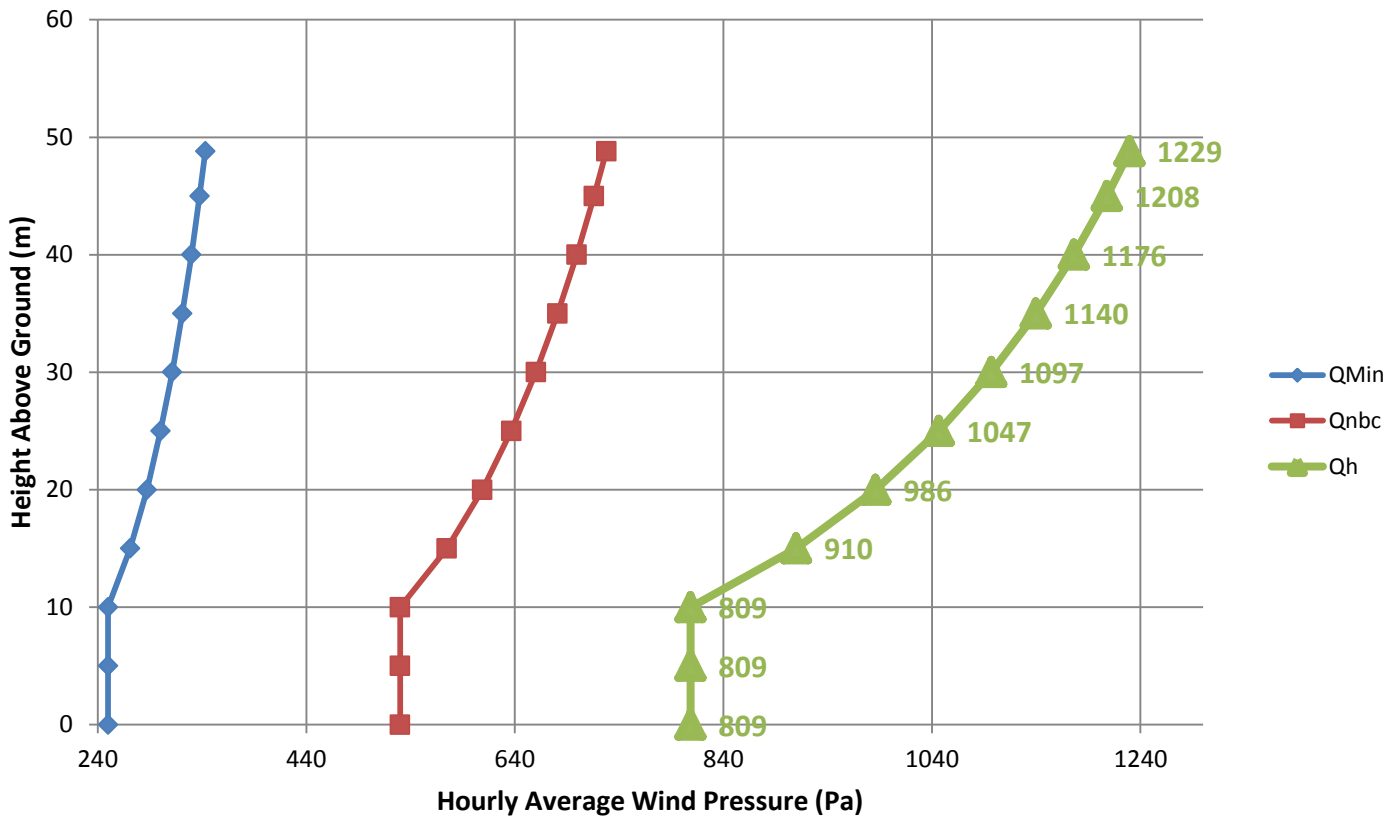
Height (Z): the vertical distance (m) above ground level at the base of the tower.

Note: No wind pressure value less than 90% of the value at 10 m should be used for heights less than 10 m a.g.l.

These wind pressures were evaluated using a version of the methods described by Taylor and Lee (1984) "Simple Guidelines for Estimating Wind Speed Variations Due to Small Scale Topographic Features", Climatological Bulletin 18 2, using the Boyd (1969) analysis of thirty year return period wind speeds (which is also used for the National Building Code of Canada), modified by a technique described by Wieringa (1980) "Representativeness of Wind Observations at Airports" Bulletin of the American Meteorological Society, 61 9, as input data. The uncertainty in NBCC regionally representative reference wind pressures is about [+15%,-15%].

Environment Canada has not made and does not make any representations or warranties, either expressed or implied, arising by law or otherwise, respecting the accuracy of recommended climatic information. In no event will Environment Canada be responsible for any prejudice, loss or damages which may occur as a result of the use of design wind pressure recommendations.

10-yr. Wind Pressure Profile Graph for Mt Ozzard, BC 48.8m Tower



Q_{nbc} Profile: Regionally representative reference wind profiled with the $z/10$ power law.

Q_{Min} Profile: Minimum site-specific wind pressure (320 Pa, 300 Pa, and 250 Pa for the 50-year, 30-year, and 10-year return periods respectively) profiled with the $z/10$ power law.

Q_h Profile: The site-specific wind pressure profile directly from the Taylor and Lee (1984) simple guidelines.

Explanatory notes regarding the new report format and changes to calculation methods.

1. The most significant change from the previous versions of the reports is that the exponent used in the Q_h equation is no longer fixed at 0.2. The exponent now varies continuously from 0.2 for open terrain to 0.32 for closed terrain.
2. A new Q_{min} profile has been added to the graphs and it represents the minimum acceptable reference wind pressure profile. It starts with the minimum 10-metre reference wind pressure of 320 Pa for a 50-year return period as per section 5.4.1 of S37-13 and then uses the same $z/10$ power law formulation as the Q_{NBC} profile to generate the curve. The corresponding 10-metre reference wind pressures for the 10-year and 30-year return periods are 250 Pa and 300 Pa respectively.
3. Q_h will always be plotted even when they are less than Q_{Min} . This will allow designers to see how Q_h varies over the height of the tower. Also, in rough terrain and for taller towers, the Q_h profile might cross the Q_{Min} profile.
4. The coefficients for the Q_h equation will now always be given regardless of the Q_{NBC} or Q_{Min} values.
5. The wind speeds will be given for each of the 4 equations (Q_h , Q_{NBC} , or Q_{Min}) too.

Site-Specific 30-yr. Wind Pressure Report (V2.1 2016-01-04 Format)

Site Information:

Name: Mt Ozzard, BC
 Latitude: 48° 57' 34.59" N
 Longitude: 125° 29' 35.45" W
 Tower Height (m): 48.8
 Elevation MSL (m): 671

Results:

Note: Following direction from the S37 Committee, Q_e can no longer be provided.

Q_{nbc} (Pa): 630	$Q_{nbc} = 630(Z/10)^{0.2}$	$V_{nbc} = 69.83$ mph
Icing: As per CAN/CSA S37-13		
Q_{Min} (Pa) 300	$Q_{Min} = 300(Z/10)^{0.2}$	$V_{Min} = 48.19$ mph

Wind Pressure Formula (for z in metres and result in Pa):

$$Q_h = 0.12919 \{ [0.6000 e^{(-0.0032 z)} + 1.0000 \ln(z/0.8000) / \ln(z/0.8000)] 54.75 \}^2 (z/10)^{0.319}$$

Profile Formula General Form:

$$Q_h = 0.12919 \{ [a_1 e^{(-a_2 z)} + a_3 \ln(z/z_h) / \ln(z/z_{01})] v_{01} \}^2 (z/10)^{0.319}$$

Site Values of Coefficients:

$$a_1 = 0.6000, a_2 = 0.0032, a_3 = 1.0000, z_h = 0.8000, z_{01} = 0.8000, v_{01} = 54.75 \text{ mph}$$

Definitions

Tower Height: Height of the tower from ground level at the base of the tower to the top of the structure.

Q_{nbc} : Regionally representative reference wind pressure at 10 m in the format of the National Building Code of Canada and the Q_{nbc} value is profiled with the $z/10$ power law.

Q_{Min} : Minimum reference wind pressure (320 Pa, 300 Pa, and 250 Pa for the 50-year, 30-year, and 10-year return periods respectively) profiled with the $z/10$ power law as per Section 5.4.1 of S37-13.

Wind Pressure Formula: Formula for the design wind pressure as a function of height. (Ref.: S37-13, 5.3.1)

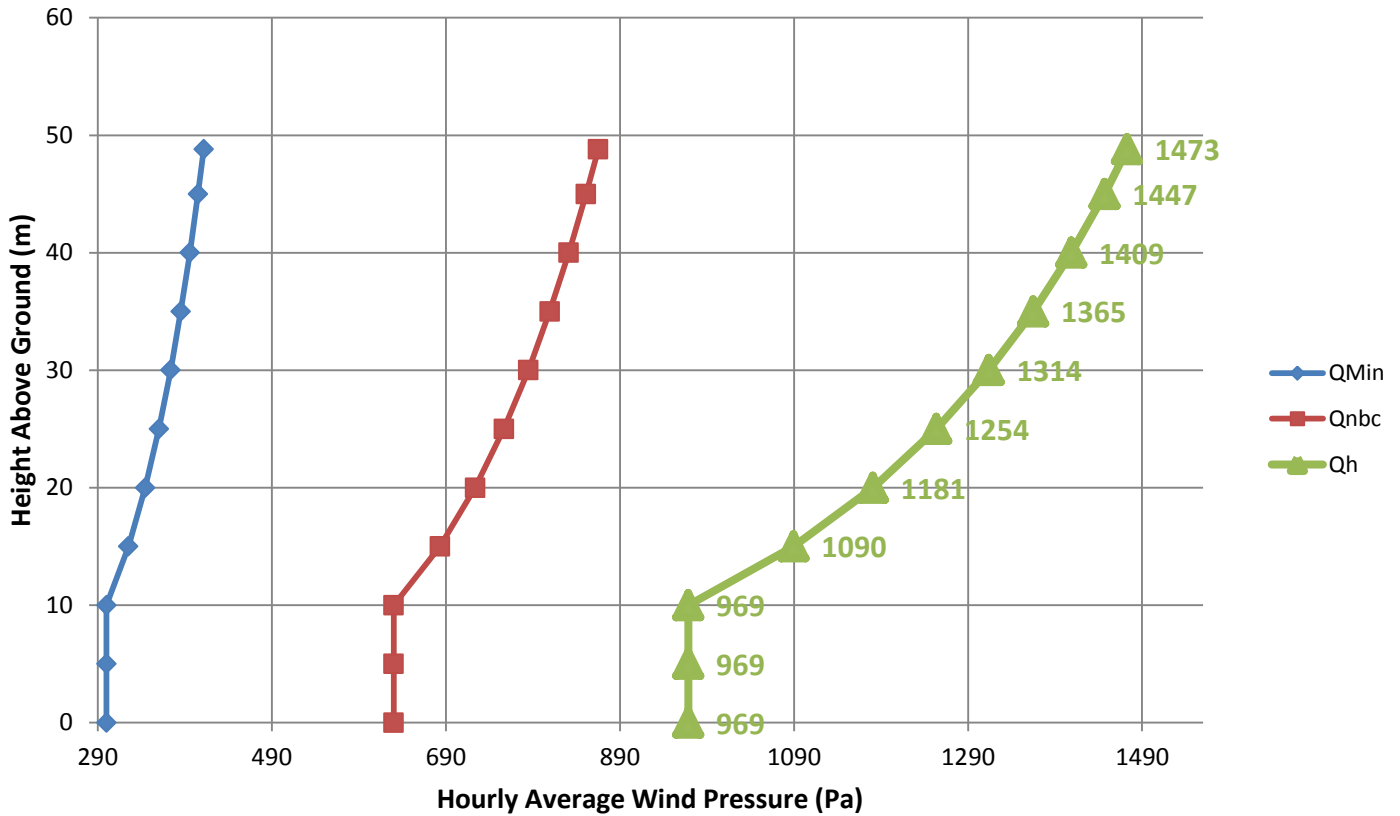
Height (Z): the vertical distance (m) above ground level at the base of the tower.

Note: No wind pressure value less than 90% of the value at 10 m should be used for heights less than 10 m a.g.l.

These wind pressures were evaluated using a version of the methods described by Taylor and Lee (1984) "Simple Guidelines for Estimating Wind Speed Variations Due to Small Scale Topographic Features", Climatological Bulletin 18 2, using the Boyd (1969) analysis of thirty year return period wind speeds (which is also used for the National Building Code of Canada), modified by a technique described by Wieringa (1980) "Representativeness of Wind Observations at Airports" Bulletin of the American Meteorological Society, 61 9, as input data. The uncertainty in NBCC regionally representative reference wind pressures is about [+15%,-15%].

Environment Canada has not made and does not make any representations or warranties, either expressed or implied, arising by law or otherwise, respecting the accuracy of recommended climatic information. In no event will Environment Canada be responsible for any prejudice, loss or damages which may occur as a result of the use of design wind pressure recommendations.

30-yr. Wind Pressure Profile Graph for Mt Ozzard, BC 48.8m Tower



Q_{nbc} Profile: Regionally representative reference wind profiled with the $z/10$ power law.

Q_{Min} Profile: Minimum site-specific wind pressure (320 Pa, 300 Pa, and 250 Pa for the 50-year, 30-year, and 10-year return periods respectively) profiled with the $z/10$ power law.

Q_h Profile: The site-specific wind pressure profile directly from the Taylor and Lee (1984) simple guidelines.

Explanatory notes regarding the new report format and changes to calculation methods.

1. The most significant change from the previous versions of the reports is that the exponent used in the Q_h equation is no longer fixed at 0.2. The exponent now varies continuously from 0.2 for open terrain to 0.32 for closed terrain.
2. A new Q_{min} profile has been added to the graphs and it represents the minimum acceptable reference wind pressure profile. It starts with the minimum 10-metre reference wind pressure of 320 Pa for a 50-year return period as per section 5.4.1 of S37-13 and then uses the same $z/10$ power law formulation as the Q_{NBC} profile to generate the curve. The corresponding 10-metre reference wind pressures for the 10-year and 30-year return periods are 250 Pa and 300 Pa respectively.
3. Q_h will always be plotted even when they are less than Q_{Min} . This will allow designers to see how Q_h varies over the height of the tower. Also, in rough terrain and for taller towers, the Q_h profile might cross the Q_{Min} profile.
4. The coefficients for the Q_h equation will now always be given regardless of the Q_{NBC} or Q_{Min} values.
5. The wind speeds will be given for each of the 4 equations (Q_h , Q_{NBC} , or Q_{Min}) too.

Site-Specific 50-yr. Wind Pressure Report (V2.1 2016-01-04 Format)

Site Information:

Name: Mt Ozzard, BC
 Latitude: 48° 57' 34.59" N
 Longitude: 125° 29' 35.45" W
 Tower Height (m): 48.8
 Elevation MSL (m): 671

Results:

Note: Following direction from the S37 Committee, Q_e can no longer be provided.

Q_{nbc} (Pa): 680	$Q_{nbc} = 680(Z/10)^{0.2}$	$V_{nbc} = 72.55$ mph
Icing: As per CAN/CSA S37-13		
Q_{Min} (Pa) 320	$Q_{Min} = 320(Z/10)^{0.2}$	$V_{Min} = 49.77$ mph

Wind Pressure Formula (for z in metres and result in Pa):

$$Q_h = 0.12919 \{ [0.6000 e^{(-0.0032 z)} + 1.0000 \ln(z/0.8000) / \ln(z/0.8000)] 56.91 \}^2 (z/10)^{0.319}$$

Profile Formula General Form:

$$Q_h = 0.12919 \{ [a_1 e^{(-a_2 z)} + a_3 \ln(z/z_h) / \ln(z/z_{01})] v_{01} \}^2 (z/10)^{0.319}$$

Site Values of Coefficients:

$$a_1 = 0.6000, a_2 = 0.0032, a_3 = 1.0000, z_h = 0.8000, z_{01} = 0.8000, v_{01} = 56.91 \text{ mph}$$

Definitions

Tower Height: Height of the tower from ground level at the base of the tower to the top of the structure.

Q_{nbc} : Regionally representative reference wind pressure at 10 m in the format of the National Building Code of Canada and the Q_{nbc} value is profiled with the $z/10$ power law.

Q_{Min} : Minimum reference wind pressure (320 Pa, 300 Pa, and 250 Pa for the 50-year, 30-year, and 10-year return periods respectively) profiled with the $z/10$ power law as per Section 5.4.1 of S37-13.

Wind Pressure Formula: Formula for the design wind pressure as a function of height. (Ref.: S37-13, 5.3.1)

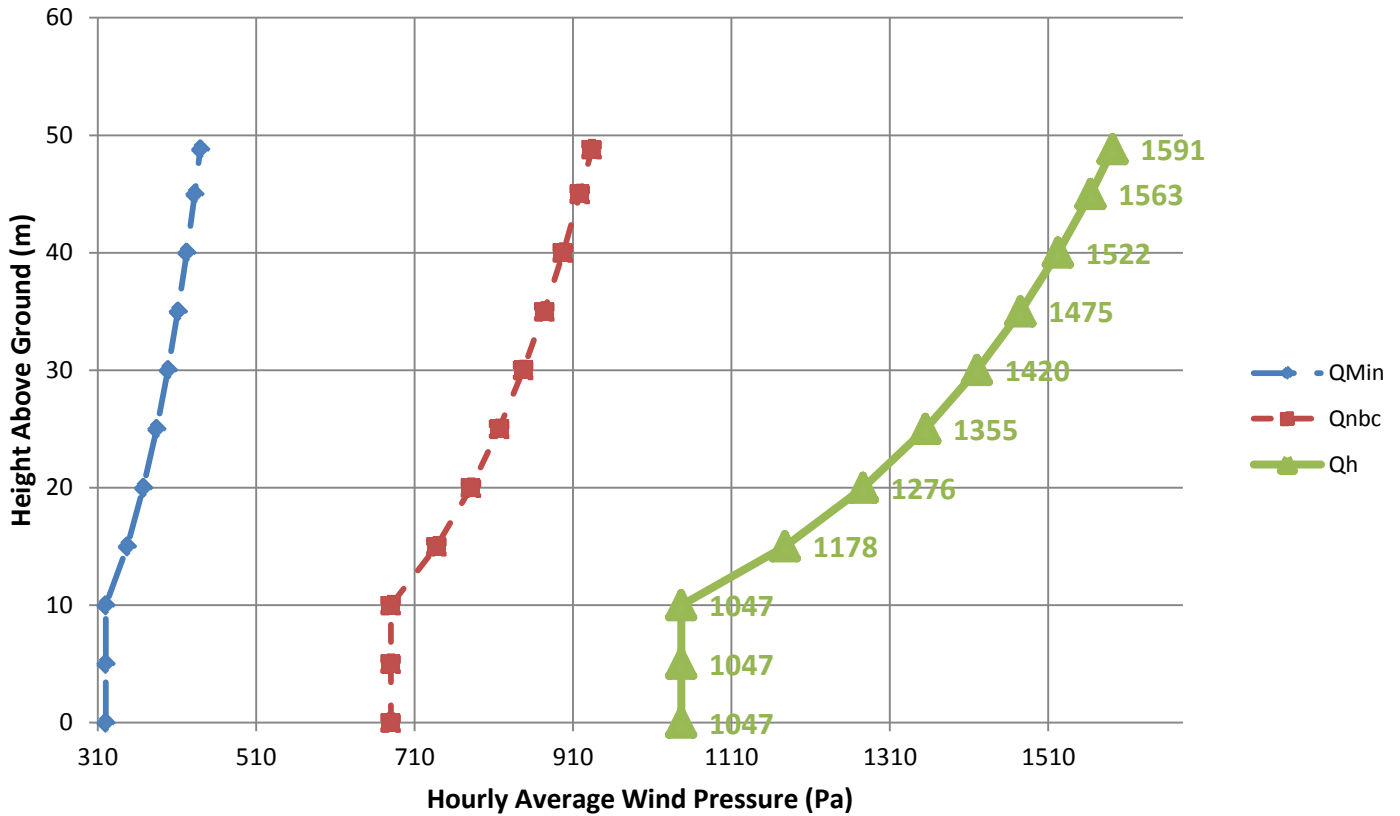
Height (Z): the vertical distance (m) above ground level at the base of the tower.

Note: No wind pressure value less than 90% of the value at 10 m should be used for heights less than 10 m a.g.l.

These wind pressures were evaluated using a version of the methods described by Taylor and Lee (1984) "Simple Guidelines for Estimating Wind Speed Variations Due to Small Scale Topographic Features", Climatological Bulletin 18 2, using the Boyd (1969) analysis of thirty year return period wind speeds (which is also used for the National Building Code of Canada), modified by a technique described by Wieringa (1980) "Representativeness of Wind Observations at Airports" Bulletin of the American Meteorological Society, 61 9, as input data. The uncertainty in NBCC regionally representative reference wind pressures is about [+15%,-15%].

Environment Canada has not made and does not make any representations or warranties, either expressed or implied, arising by law or otherwise, respecting the accuracy of recommended climatic information. In no event will Environment Canada be responsible for any prejudice, loss or damages which may occur as a result of the use of design wind pressure recommendations.

50-yr. Wind Pressure Profile Graph for Mt Ozzard, BC 48.8m Tower



Q_{nbc} Profile: Regionally representative reference wind profiled with the $z/10$ power law.

Q_{Min} Profile: Minimum site-specific wind pressure (320 Pa, 300 Pa, and 250 Pa for the 50-year, 30-year, and 10-year return periods respectively) profiled with the $z/10$ power law.

Q_h Profile: The site-specific wind pressure profile directly from the Taylor and Lee (1984) simple guidelines.

Explanatory notes regarding the new report format and changes to calculation methods.

1. The most significant change from the previous versions of the reports is that the exponent used in the Q_h equation is no longer fixed at 0.2. The exponent now varies continuously from 0.2 for open terrain to 0.32 for closed terrain.
2. A new Q_{min} profile has been added to the graphs and it represents the minimum acceptable reference wind pressure profile. It starts with the minimum 10-metre reference wind pressure of 320 Pa for a 50-year return period as per section 5.4.1 of S37-13 and then uses the same $z/10$ power law formulation as the Q_{NBC} profile to generate the curve. The corresponding 10-metre reference wind pressures for the 10-year and 30-year return periods are 250 Pa and 300 Pa respectively.
3. Q_h will always be plotted even when they are less than Q_{Min} . This will allow designers to see how Q_h varies over the height of the tower. Also, in rough terrain and for taller towers, the Q_h profile might cross the Q_{Min} profile.
4. The coefficients for the Q_h equation will now always be given regardless of the Q_{NBC} or Q_{Min} values.
5. The wind speeds will be given for each of the 4 equations (Q_h , Q_{NBC} , or Q_{Min}) too.

Appendice E - Geotechnical Assessment Report

(commence à la page suivante)

Canadian Coast Guard - Marine & Civil Infrastructure
25 Huron Street
Victoria, BC
V8V 4V9

July 18, 2017
File: 13974-B

Re: Geotechnical Report - Self-Supported Communication Tower, Mt. Ozzard, Ucluelet, B.C.

1.0 INTRODUCTION

We understand that the Canadian Coast Guard (CGC) proposes to construct a 24 to 31 m self supported communications tower at Mt. Ozzard near Ucluelet, British Columbia. It is our understanding that the tower is a relatively light structure and will be constructed on concrete columns and pads bearing on competent bedrock.

This report has been prepared exclusively for the Canadian Coast Guard (CGC), for their use and the use of others on their design team for this project. The report presents the results of a geotechnical site investigation and makes recommendations for the design and construction of the new tower.

2.0 SITE DESCRIPTION

The site of the proposed tower is located on top of Mt. Ozzard located approximately 4 kilometres northwest, inland from the east coast of Ucluelet, British Columbia. The proposed location of the tower was approximately located by CGC Engineer Andrew Wight, who was present at the time of the site investigation. The site of the proposed tower is located on the gravel road, to the north of the existing radar tower and immediately south of existing secants. West of the site is a steeply dipping slope of exposed bedrock and vegetation. A CGC Bell 429 Helicopter provided access to the site and a backhoe excavator was present to dig the test pit at the proposed site. The observed ground surrounding the existing radar tower is improved with a top layer gravel fill to provide near horizontal grades. South of the existing radar tower, bedrock is exposed which appears to show moderately fractured bedrock, interpreted to be damaged during blasting to grade the foundation for the radar tower. Further down the access road to the north and northwest of the proposed tower, in-tact to lightly fractured bedrock is exposed. The fill underlying the gravel fill appears to be of similar lithology as the bedrock and could be assumed to have been crushed or blasted on site during construction.

The approximate location of the test pit with respect to surrounding infrastructure on the site can be found in Drawing No. 13974-B-01, following the text of this report.

3.0 FIELD INVESTIGATION

The area was investigated on July 5, 2017. The investigation consisted of 1 test pit terminated at a depth of approximately 1.4 m below existing grade as well as a review of the rock exposed along the access road and to the south of the existing radar tower.

The approximate location of the test pit can be found in Drawing 13974-B-01, following the text of this report.

4.0 SUBSURFACE CONDITIONS

4.1 Soil/Bedrock Conditions

The subgrade observed at the site of TP17-01 consisted of approximately 150 mm of gravel fill underlain by fragmented bedrock, all over massive to moderately fractured bedrock.

Due to blasting to level the grade before construction of existing infrastructure at the site, bedrock immediately underlying the gravel fill was found to be highly fragmented in the form of angular cobbles. These cobbles increased in size with depth until moderately fractured bedrock was observed at a depth of approximately 1.4 m which resembled the lithology exposed near the south end of the existing radar tower.

The bedrock outcrops exposed at the face of the road cuts directly north and west of the proposed tower along the access road revealed a more intact and massive bedrock.

Bedrock at the site was interpreted to consist of very fine grained, dense, and crystalline andesite of the Bonanza Group. The high degree of fracturing in the bedrock near surface was interpreted to be damage due to blasting while grading the site for the existing radar tower.

Detailed logs can be found in Figure 1 of Appendix A of this report.

4.2 Groundwater Conditions

Due to the site being located on a mountain top, the static groundwater table was not encountered during our investigation and is well below the development grades of the site. Some perched groundwater seepage may occur during wetter periods.

5.0 RECOMMENDATIONS

5.1 Discussion

The site is located on bedrock with limited fill cover and thus we would expect that the compression loads from the tower would be supported on a conventional pad foundation bearing on competent bedrock.

5.2 Site Preparation

Prior to construction of any foundations, all organic material and weathered and loose rock must be removed to expose a subgrade of competent, unweathered bedrock. Variable overbreak can be expected due to reduced rock strength along weathered zones if encountered in the upper few feet.

5.3 Spread Foundations

The tower loads can be supported directly on the competent bedrock. Foundations on the competent bedrock may be designed for serviceability limit state (SLS) bearing pressures of up to 2 MPa. Factored ultimate bearing pressures can be taken as 1.5 x the SLS bearing pressures for short term transient loadings such as those induced by winds and earthquakes.

Footings should not be less than 18 inches (450 mm) in width for strip footings and not less than 24 inches (600 mm) for square or rectangular footings. Foundations on competent bedrock do not require frost protection.

We expect that post construction settlements should be less than 13 mm total and 5 mm per 5 metre differential at the recommended bearing pressures.

5.4 Rock Anchors

We expect that the foundation design will be dictated by the requirement for uplift capacity rather than compressive capacity, due to the expected wind loading imposed on the tower. We expect that rock anchors may be employed to provide restraint against uplift, therefore, the grout-to-rock bond capacity of the anchors should be considered during design. The capacity of rock anchors is dependent on the cleanliness and roughness of the drilled socket. We recommend utilizing an ultimate grout-to-rock bond stress capacity of 2.0 MPa for the local bedrock geology.

We understand that rock anchors for towers of this type are often designed to resist conical failures of the rock surrounding each rock anchor. For design purposes, we recommend that the unfactored unit weight and cone apex angle be taken as 25 kN/m³ and 90 degrees, respectively. We expect that the grout-to-rock bond stress will govern the design of rock anchors.

A minimum anchor length of 6 metres in solid rock is recommended for all new rock anchors. The anchors should be fully grouted with microsil non-shrink grout or equivalent. Each new anchor should be proof tested to at least 150 percent of the design load capacity.

Rock anchors must be reviewed by the geotechnical engineer.

5.5 Seismic Design

The site is considered to be generally underlain by bedrock which can be considered as Site Class B, in accordance with Table 4.1.8.4.A. of the 2012 BCBC provided that footings are supported directly on the bedrock. Peak ground accelerations on firm ground for the approximate site location is 0.513 g (National Resource Canada, Site Coordinates: 48.959 degrees North, 125.493 degrees West).

The subsurface soils beyond the depth of foundations are not considered prone to ground liquefaction or other forms of ground softening caused by earthquake induced ground motions.

6.0 FIELD REVIEWS

The preceding sections make recommendations for the design and construction of the proposed 24 to 31 m tall self-supported communication tower on Mount Ozzard in Ucluelet, B.C. We have recommended the review of certain aspects of the design and construction. It is important that these reviews are carried out to ensure that our intentions have been adequately communicated. It is also important that any contractors working on the site review this document prior to commencing their work.

Geo technical field reviews are normally required at the time of the following:

1. Review of foundation subgrade prior to footing construction for the tower
2. Review of rock anchor installations and testing

7.0 CLOSURE

This report has been prepared exclusively for the Canadian Coast Guard (CGC) for the purpose of providing geotechnical recommendations for the design and construction of the proposed 24 to 31 m self-supported communication tower, temporary excavations and related earthworks.



LEGEND:

TP17-# - TEST PIT (TP) LOCATION

SITE PLAN

*TEST HOLE LOCATIONS ARE APPROXIMATE

REFERENCE:

REVISIONS:

FILE NO.:	13974-B
DWG. NO.:	13974B-01
	A.
	B.
	C.

COMMUNICATION TOWER
 MT. OZZARDO, UCLUELET, BC
 TEST HOLE SITE PLAN

DATE:	JULY 18, 2017
DRAWN BY:	APPROVED BY:
R.J.	M.J.K.
SCALE:	NOT TO SCALE
	REVIEWED BY:
	M.K.



Test Pit Log: TP17-01

File: 13974-B

Project: Proposed Self-Supported Communications Tower

Client: Canadian Coast Guard - Marine and Civil Infrastructure

Site Location: Mt. Ozzard, Ucluelet, B.C.

INFERRED PROFILE			Depth (m)/Elev (m)	Moisture Content (%)	Groundwater / Well	Remarks
Depth	Symbol	SOIL DESCRIPTION				
0		Ground Surface	0.0			
0		Gravel (Fill)	0.0			
1		Cobbles and Gravel (Fill) Orangish-grey gravel with some cobbles and silty sand. Consists of angular cobbles and gravel at the top of unit and increases in size. Same lithology as bedrock, likely used as fill following blasting	-1.4			Moderately fractured bedrock encountered @4.5 ft depth. Excavator refusal
4.5		End of Borehole	1.4			

Logged: MK
 Method: Backhoe Excavator
 Date: 7/5/2017

Datum: Ground Level
 Figure Number: 1
 Page: 1 of 1

Appendice F - Protection contre la foudre et mise à la terre des sites des SCTM

(commence à la page suivante)



Pêches et Océans
Canada

Fisheries and Oceans
Canada

67-013-000-ES-EQ-002

Garde côtière
canadienne

Canadian
Coast Guard

Protection contre la foudre et mise à la terre des sites des SCTM



Norme

Garde côtière canadienne

Publié sous l'autorité de la :

Direction générale des Services techniques intégrés
Pêches et Océans Canada
Garde côtière canadienne
Ottawa, Ontario

K1A 0E6

67-013-000-ES-EQ-002

PROTECTION CONTRE LA Foudre ET MISE À LA TERRE DES SITES
DES MCTM

PREMIÈRE ÉDITION – MARS 2010

© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 2006

EKME# 2122929 – v1

Disponible sur le site de la GCC :

<http://ccg-gcc.ncr.dfo-mpo.gc.ca>

Modèle de document : Français
Format d'impression : Recto verso
Révisé le : 01 sept 2004
Compatibilité : Word 97 et 2002 (XP)

Available in English : **Lightning and Grounding
Protection for MCTS Sites**



Imprimé sur du papier recyclé

Contrôle du document

Registre des modifications

#	Date	Description	Initiales
1	30 mars 2010	Première édition	R.M.

Approbations

Bureau de première responsabilité (BPR)	Rocco Maso	Approuvé:	
		Date:	June 24, 2010
Gestionnaire, Services techniques intégrés – Aides civiles et maritimes	Stephanie Verbit	Approuvé:	
		Date:	July 15, 2010
Directeur, Services techniques intégrés, Services d'ingénierie	Gilles Gareau	Approuvé:	
		Date:	July 26, 2010
Directeur général, Services techniques intégrés	Robert Wight	Approuvé:	
		Date:	July 28, 2010

Page laissée en blanc intentionnellement.

Table des matières

GESTION DU DOCUMENT	VII
1. AUTORITÉ	VII
2. RESPONSABILITÉ	VII
3. DEMANDES DE RENSEIGNEMENTS ET/OU RÉVISIONS	VII
AVANT-PROPOS IX	
1. OBJET	IX
CHAPITRE 1 CONTEXTE ET DÉFINITIONS	1
1.1 Foudre	1
1.1.1 Théorie de la foudre	1
1.2 PROTECTION CONTRE LA Foudre	2
1.2.1 Théorie de la protection contre la foudre	2
1.3 MISE À LA TERRE	2
1.3.1 Principes de base de la mise à la terre	2
1.3.2 Réseaux de terre des sites	3
1.3.2.1 Mise à la terre de la tour ou aux fins de protection contre la foudre	3
1.3.2.2 Mise à la terre de l'alimentation	3
1.3.2.3 Mise à la terre du périmètre du bâtiment	4
1.3.2.4 Mise à la terre de l'équipement	4
1.4 CONNEXIONS	4
1.4.1 Soudage exothermique	4
1.4.2 Joints boulonnés	5
1.4.3 Serrage et sertissage	5
1.4.4 Brasage tendre à l'argent	5
CHAPITRE 2 NORMES	7
2.1 PROTECTION DES TOURS CONTRE LA Foudre	7
2.1.1 Tours haubanées	7
2.1.2 Tours autoporteuses	9
2.1.3 Tours isolées (tours AM)	9
2.1.4 Tours en porte à faux ou montées sur toit	11
2.2 PROTECTION DE L'ÉQUIPEMENT MONTÉ SUR LES TOURS CONTRE LA Foudre	11
2.2.1 Antennes	11
2.2.2 Lignes de transmission, guides d'ondes et chemins de câbles	12
2.2.3 Lumière de tour	13

Table des matières

2.2.4	Composants électroniques montés sur la tour.....	14
2.3	PROTECTION CONTRE LA Foudre ET MISE À LA TERRE DES BÂTIMENTS ET DES SITES	14
2.3.1	Mise à la terre du périmètre du bâtiment	14
2.3.2	Mise à la terre du local technique	15
2.3.3	Lignes d'entrée : alimentation, UPS, téléphone et données.....	17
2.3.4	Autres exigences relatives à la mise à la terre des sites.....	17
2.3.4.1	<i>Mise à la terre des clôtures à mailles losangées.....</i>	<i>17</i>
2.4	PROTECTION CONTRE LA Foudre ET MISE À LA TERRE DE L'ÉQUIPEMENT ÉLECTRONIQUE.....	18
2.4.1	Équipement électronique dans les locaux techniques	18
2.5	CONSIDÉRATIONS PARTICULIÈRES POUR LA MISE À LA TERRE	19
2.5.1	Mise à la terre des tours et des ancrés dans la roche.....	19
2.5.2	Mise à la terre dans le pergélisol	21
2.5.3	Mise à la terre dans les sols de faible conductivité.....	21
2.5.4	Mise à la terre dans les milieux corrosifs	22
2.5.5	Mise à la terre dans les environnements partagés.....	22
CHAPITRE 3	INSPECTION ET ENTRETIEN	23
3.1	NOUVELLES INSTALLATIONS.....	23
3.1.1	Les systèmes de protection contre la foudre et les systèmes de mise à la terre nouvellement installés doivent être inspectés de la façon suivante:.....	23
3.1.2	L'inspection des mises à la terre et des connexions de nouvelles installations, décrite ci-dessus, doit être répétée six mois après l'installation et, par la suite, en même temps que les inspections programmées pour la tour.....	23
3.2	INSTALLATIONS EXISTANTES.....	23
3.2.1	Les sites existants doivent être inspectés en même temps que les inspections programmées pour la tour et doivent se faire comme suit :.....	23
3.3	MESURES DE LA CONNECTIVITÉ.....	24
3.4	VÉRIFICATION DE LA RÉSISTIVITÉ DU SOL	24
ANNEXE A	VALEURS DE RÉSISTIVITÉ DU SOL	1
ANNEXE B	MATÉRIAUX AMÉLIORANT LA CONDUCTIVITÉ DU SOL (GEM).....	1
B.1	CARACTÉRISTIQUES.....	1
B.2	APPLICATIONS	1
B.3	RENSEIGNEMENTS SUPPLÉMENTAIRES.....	1
B.3.1	Calculateur de GEM	1
B.3.2	Spécifications	1
B.4	MÉTHODES DE POSE DES GEM	2
B.4.1	Pose en tranchées.....	2

<i>B.4.1.1</i>	<i>Method</i>	2
B.4.2	Pose par remblayage des tiges de mise à la terre.....	3
<i>B.4.2.1</i>	<i>Méthode</i>	3
ANNEXE C	TERMES ET DÉFINITIONS	1
ANNEXE D	RÉFÉRENCES	1
ANNEXE E	CODE CANADIEN SUR LA SÉCURITÉ EN ÉLECTRICITÉ	1

Liste des tableaux

Les valeurs de résistivité du sol sont exprimées en Ω -cm.	1
Effet de la teneur en sel sur la résistivité d'un loam sableux à teneur en eau de 15 % en poids, à 17 °C.	1
Effet de la température sur la résistivité d'un loam sableux à teneur en eau de 20 % par poids et à teneur en sel de 5 % en poids de l'humidité.	1
Effet de la teneur en eau en poids.	2
Nombre de pieds linéaires de conducteur de terre couverts estimé par sac de GEM.....	2
Nombre de sacs de GEM estimé pour remblayer les trous autour des tiges de mise à la terre avec une densité de 1442 kg/m ³ (90 lb/pi ³).....	3

Si vous désirez inclure une « Liste des tableaux » cliquez sur la ligne du haut à l'aide du bouton droit de la souris et sélectionnez l'option de mise à jour.

Liste des illustrations

Figures 1-1 et 1-2	2
Figure 2-1	7
Figures 2-2 et 2-3.....	8
Figures 2-4 et 2-5.....	10
Figures 2-6 et 2-7.....	12
Figure 2-9, 2-10 et 2-11	14
Figure 2-12	15
Figure 2-13	16
Figure 2-14	16
Figure 2-15	18
Figure 2-16	19
Figure 2-17	20
Figure 3-1	25

Si vous désirez inclure une « Liste des illustrations » cliquez sur la ligne du haut à l'aide du bouton droit de la souris et sélectionnez l'option de mise à jour.

Page laissée en blanc intentionnellement.

Gestion du document

1. Autorité

Le présent document est publié par le Directeur général, Services techniques intégrés, Autorité technique nationale de la GCC par délégation de pouvoirs du sous-ministre des Pêches et des Océans et le commissaire de la Garde côtière canadienne.

2. Responsabilité

- a) Le Directeur, Services d'ingénierie, est responsable de ce qui suit :
 - i) la création et la promulgation du document;
 - ii) la désignation d'un Bureau de première responsabilité (BPR) responsable de la coordination et du contenu du document.

- b) Le BPR est responsable de ce qui suit :
 - i) la validité et l'exactitude du contenu;
 - ii) l'accessibilité de la présente information;
 - iii) la mise à jour, au besoin;
 - iv) la révision périodique;
 - v) le suivi des demandes, commentaires ou suggestions reçus par l'auteur.

3. Demandes de renseignements et/ou révisions

Toutes les demandes de renseignements à propos de ce document, y compris les propositions de révision et les demandes d'interprétation, doivent être envoyées au Bureau de première responsabilité (BPR) suivant :

Titre du poste : **GCV des tours**
Adresse : Garde côtière canadienne, Services techniques intégrés
200 rue Kent, 7^e étage
Ottawa, Ontario K1A 0E6

Toutes les demandes doivent :

- i) être claires et concises; et
- ii) renvoyer à un chapitre, à une section, à une figure ou à un tableau spécifique de ce document.

Page laissée en blanc intentionnellement.

Avant-propos

1. Objet

Les présentes normes en matière de protection contre la foudre et de mise à la terre ont pour objet d'assurer la conformité des tours et des sites de communication des Services de communications et de trafic maritimes (SCTM) de la Garde côtière canadienne (GCC) avec l'ensemble des lois et des codes canadiens applicables, y compris la *Lightning Rod Act* (loi sur les paratonnerres) et le *Code canadien de l'électricité*.

Ces normes encadrent l'application des exigences législatives prévues par les lois et codes mentionnés et des exigences tel qu'indiquées dans diverses normes de l'Association canadienne des normes (ACN) (et autres). Elles intègrent aussi les pratiques exemplaires élaborées par la GCC et l'industrie pour l'exploitation et l'entretien par la GCC des tours et des sites de communication des SCTM (voir l'annexe D pour une liste des documents de référence). Puisque la loi, le code et les normes de l'ACN pourraient à tout moment être révisés, il est nécessaire d'y faire constamment référence afin de rester à jour et de déterminer tout changement à apporter aux présentes normes.

La GCC assure une variété de services pour les régions côtières du Canada, les Grands Lacs et certaines voies navigables intérieures. Un certain nombre de ces services nécessitent la transmission de signaux radio à partir de tours de communication, qui, en raison de leur hauteur et construction métallique, sont susceptibles d'être frappées par la foudre. Afin d'assurer la sécurité du personnel sur place et de prévenir tout endommagement de l'équipement de communication essentiel, il est indispensable qu'elles soient adéquatement mises à la terre pour assurer une bonne protection contre la foudre.

La grande diversité des topographies et des formations géologiques du Canada, combinée aux conditions climatiques extrêmes qui sévissent dans l'Arctique, nécessite l'adoption d'une approche de mise à la terre qui soit globale et propre aux sites. L'évaluation détaillée du nombre de tiges de mise à la terre à utiliser, le nombre de conducteurs de terre radiaux employés et leur configuration, et les calculs à effectuer pour estimer le degré d'absorption et de dissipation des charges induites par la foudre dans les sols environnants dépendent largement de la formation géologique et de la résistivité des sols. L'ingénieur de site qui développe un site de communication est le mieux placé pour concevoir les réseaux de terre appropriés pour protéger la tour de communication, le bâtiment de l'équipement, les bâtis d'équipement et les circuits électroniques.

Par conséquent, le présent document traite essentiellement des normes applicables à la conception et à la construction de nouvelles tours et de nouveaux sites de communication. Il examine aussi les causes de la foudre, la théorie de la protection contre la foudre et la théorie de la mise à la terre ainsi que les normes de protection contre la foudre et celles de la mise à la terre pour les tours et les sites de communication des SCTM de la GCC.

Page laissée en blanc intentionnellement.

Chapitre 1 CONTEXTE ET DÉFINITIONS

1.1 Foudre

1.1.1 Théorie de la foudre

Lorsque la basse atmosphère et la surface de la Terre ont une charge électrique élevée, une décharge se produit pour rétablir l'équilibre. Cette décharge peut avoir un potentiel électrique allant jusqu'à 100 000 000 volts avec une intensité de courant moyenne de 30 000 ampères. La surface de la Terre possède une charge normalement négative. Pendant un orage, les nuages de la basse atmosphère se chargent négativement à mesure que l'air chaud s'élève, et les couches supérieures des nuages se chargent positivement. La charge négative élevée de la basse atmosphère ou des nuages inférieurs repousse encore plus la charge négative du sol en dessous, ce qui a pour effet d'augmenter la quantité de charges positives montant vers la surface de la Terre. Lorsque la différence de potentiel est suffisamment élevée, les charges positives à la surface de la Terre se recombinaient avec les charges négatives dans la basse atmosphère ou les nuages inférieurs au moyen d'une décharge, qu'on appelle la foudre. L'air extrêmement chaud dans le trajet de la foudre explose, causant des ondes de choc qui se dilatent rapidement pour former des ondes de compression, soit le tonnerre qu'on entend.

À mesure que le champ électrique se renforce, l'air autour des nuages s'ionise et se transforme en plasma. Un milieu hautement conducteur est ainsi généré, permettant la formation progressive de *traceurs par bonds*, dont le rôle est de trouver le trajet le plus conducteur pour se recombinaient avec les charges positives au sol. Une fois que le traceur par bonds a repéré un trajet conducteur, la foudre éclate pour rétablir l'équilibre.

Lorsque l'intensité des charges négatives dans les nuages de la basse atmosphère est suffisamment élevée pour rendre la surface du sol positive, certaines de ces charges positives tentent de rejoindre les nuages négativement chargés. Puisqu'à ce point, l'air n'est pas encore conducteur, les charges positives doivent emprunter un milieu conducteur pour réduire l'écart. Les tours de communication en acier permettent à ces charges positives de se rapprocher des nuages chargés négativement dans la basse atmosphère et d'ainsi raccourcir la distance à parcourir. Ces charges mobiles portent le nom de *décharges irrégulières* et tentent à leur tour d'attirer les *traceurs par bonds*, soit les charges négatives établissant le trajet vers le sol que suivra ultimement la foudre pour rétablir l'équilibre.

Domages causés par un foudroiement sur une tour de la Garde côtière canadienne à Estavan.
(voir fig. 1-1 et 1-2)



Figure 1-1
Effritement partiel
d'une fondation de
tour dû à un
foudroiement.

Figure 1-2
Émetteur-récepteur
endommagé par la
foudre, qui a voyagé le
long de la ligne de
transmission jusque



Figures 1-1 et 1-2

1.2 PROTECTION CONTRE LA Foudre

1.2.1 Théorie de la protection contre la foudre

La protection contre la foudre est assurée par l'établissement d'un trajet conducteur que suivra la foudre pour décharger son énergie vers la terre. Un paratonnerre, la tour elle-même ou tout ce qui est conducteur et qui s'élève au-dessus du milieu environnant est plus sujet à être utilisé par la foudre comme trajet de décharge en raison de sa hauteur et sa conductivité. On assure une bonne protection contre la foudre et la prévention des dommages à l'équipement sur les tours ou dans les locaux techniques en faisant en sorte que la foudre contourne l'équipement en passant par les divers réseaux de terre (voir para. 2.3.2) en place pour décharger rapidement et efficacement son énergie dans le sol et le milieu environnant.

1.3 MISE À LA TERRE

1.3.1 Principes de base de la mise à la terre

La mise à la terre électrique vise à aiguiller à la terre les courants de défaut associés à un réseau électrique ou à un équipement électrique defectueux, alors que la mise à la terre aux fins de protection contre la foudre cherche à décharger dans le sol l'énergie induite par celle-ci. Ces deux réseaux de terre devraient être reliés ensemble en un seul point appelé « terre commune ».

Une bonne mise à la terre aux fins de protection contre la foudre offre un trajet hautement conducteur et non corrosif à la foudre pour que son énergie induite se dissipe et soit absorbée par le sol afin de prévenir les blessures au personnel et de protéger l'équipement.

Les foudroiements sont de très courte durée et l'énergie induite est une impulsion de haute fréquence. Tous les trajets de décharge présentent une certaine inductance et résistance qui provoquent des chutes de tension pouvant endommager l'équipement, blesser les personnes et détruire les sites de communication. En utilisant des conducteurs de terre aussi droits que possible

et des conducteurs possédant une superficie aussi grande que possible, on peut réduire l'inductance et permettre à l'énergie induite par la foudre de se décharger rapidement.

Une partie de l'énergie induite par la foudre voyagera aussi dans les lignes c.a., les lignes de transmission, le câble CAT5, les lignes de données et les lignes audio fixés à la tour. Afin de protéger l'équipement électrique et électronique branché dans le local technique contre les surtensions, les pointes de tension et autres tensions transitoires élevées, on met en place des limiteurs de surtension. Ces derniers détectent les niveaux de tension élevés, les commutent et les dérivent vers la terre afin de protéger l'équipement.

La « mise à la terre commune » est une méthode de mise à la terre où l'ensemble des équipements électriques et électroniques, des guides d'ondes, des lignes de transmission, des chemins de câbles et, au besoin, des surfaces métalliques d'un abri d'équipement ou d'un milieu abritant de l'équipement associés au réseau est relié au même point de mise à la terre, au moyen de connexions directes et individuelles à un seul collecteur de terre.

Il est essentiel que la terre du périmètre du bâtiment fasse partie du réseau de terre de la tour, lequel est aussi relié au collecteur de terre principal à l'intérieur du bâtiment. La mise à la terre des lignes c.a. d'entrée est aussi connectée à ce collecteur de terre. Toutes les masses d'équipement sont reliées à la terre commune de même que toutes les cosses de mise à la terre des dispositifs électriques et électroniques dans le local. Cette installation fait en sorte que le même potentiel de terre est maintenu pendant et après le foudroiement afin d'éviter que les courants de terre se développent.

1.3.2 Réseaux de terre des sites

Plusieurs types de réseaux de terre s'appliquent aux sites des SCTM :

- Mise à la terre de la tour ou aux fins de protection contre la foudre;
- Mise à la terre de l'alimentation;
- Mise à la terre du périmètre du bâtiment;
- Mise à la terre de l'équipement.

1.3.2.1 Mise à la terre de la tour ou aux fins de protection contre la foudre

La mise à la terre de la tour ou aux fins de protection contre la foudre est réalisée par un ensemble de câbles et de tiges de mise à la terre disposés en un réseau radial qui dirige l'énergie induite par la foudre loin de l'équipement et des personnes afin de dissiper rapidement les charges. Le plus souvent, les charges sont dissipées dans le sol (voir para. 3.1).

1.3.2.2 Mise à la terre de l'alimentation

Le retour (neutre) du courant alternatif (c.a.) de l'alimentation du site est utilisé comme terre électrique et relie tous les systèmes électriques à une terre commune. Celle-ci est souvent très inductive aux impulsions de haute fréquence.

1.3.2.3 Mise à la terre du périmètre du bâtiment

La terre du périmètre du bâtiment, ou la ceinture de terre, est constituée d'un câble enfoui encerclant le ou les abris d'équipement et relié à des tiges de mise à la terre, au besoin. Ce câble est également relié à la charpente métallique du ou des abris, au collecteur de terre principal, au réseau de terre de la tour, aux tuyaux adjacents qu'il croise, aux piquets de clôture et aux autres surfaces métalliques sur le site afin de former une mise à la terre commune pour le site (voir para. 3.3).

1.3.2.4 Mise à la terre de l'équipement

Un foudroiement peut faire augmenter le niveau de référence de la terre en raison de l'inductance momentanée que subit le réseau de terre du site à ce moment et de la hausse de tension générée qu'on appelle communément une « élévation du potentiel de terre ». Ce niveau de référence peut différer du niveau de référence auquel sont soumis d'autres équipements sur le site s'ils sont reliés par des fils à une source éloignée ou à un réseau électrique incorrectement mis à la terre. Des appareils interconnectés qui ont des potentiels de terre différents peuvent être endommagés par les courants qui s'y développent. Si cette différence est suffisamment élevée, un incendie, une explosion des batteries d'urgence ou une défaillance de l'équipement peut survenir (voir para. 3.3).

1.4 CONNEXIONS

Il existe quatre façons de relier des câbles ou des conducteurs de terre entre eux ou à d'autres surfaces métalliques :

- Soudage exothermique;
- Joints boulonnés;
- Serrage et sertissage;
- Brasage tendre à l'argent.

1.4.1 Soudage exothermique

La méthode privilégiée pour interconnecter des métaux de nature différente afin d'assurer la meilleure conductivité et la meilleure résistance à la corrosion est le soudage par CAO, le soudage par aluminothermie (soudage exothermique), ou le brasage. Cette méthode permet de créer un joint homogène solide qui peut être enduit d'un composé résistant à l'humidité. On doit toutefois prendre soin de ne pas inhaler les vapeurs toxiques qui sont générées durant le soudage, lorsque le zinc se vaporise. Les autres types de joint donnent de moins bons résultats, mais peuvent être utilisés si le soudage exothermique est impossible.

1.4.2 Joints boulonnés

Les joints boulonnés assurent une connexion mécanique plus solide que le serrage et le sertissage et sont typiquement utilisés pour fixer la cosse de la trousse de mise à la terre des câbles au collecteur de terre de la tour. Toutes les connexions de mise à la terre extérieures, notamment celles qui sont serrées, serties et boulonnées, doivent être enduites d'un composé de protection contre l'humidité pour empêcher l'infiltration d'eau et l'oxydation qui s'ensuit.

1.4.3 Serrage et sertissage

La plupart des trousse de mise à la terre de câbles sont équipées de cosses serties ou serrées qu'on fixe à la tour ou aux collecteurs de terre des câbles sur la tour. On peut adopter cette pratique pour fixer des rubans ou des conducteurs de terre de faible calibre. Il est préférable d'éviter les connexions par serrage ou par compression pour les câbles de terre toronnés de calibre égal ou supérieur à 2 AWG, particulièrement s'ils sont enfouis sous terre. De plus, l'acier galvanisé réagit chimiquement avec le cuivre ou le laiton au fil du temps, particulièrement en présence d'humidité. On peut limiter cet effet en utilisant des brides de serrage en acier inoxydable pour les liaisons à des câbles de terre en cuivre.

1.4.4 Brasage tendre à l'argent

Les fils de cuivre fins toronnés typiquement utilisés pour le plan de sol des tours isolées font de bonnes connexions résistantes à la corrosion. Dans ce cas, le brasage tendre à l'argent forme des joints mécaniques encore plus solides qui pourraient autrement fondre en raison de la chaleur générée par un foudroiement direct.

Chapitre 2 NORMES

2.1 PROTECTION DES TOURS CONTRE LA Foudre

La protection des tours contre la foudre est habituellement assurée par des tiges et des plaques de mise à la terre. On utilise préférablement des tiges en acier recouvert de cuivre entre 8 et 12 pieds de longueur et entre $\frac{3}{4}$ de pouce et un pouce de diamètre extérieur. Les plaques de mise à la terre sont des plaques en acier galvanisé par immersion à chaud conçues pour être enfouies sans protection et capables de dissiper deux fois plus de charges qu'une tige de mise à la terre de 8 pieds de longueur si elles sont placées dans un milieu hautement conducteur permettant une dissipation rapide des charges électriques. Dans la mesure du possible, les tiges de mise à la terre doivent être installées verticalement dans le sol et entrer en contact avec la nappe phréatique ou un sol qui est humide en permanence.

2.1.1 Tours haubanées

Trois câbles en cuivre toronnés de calibre 4/0 AWG doivent être reliés à la base de la tour séparés par un angle de 120 degrés entre eux, soudés par CAO au conducteur de ceinture de terre autour de la base de la tour et enfouis. Un câble toronné en cuivre de calibre 4/0 AWG doit être acheminé entre le conducteur de ceinture enfoui et le bâtiment de l'équipement, puis autour de l'abri afin de former une boucle de périmètre complète et fermée. On doit prendre soin d'éviter les rayons de courbure de 8 pouces (20 cm) et moins dans les câbles.

Au moins deux câbles de terre de calibre 4/0 AWG séparés doivent être soudés par CAO au conducteur de ceinture de terre de la tour qui est enfoui; chacun doit s'éloigner de la tour et du bâtiment de l'équipement jusqu'à une distance d'au moins 60 pieds (18 m) (voir fig. 2-1). Des tiges de mise à la terre recouvertes de cuivre de 10 pieds de longueur doivent être reliées par continuité des masses aux conducteurs radiaux tous les 20 pieds (6 m) ou au besoin suivant les mesures de résistance du sol.

La figure 2-1 illustre la base d'une tour de communication haubanée de 300 pieds de hauteur qui est mise à la terre par un seul câble en cuivre nu toronné de calibre 2 AWG. Cette installation est inadéquate. Ce câble de terre de faible calibre présente une inductance élevée lors d'un foudroiement qui pourrait faire en sorte qu'une trop grande quantité d'énergie soit déviée vers la salle des communications par les lignes de transmission. Cette impulsion à haute énergie risquerait de détruire sinon d'endommager l'équipement de communication et de provoquer ainsi un incendie. La base de la tour devrait plutôt être reliée à la terre au moyen de trois câbles de terre toronnés en cuivre de calibre 4/0 AWG ou de trois rubans en cuivre reliés par continuité des masses à la ceinture de terre afin de réduire l'inductance à des niveaux acceptables. Cette ceinture doit être enfouie dans le sol jusqu'à 4 pieds de profondeur, si possible. Elle est reliée par continuité des masses à la terre du périmètre du bâtiment et aux conducteurs radiaux s'éloignant de la tour et auxquels sont attachées des tiges de mise à la terre à tous les 20 pieds (6 m) ou selon les indications de l'ingénieur de site.



Figure 2-1

Normes

Les ancres de hauban doivent être reliées à la terre séparément. Deux méthodes différentes peuvent être employées pour compenser l'effet du pH de l'eau de pluie acide sur le cuivre (pH typiquement entre 5,5 et 6). L'eau acide libère les ions de cuivre, qui entrent en contact avec les câbles de hauban galvanisés qui se trouvent en dessous et détériorent leur revêtement de zinc, entraînant de la rouille sur les câbles.

- 1) Un câble continu en cuivre étamé toronné de numéro 2/0 AWG doit être attaché au câble de hauban supérieur, au-dessus des attaches préformées, à l'aide de brides de serrage en acier inoxydable ou galvanisées, puis attaché de la même façon à chaque câble de hauban en dessous (voir fig. 2-2). Il doit ensuite être enfoui et relié par continuité des masses à une tige de mise à la terre recouverte de cuivre de 10 pieds de longueur en dessous. De là, deux conducteurs radiaux enfouis doivent s'éloigner l'un de l'autre et de l'ancre, et des tiges de mise à la terre de 10 pieds de longueur doivent y être attachées à tous les 20 pieds (6 m) ou suivant la résistance du sol. (voir fig. 2-3).
- 2) Un fil de hauban en acier galvanisé par immersion à chaud ou mieux doit être attaché au câble de hauban supérieur, au-dessus des attaches préformées, à l'aide de brides de serrage en acier inoxydable ou galvanisées, puis attaché de la même façon à chaque câble de hauban en dessous. Il doit ensuite être relié à un câble en cuivre toronné de calibre 2/0 AWG enfoui et attaché à une tige de mise à la terre recouverte de cuivre de 10 pieds (3,05 m) en dessous. De là, deux conducteurs radiaux doivent s'éloigner l'un de l'autre et de l'ancre, et des tiges de mise à la terre de 10 pieds (3,05 m) de longueur doivent y être attachées tous les 20 pieds (6 m) ou suivant les mesures de résistance du sol.



Figure 2-2 Mise à la terre individuelle des câbles de hauban près des ancres, au-dessus des attaches préformées, au moyen de dispositifs brise-glace en acier inoxydable.

Figure 2-3 Des dispositifs brise-glace sont fixés au-dessus des attaches préformées pour empêcher la glace de faire affaisser les câbles et de les faire sortir des attaches. Une liaison résistante à la corrosion, par plaques en acier inoxydable, est aussi assurée entre le câble de terre en cuivre toronné et les câbles de hauban galvanisés par immersion à chaud.



Figures 2-2 et 2-3

2.1.2 Tours autoporteuses

Chaque jambe d'une tour autoporteuse doit être reliée par soudage exothermique à la ceinture de terre enfouie autour de la base de la tour à l'aide d'un câble en cuivre toronné de calibre 4/0 AWG. Cette ceinture de terre doit aussi être mise à la terre du périmètre du bâtiment à l'aide d'un câble en cuivre toronné de calibre 4/0 AWG pour former une boucle complète. On doit prendre soin d'éviter les rayons de courbure de 8 pouces (20cm) et moins dans les câbles.

Trois câbles de terre radiaux en cuivre toronnés de calibre 4/0 AWG doivent être reliés par continuité des masses à la ceinture de terre de la tour et s'éloigner de la tour et du bâtiment de l'équipement sur une distance d'au moins 60 pieds (18 m). Des tiges de mise à la terre recouvertes de cuivre de 10 pieds de longueur doivent être reliées par continuité des masses aux conducteurs radiaux tous les 20 pieds (6 m) ou au besoin, suivant les mesures de résistance du sol.

Les mêmes méthodes de mise à la terre s'appliquent aux tours à quatre côtés et aux tours cylindriques, sauf qu'on doit relier un conducteur radial de plus, incluant les tiges de mise à la terre, à la ceinture de terre de la tour. À l'exception de la liaison à la terre du périmètre du bâtiment, tous les autres conducteurs radiaux doivent s'éloigner du bâtiment de l'équipement. De cette manière, les tiges de mise à la terre opposées l'une à l'autre ne dissipent pas leurs charges dans le même volume de sol, évitant ainsi de le saturer.

Le câble de terre de périmètre qui est enfoui doit être interconnecté, à proximité de chaque coin du bâtiment et tous les 20 pieds (6 m), à une tige de mise à la terre recouverte de cuivre de 10 pieds de longueur et de $\frac{3}{4}$ po de diamètre. Pour compléter le réseau de terre commune, une autre tige de mise à la terre est mise en place et reliée à la terre du périmètre près du point d'entrée des services et du panneau de cloison.

2.1.3 Tours isolées (tours AM)

Toutes les tours servant d'antennes doivent être montées sur des isolateurs. Les câbles des tours AM haubanées doivent également être isolés du sol. Pour ce faire, on incorpore des isolateurs dans les fils pour haubans. La plupart des tours isolées fonctionnent dans la plage des moyennes fréquences (MF), entre 300 kHz et 3 MHz, incluant la bande AM de radiodiffusion commerciale qui occupe les fréquences de 540 kHz à 1600 kHz. La porteuse transmise est modulée en amplitude (AM).

Pour fonctionner efficacement, toutes les tours AM doivent comporter un réseau de terre radial complet afin de contenir et de propager le champ électrique. Ce réseau est constitué d'une grille de conducteurs de terre en cuivre enfouis, de calibre entre 1 et 20 AWG, qui s'éloignent de la tour dans toutes les directions sur une distance égale à au moins la hauteur de la tour. À condition qu'on le pourvoie de suffisamment de tiges de mise à la terre verticales, ce réseau de terre enfoui assure la meilleure protection contre la foudre puisqu'il permettra de dissiper l'énergie induite par la foudre rapidement vers l'extérieur de la tour sur une grande superficie.

Étant donné que les tours AM sont isolées du sol, on doit prendre des précautions particulières pour les protéger adéquatement contre la foudre. Un parafoudre à éclateur monté en travers de

l'isolateur, entre la base de la tour et le sol offre cette protection. Le courant induit par le foudroiement descendra le long de la tour, franchira l'espace d'environ ½ pouce (1,3 cm) entre les contacts du parafoudre à éclateur (voir fig. 2-4) et se dissipera dans le réseau de terre radial de la tour AM, pourvu qu'il soit relié à suffisamment de tiges de mise à la terre pour assurer une dissipation rapide des charges. L'espace entre les contacts du parafoudre à éclateur est fonction de la puissance apparente rayonnée (PAR) de la tour et de l'énergie attendu dans le cas d'un foudroiement typique dans la région où se trouve la tour.



La figure 2-4 montre une partie de la base d'une vieille tour isolée de 220 pieds (67 m) assise sur un isolateur. Les billes de contact du parafoudre à éclateur doivent être à l'horizontale pour empêcher l'eau de réduire leur écart.

La figure 2-5 montre des haubans isolés.



Figures 2-4 et 2-5

Un autre dispositif employé sur les tours isolées est le self ou la résistance à décharge statique (voir fig. 2-5). Les orages ne sont pas les seules causes d'accumulation de charges sur les tours isolées. Les vents froids et secs, les tempêtes de sable et les tempêtes de neige peuvent également entraîner une accumulation d'électricité statique sur les tours qui peut endommager l'équipement électronique à défaut de protection adéquate. Le self à décharge statique présente une impédance élevée aux fréquences de fonctionnement des tours d'émission et disperse les charges électrostatiques avant qu'elles s'accumulent. Pour des fréquences de ligne ou des courants continus, ce dispositif relie directement le circuit à la terre. La résistance à décharge statique fonctionne selon un principe similaire, sauf que sa valeur est toujours élevée en présence de courants continus ou de radiofréquences et, par conséquent, elle dissipe progressivement les charges avant qu'elles puissent s'accumuler. Les selfs ou les résistances à décharge statique sont employés en plus des parafoudres à éclateur.

Les feux sur les tours AM nécessitent aussi une attention particulière. Dans ce cas, le courant alternatif acheminé du bâtiment de l'équipement vers la tour est passé dans un transformateur torique où l'enroulement primaire est isolé des enroulements secondaires sans contact physique, par couplage inductif uniquement. Ce transformateur est situé à l'extérieur, près de la base de la tour, et la distance entre ses enroulements secondaire et primaire est beaucoup plus grande que l'espace entre les contacts du parafoudre à éclateur à proximité, ce qui fait en sorte que le gros de l'impulsion à haute énergie de la foudre se dirigera vers la terre en passant par le parafoudre.

2.1.4 Tours en porte à faux ou montées sur toit

Ces tours (y compris les mâts et les antennes) sont montées sur le toit d'un immeuble existant, habituellement sur le côté de la cabine de machinerie ou de l'ascenseur.

La tour ou le mât doit être relié à un câble en cuivre nu toronné de calibre égal ou supérieur à 2/0 AWG et à la charpente métallique du bâtiment à laquelle doit aussi être relié le collecteur de terre principal.

Le câble de terre de la tour ou du mât peut aussi être relié à un réseau de terre de toit existant, à un tuyau de purge au potentiel de terre par continuité des masses ou encore au point de connexion d'une barre d'armature noyée dans le béton par la méthode de mise à la terre « Ufer », si l'immeuble en comporte une.

On peut aussi mettre la tour à la terre en posant un câble en cuivre nu toronné de calibre 4/0 AWG à la tour, en le faisant passer sur le côté de l'immeuble et le long du mur extérieur de l'immeuble jusque dans le sol, en le reliant par continuité des masses à plusieurs tiges de mise à la terre de 10 pieds (3 m) de longueur espacées d'au moins 20 pieds (6 m) l'une de l'autre et, dans la mesure du possible, en le mettant à la terre de périmètre existante de l'immeuble.

Il est préférable d'utiliser de larges bandes de cuivre, si possible, puisqu'elles font de meilleurs conducteurs en raison de leur faible inductance. Le désavantage d'utiliser des bandes de cuivre plutôt que des câbles en cuivre toronnés est qu'elles coûtent plus cher à installer et qu'elles sont moins esthétiques une fois installées à l'extérieur de l'immeuble.

2.2 PROTECTION DE L'ÉQUIPEMENT MONTÉ SUR LES TOURS CONTRE LA Foudre

2.2.1 Antennes

La plupart des antennes utilisées par la GCC sont au potentiel de terre. Elles doivent être montées sur des supports en acier inoxydable, en acier galvanisé immergé à chaud ou en aluminium. Si la tour est peinte, la peinture doit être enlevée soigneusement jusqu'au fini de zinc aux endroits où les supports sont en contact avec une jambe ou un élément de structure de la tour. En maintenant l'antenne au même potentiel de terre que la tour, on aide à prévenir l'endommagement de l'antenne et de sa ligne de transmission en cas de foudroiement.

2.2.2 Lignes de transmission, guides d'ondes et chemins de câbles

Des trusses de mise à la terre de lignes de transmissions de différents calibres, disponibles auprès des fabricants, doivent être utilisées près de l'endroit où est montée l'antenne, tous les 200 pieds (60 m) le long d'une ligne descendante, près de la base de la tour, juste avant le panneau de cloison ou le point d'entrée des câbles et à tout point où l'angle de courbure d'un câble approche ou excède 70 degrés.

Un collecteur de terre doit être fixé à la tour juste en dessous de l'endroit où les lignes de transmission commencent leur trajet horizontal croisant le pont pour guides d'ondes, le chemin de câbles ou le câble neutre porteur vers le bâtiment de l'équipement. Il doit être fixé solidement à la tour afin d'établir une connexion électrique fiable et relié par soudage par CAO à la ceinture de terre de la tour à l'aide d'un câble en cuivre toronné de calibre 2/0 AWG. Les conducteurs de terre de toutes les trusses de mise à la terre des lignes de transmission doivent également être solidement connectés au collecteur de terre de la tour (voir fig. 2-6).



Figure 2-6 Les collecteurs de terre de la tour sont fixés près de l'entrée du couvre-câbles, où les lignes de transmission quittent la tour pour s'acheminer horizontalement vers la salle des communications en passant par le couvre-câbles.

Figure 2-7 Le collecteur de terre de la tour doit être monté sous les trusses de mise à la terre des câbles pour que le trajet de décharge en cas de foudroiement se dirige vers le bas jusqu'au collecteur de terre de la tour où tous les rubans de mise à la terre des câbles sont attachés ensemble.



Figures 2-6 et 2-7

Les ponts pour guides d'ondes ou les chemins de câbles doivent être isolés électriquement de la tour et reliés par continuité des masses à la terre du périmètre à l'aide d'un câble en cuivre toronné de calibre 4/0 AWG, qui est connecté de façon exothermique à chaque mât de support. Un collecteur de terre extérieur doit être installé près du point d'entrée des câbles et connecté au bâtiment ou isolé du pont pour guides d'ondes ou du chemin de câbles. Il doit aussi être relié au réseau de terre du périmètre par un câble en cuivre toronné de calibre 2 AWG. (voir fig. 2-7).

Le panneau de cloison est une plaque de cuivre qui sert de panneau de traversée des lignes de transmission d'entrée dans le local technique. Ces lignes sont terminées par leurs limiteurs de surtension correspondants sur le panneau et, de là, elles se connectent aux émetteurs-récepteurs au moyen de cavaliers souples. On peut aussi fixer les limiteurs de surtension dans le local technique, pourvu que les rubans ou les câbles de mise à la terre attachés aux limiteurs de surtension aient une longueur de moins de 24 pouces (60 cm) et qu'ils soient reliés au collecteur de terre principal. Le panneau de cloison doit être relié à la terre du périmètre au moyen de bandes de cuivre de 2 x 3 pouces (5 x 7 cm) ou d'au moins deux longueurs de câble en cuivre toronné de calibre 2/0 AWG.

On peut aussi utiliser des panneaux de traversée de mur Andrews ou des points d'entrée de câble individuels conjointement avec la trousse de panneau d'entrée Harger, ou l'équivalent, pour fournir des points de mise à la terre adéquats pour la terre du périmètre extérieur, les gaines de câbles coaxiaux et les limiteurs de surtension (voir fig. 2-8).

La figure 2-8 montre des lignes de transmission entrant dans l'abri de l'équipement de communication par des points d'entrée de câble individuels Andrews. Les trusses de mise à la terre de câbles sont attachées aux lignes de transmission juste avant leur entrée dans le bâtiment, et les rubans de mise à la terre sont reliés à la portion externe du panneau d'entrée Harger, qui, à son tour, est mis à la terre du périmètre à l'aide d'un câble en cuivre toronné de calibre 4/0 AWG.



Figure 2-8

2.2.3 Lumière de tour

Tous les câbles de courant alternatif sur les tours doivent être acheminés dans des conduits métalliques ou des câbles Teck blindés en acier. Les conduits ou les câbles Teck doivent être solidement fixés à la charpente métallique de la tour à l'endroit où les lumières sont connectées et au moins à tous les 200 pieds (60 m) sur une encablure descendante, puis passer par un Flash Guard ou un dispositif de protection contre les surtensions similaire près de la base de la tour (voir fig. 2-9 à 2-11). La ligne c.a. alimentant les lumières de la tour doit aussi être protégée au moyen de varistances à oxyde métallique (MOV) ou de diodes avalanches au silicium (SAD) ou encore par d'autres dispositifs de protection contre les surtensions. Tous ces dispositifs doivent se trouver dans le local technique afin d'assurer une protection maximale.



Figure 2-9, 2-10 et 2-11

2.2.4 Composants électroniques montés sur la tour

Amplificateurs. Les câbles c.a. qui alimentent les composants électroniques et les amplificateurs montés sur la tour doivent être reliés à la charpente métallique de la façon décrite pour les lumières de tour ci-dessus.

La tension d'alimentation c.c. nécessaire au fonctionnement de l'amplificateur monté sur la tour est fournie par la ligne de transmission dans laquelle est injecté un courant continu à partir de la salle des communications. Des limiteurs de surtension spéciaux doivent être posés sur le panneau d'entrée de la cloison ou à moins de 24 pouces (60 cm) du collecteur de terre principal ou du panneau d'entrée Harger afin de permettre l'injection de courant continu.

Amplificateurs basse puissance. L'alimentation c.c. et la tension de fonctionnement des amplificateurs basse puissance proviennent du câble Ethernet de catégorie 5 qui assure aussi la transmission des données bidirectionnelles. Des limiteurs de surtension spéciaux peuvent être insérés entre l'injecteur d'alimentation par câble Ethernet et le câble de catégorie 5 qui monte la tour.

2.3 PROTECTION CONTRE LA Foudre ET MISE À LA TERRE DES BÂTIMENTS ET DES SITES

2.3.1 Mise à la terre du périmètre du bâtiment

La terre du périmètre du bâtiment doit être constituée d'un câble en cuivre nu toronné de calibre 4/0 AWG enfoui sous terre à une profondeur de 12 à 24 pouces (30 à 60 cm) et entourant le bâtiment de l'équipement. Il doit être connecté de façon exothermique à des tiges de mise à la terre recouvertes de cuivre de 10 pieds de longueur et de 3/4 pouce de diamètre extérieur, à tous les coins et à tous les 20 pieds (6 m) ou suivant les mesures de résistivité du sol. Ce câble est interconnecté, à l'aide d'un conducteur toronné de calibre 1/0 AWG, aux piquets de clôture et aux autres surfaces métalliques ainsi qu'à tous les tuyaux qu'il croise. La terre du périmètre ou ceinture de terre est aussi reliée à la terre de protection contre la foudre de la tour, à la charpente métallique du bâtiment et au collecteur de terre principal (voir fig. 2-12). Les connecteurs, les tiges et les conducteurs radiaux de mise à la terre ont un rendement maximal lorsqu'on les place dans un sol humide.

La terre du périmètre du bâtiment doit aussi être reliée au panneau de cloison par des bandes de cuivre de 2 x 3 pouces ou par deux longueurs de câble en cuivre nu toronné de calibre 2/0 AWG.

La terre du périmètre du bâtiment doit aussi être reliée au collecteur de terre principal par un câble en cuivre nu toronné de calibre 2/0 AWG. Elle ne doit pas être en contact avec une autre surface ou un autre objet métallique.

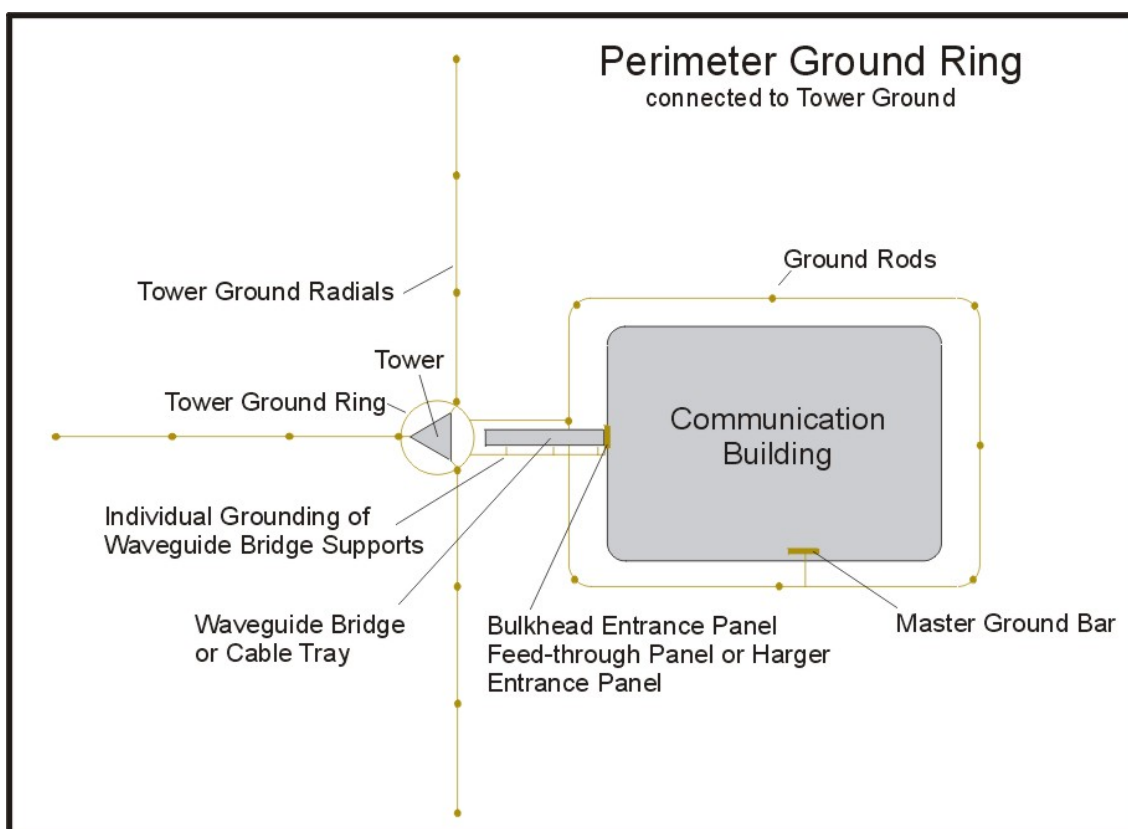


Figure 2-12

2.3.2 Mise à la terre du local technique

Un panneau de cloison doit être installé où les lignes de transmission pénètrent dans le bâtiment et relié par continuité des masses à la terre du périmètre du bâtiment à l'aide de bandes de cuivre de 2 x 3 pouces ou autrement par deux longueurs de câble en cuivre nu toronné de calibre 2/0 AWG (voir fig. 2-13). Si cela est impossible ou impraticable, un réseau de terre distinct comportant des tiges de terre doit être mis en place et relié par continuité des masses au panneau de cloison à l'aide de rubans de cuivre.

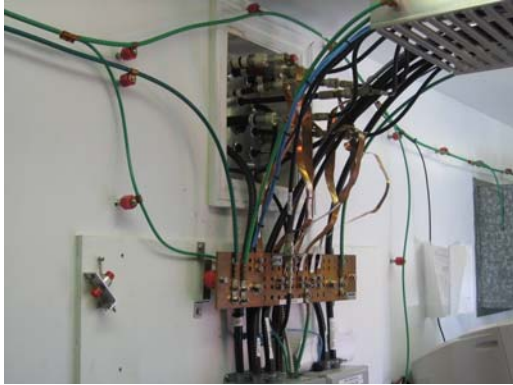


Figure 2-13

La fig. 2-13 illustre un panneau de cloison comportant des limiteurs de surtension fixés contre les lignes de transmission d'entrée. Le collecteur de terre principal est monté plus bas et est relié à la terre du périmètre. Des rubans de cuivre reliés au collecteur de terre principal et aux limiteurs de surtension assurent un trajet de décharge à faible inductance vers le réseau de terre extérieur.

On doit installer un collecteur de terre principal, constitué d'une barre rigide en cuivre comportant de multiples points de connexion pour les câbles de terre individuels servant à interconnecter l'équipement, les bâtis, les étagères, etc. dans la salle des communications. Le plus souvent, ce collecteur est fixé au mur à environ 12 pouces au-dessus du plancher près du panneau de cloison ou de l'entrée des services c.a. et agit comme terre commune de référence pour toutes les connexions à la terre dans le bâtiment. Il doit aussi être relié à la terre du périmètre du bâtiment par un câble en cuivre nu toronné de calibre 2/0 AWG, sans toucher à une autre surface ou un autre objet métallique.

Tout l'équipement qui se trouve dans le local technique doit être relié au collecteur de terre principal.

Afin de protéger l'équipement électronique des pointes de tension transitoires et de l'énergie résiduelle causée par les foudroiements, les lignes de transmission doivent se terminer par des limiteurs de surtension ou des dispositifs de protection contre la foudre montés sur le panneau de cloison. Le temps de réponse rapide des limiteurs de surtension permet de raccourcir le conducteur du centre à la terre, empêchant ainsi l'endommagement coûteux de l'étage d'entrée ou de sortie d'antenne de l'émetteur-récepteur.

Les limiteurs de surtension peuvent aussi être montés plus près des émetteurs-récepteurs dans le local technique, à condition qu'ils soient connectés au collecteur de terre principal par des conducteurs en cuivre verts, toronnés et isolés de calibre 6 AWG, d'au plus 24 pouces (60 cm) de longueur.

La figure 2-14 montre des lignes de transmission d'entrée qui se terminent aux limiteurs de surtension mis à la terre sur la partie intérieure de la trousse du panneau d'entrée Harger par des bandes larges en cuivre. La plaque en laiton est reliée, à l'aide de deux tiges filetées insérées dans des conduits en PVC qui traversent le mur, au collecteur de terre extérieur qui fournit une borne pour la trousse de mise à la terre des câbles. La plaque de terre extérieure est reliée à la terre du périmètre.

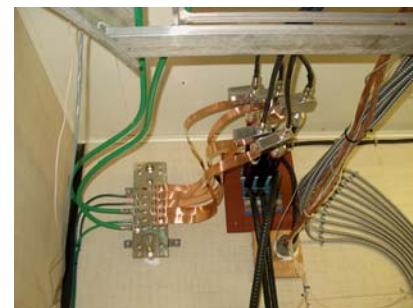


Figure 2-14

Une ceinture de terre en halo pour plafond (voir fig. 2-14), constituée d'un câble en cuivre toronné de calibre 4/0 AWG à gaine noire, doit être fixée sur les murs autour du local, à environ 6 pouces (15 cm) sous le plafond. Ce câble doit être relié par des rubans en cuivre à toutes les surfaces métalliques de composants non électroniques, comme les fenêtres, les portes, les événements, etc. qui **ne sont pas reliés** à la terre commune. La ceinture de terre en halo a pour but d'atténuer les effets du champ magnétique induit par suite d'un foudroiement.

2.3.3 Lignes d'entrée : alimentation, UPS, téléphone et données

Idéalement, le point d'entrée des lignes téléphoniques devrait se trouver à proximité du collecteur de terre principal et y être relié. Si ce n'est pas possible, on doit installer un collecteur de terre en cuivre près du point d'entrée de la ligne téléphonique. Ce collecteur secondaire doit être relié au collecteur de terre principal par une seule longueur de câble en cuivre vert toronné et isolé de calibre 6 AWG.

Chaque ligne téléphonique doit être protégée par un limiteur de surtension, des MOV/SAD, et sa masse reliée au collecteur de terre principal ou au collecteur de la ligne téléphonique.

Chaque ligne audio ou de données d'entrée doit être protégée par un limiteur de surtension, des MOV/SAD, et sa masse reliée au collecteur de terre principal ou au collecteur de la ligne téléphonique.

Le neutre de la ligne d'alimentation principale doit être connecté au sectionneur de services principal sur le collecteur de terre principal, à l'aide d'un câble en cuivre vert toronné et isolé de calibre 2/0 AWG.

Le châssis de toutes les génératrices d'urgence ou autre équipement alimenté au courant alternatif doit être relié par continuité des masses au collecteur de terre principal, à l'aide d'un câble en cuivre vert toronné et isolé.

La sortie c.c. de l'alimentation sans coupure (UPS) doit être protégée par des MOV/SAD ou autres dispositifs afin de dériver les courants de surtension élevés vers la terre.

2.3.4 Autres exigences relatives à la mise à la terre des sites

2.3.4.1 Mise à la terre des clôtures à mailles losangées

Les clôtures à mailles losangées qui se trouvent à moins de 30 pieds (9 m) de la terre du périmètre du bâtiment doivent être reliées à celle-ci au moyen d'un câble en cuivre toronné de calibre 2/0 AWG (voir fig. 2-15). Les clôtures de ce type qui se trouvent à moins de 30 pieds (9 m) d'une tour doivent être reliées par continuité des masses aux conducteurs radiaux ou aux prises de terre du périmètre qui sont interconnectées. Les piquets de clôture doivent être connectés de façon exothermique à la terre périphérique tous les 100 pieds (30 m).

Les clôtures à mailles losangées qui sont situées à plus de 30 pieds (9 m) de la terre périphérique du bâtiment, mais à moins de 50 pieds (15 m) de la terre du périmètre, doivent être reliées par continuité des masses au grillage de la clôture et à une tige de mise à la terre de 10 pieds de

longueur sur $\frac{3}{4}$ po de diamètre tous les 150 pieds (45 m), à l'aide d'un fil de cuivre de calibre 6 AWG.



Figure 2-15 La clôture à mailles losangées entourant ce site de communications n'est pas relié par continuité des masses à la terre du périmètre extérieur, puisqu'elle se trouve à plus de 50 pieds (15,24 m) de la tour de transmission de 340 pieds et du bâtiment des communications adjacent.

Figure 2-15

Les clôtures à mailles losangées qui entourent les tours ou les bâtiments d'équipement à moins de 20 pieds (6 m) des structures doivent être mises à la terre et reliées par continuité des masses au poteau de clôture à l'aide de bandes de cuivre tressées.

Chaque poteau de clôture doit être relié directement à une tige de mise à la terre ou, s'il est à moins de 30 pieds (9 m) de la terre du périmètre du bâtiment, relié par continuité des masses à la terre du périmètre.

Aucune clôture métallique ou à mailles losangées ne doit se trouver sur le tapis de sol actif d'un site de diffusion AM. Ce tapis de sol s'étend à partir de la base de la tour au moins jusqu'à une distance égale à la hauteur de la tour. Les clôtures entourant un site de diffusion AM actif subissent des courants RF induits qui peuvent causer de graves brûlures, à moins qu'elles soient extrêmement bien mises à la terre. Les clôtures sur des sites de communication AM doivent être reliées tous les 20 pieds (6 m) à une tige de mise à la terre ou suivant les indications de l'ingénieur de site.

Toutes les clôtures métalliques ou à mailles losangées doivent être reliées par continuité des masses de façon exothermique à une structure métallique, un tuyau, un conduit ou tout objet se trouvant à moins de 10 pieds (3 m), à l'aide d'un câble en cuivre toronné de calibre 2/0 AWG, s'il se trouve au-dessous du niveau du sol, ou de calibre 2 AWG, s'il se trouve au-dessus du niveau du sol.

2.4 PROTECTION CONTRE LA Foudre ET MISE À LA TERRE DE L'ÉQUIPEMENT ÉLECTRONIQUE

2.4.1 Équipement électronique dans les locaux techniques

Toutes les lignes de transmission d'entrée doivent comporter des limiteurs de surtension adéquats entre le point d'entrée des câbles extérieurs et la connexion d'antenne de l'équipement.

Tous les châssis d'équipement électronique qui sont dans le même bâti ou boîtier doivent être reliés au collecteur de terre en cuivre de son bâti ou boîtier correspondant, à l'aide de conducteurs en cuivre toronnés et isolés de calibre 6 AWG.

La figure 2-16 montre des bâtis d'équipement se trouvant dans le bâtiment des communications de la Garde côtière canadienne de Cardinal, en Ontario. Le bâti du milieu contient un collecteur de terre en cuivre vertical qui comporte des points de connexion pour tous les châssis de l'équipement monté dans le bâti. Le collecteur de terre est, à son tour, relié au collecteur de terre principal.

Collecteur de terre en cuivre



Figure 2-16

Le collecteur de terre en cuivre de chaque bâti ou boîtier métallique doit être relié au collecteur de terre principal à l'aide de conducteurs en cuivre verts toronnés et isolés de calibre 2 AWG (voir fig. 2-16).

Les chemins ou les conduits de câbles doivent être reliés par continuité des masses à une longueur continue de câble en cuivre toronné de calibre 2/0 AWG, relié au collecteur de terre principal. La gaine verte de ce câble doit être coupée à intervalles pour permettre la liaison par continuité des masses aux sections individuelles du chemin de câbles.

Les bonnes pratiques de mise à la terre préconisent d'utiliser des connexions de terre aussi courtes que possible avec un minimum de coudes, des conducteurs en cuivre suffisamment larges et une connexion dédiée et directe de chaque pièce d'équipement au collecteur de terre principal.

2.5 CONSIDÉRATIONS PARTICULIÈRES POUR LA MISE À LA TERRE

2.5.1 Mise à la terre des tours et des ancrs dans la roche

Une ceinture de câble en cuivre toronné de calibre 4/0 AWG doit être installée autour de la base de la tour. Chaque jambe de la tour doit être reliée par continuité des masses à la ceinture, à l'aide d'un câble en cuivre toronné de calibre 4/0 AWG. Des conducteurs radiaux en cuivre doivent être attachés à la ceinture de terre de la base et s'étendre vers l'extérieur sur au moins 60 pieds (18 m) avec un espacement entre eux de 20 à 40 degrés pour former une étoile ou suivant les indications de l'ingénieur de site pour établir le réseau de décharge à couplage capacitif. Les conducteurs radiaux doivent être de calibre 2/0 AWG, et, afin d'assurer une dispersion optimale des charges, des rubans plats en cuivre de 12 pouces (30 cm) de longueur doivent être reliés à angles droits par continuité des masses à chaque conducteur radial tous les 2 pieds (60 cm) (voir fig. 2-17).

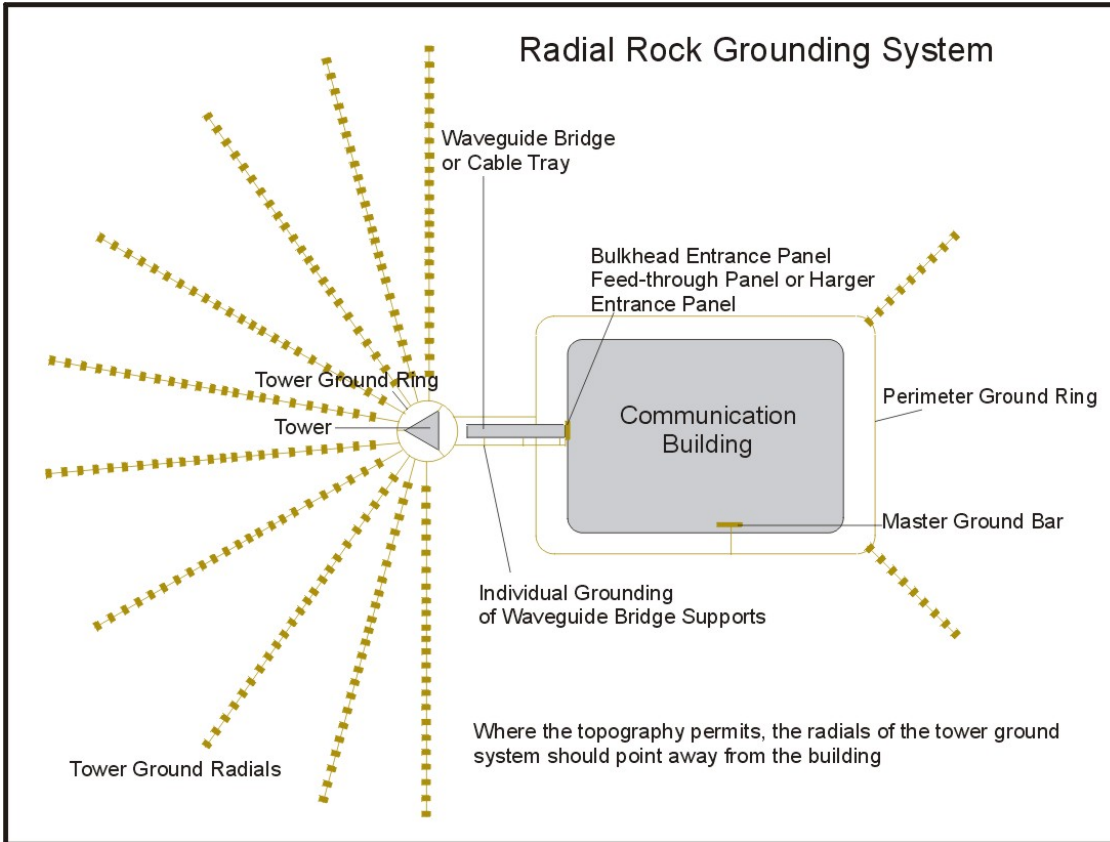


Figure 2-17

L'efficacité de la méthode consistant à utiliser de la bentonite comme matériau de remplissage des trous est fort discutée. Les trous sont creusés dans la roche à une certaine distance l'un de l'autre et une tige de mise à la terre en cuivre est insérée dans chaque trou. Les tiges sont toutes reliées entre elles, et les trous sont remplis de bentonite, sorte d'argile très conductrice à faible pH, qui contribue à limiter la corrosion.

On peut aussi améliorer la connexion des conducteurs de terre radiaux en les noyant dans un matériau qui améliore la conductivité du sol (Ground Enhancing Material (GEM)) qui adhérerà à la roche.

Un câble continu en cuivre toronné de calibre 2/0 AWG doit être attaché au câble de hauban supérieur à chaque ancre et à tous les haubans inférieurs à l'aide de brides de serrage en acier inoxydable pour que les câbles de terre descendent presque à la verticale.

Le câble de mise à la terre du hauban doit être relié par continuité des masses sous terre à un deuxième câble en cuivre de façon à former deux conducteurs radiaux qui contournent l'ancre par connexion en « Y » et s'en éloignent sur une distance de 60 pieds (18 m). Les conducteurs radiaux doivent être de calibre 2/0 AWG, et, afin d'assurer une dispersion optimale des charges, des rubans plats en cuivre de 12 pouces (30 cm) de longueur doivent être reliés à angles droits par continuité des masses à chaque conducteur radial tous les 2 pieds (60 cm).

2.5.2 Mise à la terre dans le pergélisol

Le pergélisol est un matériau non conducteur et, similairement aux surfaces rocheuses, il peut être difficile d'y établir des trajets de décharge rapide pour l'énergie induite par la foudre. Un réseau de terre radial de surface est souvent le seul moyen disponible pour décharger et dissiper l'énergie induite par la foudre.

Une ceinture de câble en cuivre toronné de calibre 4/0 AWG doit être installée autour de la base de la tour. Chaque jambe de la tour doit être reliée par continuité des masses à cette ceinture à l'aide d'un câble de calibre 4/0 AWG. Des conducteurs radiaux en cuivre doivent être attachés à la ceinture de terre de la base et s'étendre vers l'extérieur sur au moins 60 pieds (18 m) avec un espacement entre eux de 20 à 40 degrés pour former une étoile ou suivant les indications de l'ingénieur de site. Les conducteurs radiaux doivent être de calibre 2/0 AWG, et, afin d'assurer une dispersion optimale des charges, des rubans plats en cuivre de 12 pouces (30 cm) de longueur doivent être reliés à angles droits par continuité des masses à chaque conducteur radial tous les 2 pieds (60 cm).

L'utilisation de bandes de cuivre au lieu de conducteurs de terre toronnés permettra d'obtenir un réseau de terre plus efficace.

Cette prise de terre isolée doit être reliée par continuité des masses à tous les équipements et à toutes les structures métalliques afin d'assurer le maintien du potentiel lors d'un foudroiement.

2.5.3 Mise à la terre dans les sols de faible conductivité

Lorsqu'on soupçonne des conditions de sol inadéquates, on doit mesurer les caractéristiques du sol. La résistivité du sol est mesurée à l'aide d'un tellurohmmètre. Pour ce faire, on enfonce quatre tiges en cuivre courtes dans le sol en les espaçant également sur une ligne droite. Un courant est appliqué aux deux tiges extérieures et une mesure du courant est prise entre les deux tiges intérieures. L'intensité du courant traversant les tiges intérieures permet alors de calculer la résistivité du sol. Pour que les résultats soient valides, les essais doivent être réalisés dans des conditions climatiques jugées « normales » par du personnel qui connaît bien l'équipement et les procédures d'essai.

Pour les sites de communication, la résistance du réseau de terre à la terre doit être d'au plus 5 ohms.

On peut augmenter la conductivité du sol en y mettant du sel d'Epson, du sulfate de magnésium, du sulfate de cuivre, du chlorure de sodium ou autres produits chimiques. Il existe des tiges chimiques de mise à la terre qui retiennent l'humidité et qui libèrent progressivement le liquide salin dans le sol pour en augmenter la conductivité. Une attention particulière doit cependant être portée au choix des produits chimiques employés à cette fin, puisqu'ils causent des effets indésirables, dans la plupart des cas.

Il est recommandé d'utiliser 12 livres (5,5 kilogrammes) de sel pour chaque tige de mise à la terre de 10 pieds. Le sel doit être mélangé à l'eau pour qu'il puisse pénétrer dans le sol. Le sulfate de magnésium est le matériau le moins dommageable pour l'environnement, autre que les GEM qui

Normes

sont spécialement conçus. Même si le sel est facile à trouver, il n'est pas le meilleur choix en raison de son impact sur l'environnement, de ses propriétés corrosives et de la nécessité d'en rajouter périodiquement.

Étant donné leur faible empreinte environnementale, les GEM sont aussi à considérer pour augmenter la conductivité du sol. Voici une liste de certains de ces matériaux, accompagnés de leur résistivité :

- **Bentonite** : Argile conductrice formée par la cendre volcanique : 2,5 ohms par mètre. Sa teneur en eau peut cependant varier largement.
- **Matériaux de remblayage à base de carbone** : 0,1 à 0,5 ohm par mètre. Leurs propriétés de rétention d'eau ne sont pas aussi bonnes que celles de l'argile.
- **Matériaux de remblayage à base d'argile** : possèdent une capacité de rétention d'eau élevée : 0,2 à 0,8 ohm par mètre.
- **Béton conducteur** : 30 à 90 ohms par mètre. La glace et la corrosion nuisent au béton.

Les valeurs de résistivité de sol sont présentées à l'annexe A.

2.5.4 Mise à la terre dans les milieux corrosifs

Un agent tampon, comme la bentonite, peut être mélangé avec le sol pour aider à compenser l'impact négatif qu'un sol très corrosif pourrait avoir sur le réseau de terre. Dans des conditions très corrosives, on peut utiliser un GEM spécialement formulé.

En présence d'air salin ou d'air à forte teneur en acide sulfurique ou autres polluants chimiques qui pourraient accélérer la corrosion, toutes les connexions de terre externes doivent être scellées avec un composé anticorrosion et, si possible, rendus étanches à l'air pour prévenir l'oxydation.

2.5.5 Mise à la terre dans les environnements partagés

Le propriétaire du site de communication est responsable de la mise à la terre adéquate de la tour et des installations. Le locataire ou le cooccupant est responsable de la mise à la terre de son propre équipement. Toutes les lignes de transmission d'entrée doivent passer par un limiteur de surtension qui est relié à la terre sur un panneau d'entrée de cloison ou, en son absence, au collecteur de terre principal intérieur. Les châssis, les bâtis et les boîtiers métalliques de l'équipement ainsi que toutes les lignes audio, téléphoniques ou de données doivent être protégées et mis à la terre de la manière décrite dans les paragraphes précédents. Si la mise à la terre dans le local technique semble en général inadéquate, le propriétaire du site peut être tenu de régler les lacunes. L'installation d'un réseau de terre distinct n'est pas une solution.

Chapitre 3 INSPECTION ET ENTRETIEN

3.1 NOUVELLES INSTALLATIONS

3.1.1 Les systèmes de protection contre la foudre et les systèmes de mise à la terre nouvellement installés doivent être inspectés de la façon suivante:

- vérifier si tous les points de connexion de câbles de terre des haubans et des ancrés sont bien raccordés et serrés;
- s'assurer que toutes les autres connexions de terre sont bien serrées et qu'elles sont protégées par un composé anticorrosion (p. ex., No-Ox-ID);
- mesurer et noter la résistivité du sol (maximum de 5 ohms);
- mesurer et noter la résistance de la liaison par continuité des masses (1 ohm max.).

3.1.2 L'inspection des mises à la terre et des connexions de nouvelles installations, décrite ci-dessus, doit être répétée six mois après l'installation et, par la suite, en même temps que les inspections programmées pour la tour.

3.2 INSTALLATIONS EXISTANTES

3.2.1 Les sites existants doivent être inspectés en même temps que les inspections programmées pour la tour et doivent se faire comme suit :

- vérifier si tous les points de connexion de câbles de terre des haubans et des ancrés sont bien raccordés et serrés et s'ils présentent de la corrosion. Resserrer ou remplacer au besoin;
- vérifier si toutes les autres connexions de terre sont bien serrées, si elles présentent de la corrosion et si le composé anticorrosion est en bon état. Remplacer au besoin et réappliquer du composé anticorrosion (p. ex., No-Ox-ID);
- mesurer et noter la résistivité du sol (5 ohms max.) des sites reconnus pour leur faible conductivité de sol. Pour les sites dont les conditions de sol sont « normales », les mesures de résistivité devraient être réalisées tous les cinq ans;

- mesurer la résistance de la liaison par continuité des masses (1 ohm max.).

3.3 MESURES DE LA CONNECTIVITÉ

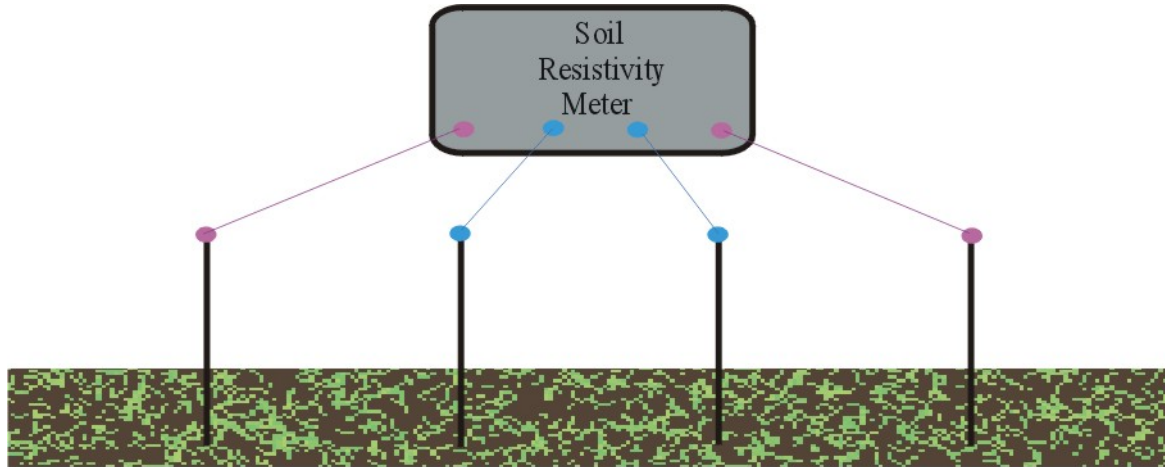
La résistance entre chaque pièce d'équipement et la terre à l'intérieur du local technique est mesurée à l'aide d'une électropince spécialement conçue. La résistance mesurée entre le collecteur de terre principal et le point de connexion de chaque équipement ne doit pas dépasser 1 ohm.

3.4 VÉRIFICATION DE LA RÉSISTIVITÉ DU SOL

La résistivité du sol devrait être vérifiée périodiquement, et plus souvent, par temps anormalement sec. Les résultats des plus récentes mesures de résistivité du sol devraient être comparés aux caractéristiques initiales du réseau afin de déterminer si un matériau d'amélioration de la conductance doit être injecté dans le sol ou si le système de mise à la terre doit être amélioré par d'autres moyens (voir fig. 3-1).

La vérification de tout un réseau de terre enfoui, y compris de ses conducteurs radiaux, tiges de mise à la terre et terre périphérique, est un processus complexe qui pourrait nécessiter des travaux d'excavation pour accéder aux câbles en cuivre à divers endroits si l'on soupçonne la présence de corrosion dans le système de mise à la terre. On pourrait avoir à couper des câbles à certains endroits et à les remplacer en cas de dommages ou à ajouter des tiges de mise à la terre si la teneur en eau ou la conductivité du sol a diminué. Afin de mesurer activement les paramètres du réseau de terre, on doit induire des courants dans le sol à diverses distances pour mesurer et calculer la performance du système de mise à la terre. Ce type de mesure et d'analyse devrait être exécuté par un technicien compétent et qui a de l'expérience en mesure de résistivité de sol et de réseaux de terre.

Afin d'obtenir des lectures précises de la résistivité du sol, les essais doivent être effectués à une multitude d'endroits et à diverses profondeurs. Pour ce faire, on utilise le plus souvent un appareil spécialement conçu pour mesurer la résistivité du sol qu'on appelle un tellurohmmètre. Cet appareil de mesure est typiquement muni de quatre fils et électrodes d'essai en acier inoxydable. On obtient la résistivité du sol en injectant un courant entre deux électrodes d'essai et en mesurant la tension résultante entre deux autres jeux d'électrodes. Les résultats sont analysés, évalués et notés.



Voltage is dropped across the 2 outer electrodes and the current is measured between the 2 inner electrodes, establishing the soil's resistivity. Equal spacing between electrodes is important to obtain accurate readings.

Figure 3-1

La configuration à quatre électrodes utilisée pour mesurer la résistivité du sol selon la méthode illustrée ci-dessus est ce qu'on appelle la configuration de Wenner. Elle permet de déterminer la résistivité moyenne (ρ) du sol (électrolyte). Les lectures obtenues sont calculées par l'équipement d'essai, puis affichées. Pour éviter les lectures erronées causées par la polarisation des électrodes soumises aux courants continus d'essai ou à d'autres courants de défaut présents dans le sol, ces appareils emploient la technologie d'inversion rapide de courant continu ou un courant de ligne c.a. 50 Hz couplé à un transformateur d'isolation ou une technologie similaire.

Les fabricants de tellurohmmètre donnent des renseignements détaillés sur la façon d'utiliser leur équipement et d'effectuer les mesures de résistivité du sol. Des informations supplémentaires sur les techniques avancées de mesure de résistivité du sol se trouvent dans la publication de Motorola intitulée *Standards and Guidelines for Communication Sites R56*, section 4.3 Soil Resistivity Measurements.

Annexe A VALEURS DE RÉSISTIVITÉ DU SOL

Les valeurs de résistivité du sol sont exprimées en Ω -cm.

Composition du sol	Résistivité minimale	Résistivité moyenne	Résistivité maximale
Cendres, scorie, saumure, déchets	590	2 370	7 000
Argile, schiste, gumbo, loam	340	4 060	16 300
Argile, schiste, gumbo, loam incluant des portions de sable et de gravier	1 020	15 800	135 000
Gravier, sable, roches avec un peu d'argile ou de loam	59 000	94 000	458 000

Effet de la teneur en sel sur la résistivité d'un loam sableux à teneur en eau de 15 % en poids, à 17 °C.

Sel ajouté (% en poids)	Résistivité (Ω-cm)
0	10 700
0,1	1 800
1,0	460
5	190
10	130
20	100

Effet de la température sur la résistivité d'un loam sableux à teneur en eau de 20 % par poids et à teneur en sel de 5 % en poids de l'humidité.

Température (degrés C)	Résistivité (Ω-cm)
20	110
10	142
0	190
-5	312
-13	1440

Effet de la teneur en eau en poids.

% en poids	Couche arable	Loam sableux
0	>1 000 000 000	>1 000 000 000
2,5	250 000	150 000
5	165 000	43 000
10	53 000	18 500
15	19 000	10 500
20	12 000	6 300
30	6 400	4 200

Les données sont tirées du site Web <http://www.dranetz-bmi.com/pdf/groundtesting.pdf>.
« Understanding Ground Resistance Testing Soil Resistivity ».

Annexe B MATÉRIAUX AMÉLIORANT LA CONDUCTIVITÉ DU SOL (GEM)

Le GEM d'ERICO est un matériau conducteur supérieur qui améliore l'efficacité de mise à la terre, particulièrement aux endroits à faible conductivité, comme les terrains rocheux, les sols à teneur en eau variable et les sols sableux.

B.1 CARACTÉRISTIQUES

- Résistivité effective type entre 12 et 18 ohms-cm (20 fois inférieure à celle de l'argile bentonitique)
- Une fois pris, le GEM conserve sa résistance pour toute la « vie » du réseau de terre.
- Efficace dans toutes les conditions de sol, même en période sèche.
- Permanent – ne se dissout pas, ne se décompose pas et ne se lessive pas avec le temps.
- Facile à poser sous forme sèche ou de boue.
- Satisfait aux exigences de la Environmental Protection Authority (É.-U.) relativement à l'enfouissement.
- Peut être posé par la méthode des tranchées ou du remblayage des tiges de mise à la terre.

B.2 APPLICATIONS

Le GEM convient parfaitement aux sols à faible conductivité, comme les terrains rocheux, les sommets de montagne, les sols sableux et les sols à teneur en eau variable.

B.3 RENSEIGNEMENTS SUPPLÉMENTAIRES

B.3.1 Calculateur de GEM

Téléchargez la dernière version du [Calculateur de GEM](#) d'ERICO. Disponible en quatre langues (anglais, français, allemand et espagnol), le calculateur estime la quantité de GEM nécessaire pour une installation et convertit les unités de mesure métriques et anglo-saxonnes.

B.3.2 Spécifications

- Une fois pris, le GEM doit avoir une résistivité d'au plus 20 ohms-cm.

Annexe B

- Le GEM doit être posé de façon permanente, ne nécessiter aucun entretien (aucun remplissage avec du sel ou des produits chimiques, qui pourraient être corrosifs) et conserver sa résistance de terre avec le temps.
- Il doit être bien pris et ne doit pas se dissoudre ni se décomposer dans le sol ou autrement polluer le sol ou la nappe phréatique locale.
- On doit pouvoir le poser sous forme de boue.
- On ne doit pas compter sur la présence constante d'eau pour qu'il conserve sa conductivité.

B.4 MÉTHODES DE POSE DES GEM

B.4.1 Pose en tranchées

Nombre de pieds linéaires de conducteur de terre couverts estimé par sac de GEM

Largeur de la tranchée	Épaisseur totale du GEM			
	2,5 cm (1 po)	5,1 cm (2 po)	7,6 cm (3 po)	10,2 cm (4 po)
10 cm (4 po)	4,3 m (14,0 pi)	2,1 m (7,0 pi)	1,4 m (4,7 pi)	1,1 m (3,5 pi)
15 cm (6 po)	2,8 m (9,3 pi)	1,4 m (4,7 pi)	0,9 m (3,1 pi)	0,7 m (2,3 pi)
20 cm (8 po)	2,1 m (7,0 pi)	1,1 m (3,5 pi)	0,7 m (2,3 pi)	0,5 m (1,8 pi)
25 cm (10 po)	1,7 m (5,6 pi)	0,9 m (2,8 pi)	0,6 m (1,9 pi)	0,4 m (1,4 pi)
30 cm (12 po)	1,4 m (4,7 pi)	0,7 m (2,3 pi)	0,5 m (1,6 pi)	0,4 m (1,2 pi)

Un sac de GEM de 11,1 kg couvre 2,1 m linéaires (7 pieds linéaires) de conducteur sur une largeur de 10,2 cm (4 po), une épaisseur de recouvrement de 5,1 cm (2 po), 2,5 cm (1 po) en dessous et 2,1 cm (1 po) au-dessus du conducteur, basé sur une densité de 1017 kg/m³ (63,5 lb/pi³).

B.4.1.1 Method

- 3) Creuser une tranchée d'au moins 10,2 cm (4 po) de largeur sur 76,2 cm (30 po) de profondeur ou jusque sous la ligne de gel, selon que la profondeur sera plus grande dans le premier ou le second cas. Étaler suffisamment de GEM pour couvrir uniformément le fond de la tranchée : environ 2,5 cm (1 po) de profondeur.
- 4) Placer le ruban de cuivre ou le conducteur de terre sur le GEM.
- 5) Étaler une autre couche de GEM de 3 cm (1 po) de profondeur autour et sur le conducteur de façon à le recouvrir complètement.
- 6) Recouvrir soigneusement le GEM avec de la terre sur une profondeur d'environ 10 cm (4 po) en s'assurant de ne pas exposer le conducteur. Tasser le sol, puis remplir la tranchée.

À noter que ces instructions de pose ne sont données qu'à titre indicatif. Des instructions détaillées seront fournies au moment de l'achat du produit.

B.4.2 Pose par remblayage des tiges de mise à la terre

Nombre de sacs de GEM estimé pour remblayer les trous autour des tiges de mise à la terre avec une densité de 1442 kg/m³ (90 lb/pi³)

Diamètre du trou	Profondeur du trou (pi) *						
	1,8 m (6 pi)	2,1 m (7 pi)	2,4 m (8 pi)	2,7m (9 pi)	5,2 m (17 pi)	5,8 m (19 pi)	6,1 m (20 pi)
7,5 cm (3 po)	2	2	2	2	4	4	4
10,0 cm (4 po)	2	3	3	3	6	7	7
12,5 cm (5 po)	3	4	4	5	9	10	10
15,0 cm (6 po)	5	5	6	7	13	14	15
17,5 cm (7 po)	6	7	8	9	17	19	20
20,0 cm (8 po)	8	9	11	12	22	25	26
22,5 cm (9 po)	10	12	13	15	28	31	32
25,0 cm (10 po)	12	14	16	18	34	38	40

* Une longueur minimale de tige de 2,44 m (8 pi) est nécessaire pour assurer un contact avec le sol (ou le GEM). Conformément à NEC 250-83c.

B.4.2.1 Méthode

- 1) À l'aide d'une tarière, faire un trou de 7,6 cm (3 po) de diamètre sur une profondeur équivalant à 15,0 cm (6 po) de moins que la longueur de la tige de mise à la terre.
- 2) Placer la tige de mise à la terre dans le trou et l'enfoncer sur environ 30 cm (1 pi) dans le fond du trou, au moyen d'une tête en acier et d'un marteau. L'extrémité supérieure de la tige de mise à la terre se trouvera à environ 15,2 cm (6 po) au-dessous du niveau du sol. À ce moment, faire toutes les liaisons à la tige de terre à l'aide de connexions CADWELD®.
- 3) Couler la quantité appropriée de GEM (voir ci-dessous) autour de la tige de mise à la terre. Pour s'assurer que le GEM remplit complètement le trou autour de la tige de mise à la terre, le tasser avec un bâton.
- 4) Remplir le reste du trou avec la terre qui a été enlevée durant le creusage. Le tableau ci-dessus indique les diamètres et les profondeurs des trous creusés à la tarière.

Nota: Le surplus d'eau à la surface du trou doit être enlevé.

Annexe B

Nota: Pour prémélanger le GEM sous forme de boue, utiliser une bétonnière standard ou mélanger manuellement dans une boîte de mélange, une brouette, etc. Utiliser entre 5,5 et 7,5 litres (1,5 et 2 gallons) d'eau propre par sac de GEM.

Nota: À noter que ces instructions de pose ne sont données qu'à titre indicatif. Des instructions détaillées seront fournies au moment de l'achat du produit.

Annexe C TERMES ET DÉFINITIONS

Bentonite	Matériau améliorant la conductivité du sol (GEM) à base d'argile à haute conductivité.
Brasage tendre à l'argent	Assemblage de deux ou plusieurs pièces métalliques utilisant l'argent comme matériau d'apport. Cette liaison mécanique est plus solide que le joint brasé au plomb couramment employé qui offre une résistance à la chaleur beaucoup plus grande.
Brasage	Assemblage de deux ou plusieurs pièces métalliques à l'aide d'un métal d'apport liquéfié par la chaleur et ayant une température de fusion inférieure à celle des métaux à joindre.
Chemin de câbles	Support pour câbles et lignes de transmission.
Collecteur de terre de la tour	Barre pleine en cuivre ou en laiton fixée à une tour et servant à la connexion des rubans de mise à la terre des câbles.
Collecteur de terre principal	Plaque pleine en cuivre ou en laiton servant de point de distribution unique pour les câbles de terre utilisés dans un local technique.
Conducteurs radiaux	Câbles droits en cuivre enfouis qui partent de la base d'une tour ou autre construction et auxquels sont typiquement attachées des tiges de mise à la terre équidistantes.
Continuité des masses	Liaison mécanique entre deux ou plusieurs pièces métalliques dans le but de réduire la résistance électrique et de faciliter la dérivation du courant de foudre ou de courants de défaut vers la terre.
Diode avalanche au silicium (SAD)	Limiteur de surtension à semi-conducteurs qui devient conducteur lorsqu'un niveau de tension préétabli est dépassé.
Élévation du potentiel de terre	Élévation de tension qui se produit lorsque le niveau de référence à la terre augmente en raison de l'inductance momentanée subie par le système de mise à la terre lors d'un foudroiement.

Inductance	Résistance électrique à un courant alternatif ou à des impulsions.
Limiteur de surtension	Dispositif qui dévie les courants transitoires vers la terre au-dessus d'un niveau préétabli.
Matériau améliorant la conductivité du sol (GEM)	Matériau conducteur et non acide ajouté à la terre ou au sol pour en améliorer la conductivité dans le but de dissiper l'énergie induite par la foudre.
Mise à la terre de type « Ufer »	Méthode de mise à la terre qui utilise des barres d'armature en acier noyées dans le béton comme prises de terre pour disperser les charges induites par la foudre.
Mise à la terre	Connexion à la terre ou établissement d'un trajet vers celle-ci dans le but de dissiper dans le sol l'énergie induite par la foudre ou les courants de défaut.
Panneau de cloison	Panneau ou plaque de cuivre conçu pour la connexion des lignes de transmission d'entrée.
Parafoudre à éclateur	Dispositif mécanique passif ne laissant passer le courant qu'à une haute tension préétablie en produisant un arc entre ses contacts.
Pont pour guides d'ondes	Plateforme habituellement faite en acier galvanisé qui supporte les lignes de transmission et les autres câbles.
Puissance apparente rayonnée (PAR)	Puissance radioélectrique réelle rayonnée par une antenne.
Soudage exothermique	Fusion de deux ou plusieurs pièces métalliques à l'aide d'un mélange d'oxyde de cuivre et de grenailles d'aluminium par un procédé thermique instantané afin d'obtenir une liaison moléculaire.
Soudage par aluminothermie	Fusion de deux ou plusieurs pièces métalliques à l'aide d'un mélange de poudre d'oxyde de fer et de grenailles d'aluminium par un procédé thermique instantané afin d'obtenir une liaison moléculaire.
Terre du périmètre	Réseau de terre constitué d'un câble enfoui et de tiges de mise à la terre qui forment une boucle fermée autour d'un bâtiment, d'une remorque ou d'un abri.
Tige de mise à la terre	Électrode en acier recouvert de cuivre ou galvanisé enfoncée dans le sol pour dissiper l'énergie induite par la foudre.

Transformateur torique

Transformateur dont le primaire est enroulé autour d'un anneau rond et le secondaire autour d'un autre anneau placé au centre de l'anneau du primaire sans contact physique.

Varistance à oxyde métallique
(MOV)

Limiteur de surtension, souvent utilisé pour les hautes tensions, qui devient conducteur lorsqu'un niveau de tension préétabli est dépassé.

Annexe D RÉFÉRENCES

- CAN/CSA-C22.2 No 0.4-04
- CAN/CSA-S37-01
- Code canadien de l'électricité
- Code canadien sur la sécurité en électricité
- CCG Tower/Remote Site Groundings General Drawings And Engineering Standards, Terre-Neuve-et-Labrador
- Designing For A Low Resistant Earth Interface (Grounding), par Roy B. Carpenter, Jr. et Roy B. Lanzoni
- General Site Grounding Specification, Central & Artic, Garde côtière canadienne, rév. 5, 12 décembre 2002
- Grounding Standard for the National Oceanic and Atmospheric Administration, National Environmental Satellite, Data and Information Service, Norme no S24.809, révision du 22 décembre 2000
- Grounding/Bonding & Lightning Protection For A Typical Cell Site, Rogers Wireless, numéro 3, 29 octobre 2004
- Installation Methods For Protecting Solid State Broadcast Transmitters against Damage From Lightning And AC Power Surges, par John F. Schneider
- Lightning Protection and Grounding Solutions for Communication Sites, Polyphaser, par Ken Rand, janvier 2000
- Lightning Rod Act, Chapter 257, revised Statutes, 1989 and amended 1995-96, c. 8, s. 19
- Standards And Guidelines For Communication Sites R56, par Motorola
- Practice For Lightning & Grounding Protection For Telecommunication Sites – Canadian Coast Guard, Maritime, 19 juin 2003
- Site Protection Through Proper Grounding, Bonding and Design Practices, par Paul Simonds, 2006
- Telecommunications Grounding Standard, MNS-GND001-01, numéro 2.1 du 5 mars 2007

Annexe E CODE CANADIEN SUR LA SÉCURITÉ EN ÉLECTRICITÉ

Le Code canadien sur la sécurité en électricité définit à la **Section 10, Mise à la terre et continuité des masses**, les diverses règles, options et exigences à appliquer pour se conformer au code. Pour obtenir des informations supplémentaires et des précisions sur des sujets qui ne sont pas présentés dans cette norme, veuillez consulter le Code canadien sur la sécurité en électricité.

La section 10, Mise à la terre et continuité des masses, détaille et définit les concepts suivants :

- Prises de terre artificielles
- Continuité des masses de l'appareillage
- Conducteurs de continuité de masses de l'appareillage
- Conducteurs de mise à la terre et de continuité des masses
- Prises de terre
- Parafoudres
- Paratonnerres
- Méthodes de mise à la terre
- Dispositif de mise à la terre du neutre
- Conducteurs des dispositifs de mise à la terre du neutre
- Mises en garde des dispositifs de mise à la terre du neutre
- Espacement et continuité des masses des réseaux de terre des réseaux de distribution d'électricité, des communications et des antennes collectives
- Conducteurs de mise à la terre des réseaux

Appendice G - VHF-DF Servo Antenna Installation Manual

Voir à : <http://www.df2100.com/>