



This Project has received funding from the European Union's European Atomic Energy Community's (Euratom) FP7 under grant agreement n°269905, the LUCOEX project.



(GRANT AGREEMENT: 269905)

DELIVERABLE (D-N°:D2.2)

REPORT ON THE CONSTRUCTION OF THE EMPLACEMENT TUNNEL Large Underground Concept Experiments "LUCOEX"

Author(s): Roberto Daneluzzi, Fabrice Burrus, Thomas Küttel, Herwig R. Müller, Sven Köhler

Date of issue of this report: 12/08/2014

Start date of project: 01/01/11

Duration: 48 Months

Project co-funded by the European Commission under the Seventh Euratom Framework Programme for Nuclear Research & Training Activities (2007-2011)		
Dissemination Level		
PU	Public	PU
RE	Restricted to a group specified by the partners of the LUCOEX	
CO	Confidential, only for partners of the LUCOEX project	



**WP2 - FULL-SCALE EMPLACEMENT EXPERIMENT (FE)
AT MONT TERRI**

Abstract

The FE gallery was constructed between March and October 2012, within the framework of the Full-Scale Emplacement (FE) Experiment in the Mont Terri Rock Laboratory (Canton Jura, Switzerland). One aim of the FE Experiment is the investigation of tunnel construction in Opalinus Clay, not only regarding engineering aspects but also regarding the (T)HM effects of such an excavation on the surrounding rock mass (similar to previous "mine-by" experiments). The FE experiment also deals with and compares the materials, equipment and implementation techniques used under the real conditions. Since the FE experiment represents Nagra's participation in the EU project "Large Underground Concept Experiments (LUCOEX)", it is also co-financed by the European Union.

The FE gallery was designed according to the Swiss concept for a high-level waste emplacement tunnel. The FE gallery extends over a length of 50 m with an average inner diameter of 2.7 m. Generally, a non-disturbing excavation method was envisaged in order to minimise the extent of the "excavation damaged zone (EDZ)". Finally, modified standard equipment (such as pneumatic hammers and roadheaders) was used for the tunnel excavation.

Significant convergences were observed during the excavation of the FE Gallery. In July 2012 the invert shotcrete ruptured and the floor was partially uplifted. The damage was assessed and the necessary measures for renovating the invert were taken in late summer to autumn 2012.

In general, this report documents the requirements for the excavation (and renovation) of the FE Gallery, as well as conditions and observations during its execution. All relevant as-built documents (such as the plan for the installation of the excavation site, the geomonitoring plan and the rock support plan) are also attached to this report. Furthermore, the measures taken to protect the Mont Terri Rock Laboratory against dust and other possible damage (e.g. due to collision or fire) are described in the appended plans. Finally, the main events during the implementation of the FE Gallery are listed in tabular form.

Additionally, this report briefly outlines and documents the installation and position of all sensors and measurement systems (such as survey points for convergence monitoring, extensometers, strain gauges, temperature sensors and crackmeters) installed during the construction of the FE Gallery.

Table of Contents

Abstract	I
Table of Contents	II
List of Tables	III
List of Figures	III
List of Appendices	V
List of Abbreviations.....	VI
1 Introduction	1
1.1 Aim.....	1
1.2 Location and Geological Context of the FE Experiment	2
1.3 Contributors, Organisation and Planning	3
1.4 Rock Laboratory Requirements and Conditions	4
2 Project	7
2.1 Implementation Project	7
2.2 Renovation of the Shotcrete Invert.....	12
3 Work Achievements	15
3.1 Site Installations, Ventilation and Storage	15
3.2 Materials Used.....	18
3.3 Excavation.....	24
3.4 Heading Progress.....	29
3.5 Excavation Line.....	34
3.6 Support	35
3.7 Implementation Control	51
3.8 Safety.....	62
4 Programme	65
4.1 Programme of Work.....	65
4.2 Table of Main Events	66
5 References	69
5.1 List of Technical Notes	69
5.2 List of Reminder Notes	69

List of Tables

Tab. 1:	Characteristic values of the clays (extract from: AN 12-184 FMT FE-Experiment - Geomechanische Modellierung des Vortriebs (Zwischenbericht))	10
Tab. 2:	Ventilation capacity (extract from calculation integrated into RL's quotes)	17
Tab. 3:	Shotcrete strength.....	19
Tab. 4:	Classes of shotcrete initial strength (SN-EN 14487-1)	20
Tab. 5:	Sampling location.....	21
Tab. 6:	Results of site compliance tests.....	21
Tab. 7:	Metal support characteristics of the FE Gallery	23
Tab. 8:	Progress Table	33
Tab. 9:	Invert renovation progress.....	51
Tab. 10:	Compression tests at GM 24.00 and GM 38.00	61

List of Figures

Fig. 1:	Perspective view of the Mont Terri Rock Laboratory.....	1
Fig. 2:	Geological cross-section of Mont Terri (Freivogel, M. & Huggenberger, P., 2003).....	2
Fig. 3:	Organisational chart for the FE Gallery project	4
Fig. 4:	Location of the FE Gallery in the laboratory.....	7
Fig. 5:	Instrumentation in advance; west view (extract from call for tenders)	8
Fig. 6:	Instrumentation in the construction progress GM 14.60 (extract from drawing 2011_01-004)	8
Fig. 7:	Instrumentation in the construction progress GM 43.10 (extract from drawing (011_01-004)).....	9
Fig. 8:	Flammex protection.....	16
Fig. 9:	Fermacell protection.....	16
Fig. 10:	Rock storage	18
Fig. 11:	Deconstructed concrete, removed to inert waste controlled landfill	18
Fig. 12a:	Brokk 260 road header	25
Fig. 12b:	Brokk 90 in operation (crawler chassis).....	25
Fig. 13a:	Simex full-face, TF 100 cutter head	26
Fig. 13b:	Simex TF 100 cutter head with Brokk 90	27
Fig. 13c	Simex profile, TF 100 cutter head.....	27

Fig. 14:	Bobcat S70	28
Fig. 15:	Thweites 6tons dumper	28
Fig. 16a:	Profile after excavation and support section A.....	29
Fig. 16b:	TH 25 arch, Bullflex, wire mesh K 196 before shotcrete 5 cm.....	30
Fig. 17a:	Profile after excavation and support sections B, C and D	31
Fig. 17b:	Profile excavation and support after excavation and roadheader profiling.....	31
Fig. 18a:	Profile after excavation and support sections E and F.....	32
Fig. 18b:	TH 25 arch, Bullflex, double wire mesh lining K 196	32
Fig. 19:	TH 25 arches and splice bars.....	36
Fig. 20:	Details of Bullflex	37
Fig. 21:	Installation of a Bullflex hose.....	38
Fig. 22:	Bullflex grouting	38
Fig. 23:	Collection of water backflow	39
Fig. 24:	Bullflex in final position.....	39
Fig. 25:	Tanker.....	40
Fig. 26:	Shotcrete packaged in 1-ton big bags	40
Fig. 27:	Shotcrete conditioning, handling and installation	41
Fig. 28a:	Rock bolts GFK K60-25, 2.5 m	42
Fig. 28b:	Chemical sealing for GFK K60-25.....	42
Fig. 29a:	Rock bolts IBO R-32s of 7.5 m (5 x 1.5 m)	43
Fig. 29b:	Chemical sealing with 2 components for rock bolts IBO R-32s	43
Fig. 30:	Renovation work phase 1 (drawing 2011_01-007)	44
Fig. 31:	Shotcrete cutting.....	45
Fig. 32:	Deconstruction of shotcrete.....	45
Fig. 33:	Excavation and reprofiling	46
Fig. 34:	Clearance for renovation of rock bolts	46
Fig. 35:	Renovation work phase 2 (drawing 2011_01-007)	47
Fig. 36:	Installation of the 1st wire mesh.....	47
Fig. 37:	Installation of the 2nd wire mesh	48
Fig. 38:	Application of shotcrete	48
Fig. 39:	Fixation of the anchor slab on existing rock bolts.....	49
Fig. 40a:	Boring of additional rock bolts.....	50
Fig. 40b:	Grouting of additional rock bolts	50
Fig. 41:	Target distribution scheme	52

Fig. 42:	a) Targets in FE niche and FE Gallery. b) First section with 5 convergence points. c) View of targets from MB niche. d) Stud 5KBW for target fastening	53
Fig. 43:	Splice bars	54
Fig. 44:	Measure of the space balance with a caliper	54
Fig. 45:	TH 25 arches lining value; 2 values on each arch (N/S respectively north and south sliding part).....	55
Fig. 46:	Uni-Rod extensometer.....	56
Fig. 47:	Uni-Rod extensometer head	56
Fig. 48:	a) and b) Dry drilling of an extensometer with dust extraction. c) Extensometer equipped by Solexperts.....	58
Fig. 49a:	Installation of a strain gauge	59
Fig. 49b:	Strain gauge scheme.....	59
Fig. 50a:	GM 43.20 installation of crackmeter.....	60
Fig. 50b:	Crackmeter	60
Fig. 51a:	Application of shotcrete in FE-A niche, first test in laboratory	61
Fig. 51b:	Core sampling for compression tests, first test in laboratory	62

List of Appendices

Appendix 1:	FE Gallery: as-built plans
Appendix 2:	Preliminary tests (technical sheet Rombold & Gfröhrer)
Appendix 3:	Sliding TH 25 arch from Bochumer Eisenhütte (technical sheet Belloli)
Appendix 4:	Fiberglass rock bolts type GFK K60-25 with chemical sealing (technical sheet Minova)
Appendix 5:	Metal rock bolts type IBO R-32s with chemical sealing, 2 components (technical sheet Minova)
Appendix 6:	Excavation line before and after shotcrete application (Amberg profile GGT)
Appendix 7:	General site work follow-up (GGT)
Appendix 8:	Interpretation of the convergences (GGT)
Appendix 9:	Compresssive strength test results in the laboratory (VSH)
Appendix 10:	Contractual programme and effective work programme (RL & GGT)
Appendix 11:	Safety elements for the existing equipment and installations
Appendix 12:	Special conditons (GGT)

List of Abbreviations

PO	Project Owner (in French Maître de l'ouvrage)
MTP	Mont Terri Project
Swisstopo	Federal Office of Topography - Project owner
GGT	Groupe Grands Travaux SA - Project engineer
RL	Rothpletz, Lienhard + Cie AG
MUF	Machine-supported excavation in rock (in German "Maschinenunterstützter Vortrieb im Fels")
SIA	Swiss Society of Engineers and Architects
SN-EN	Standard drafted at European level and added to the Swiss standards
SUVA	Swiss Accident Insurance Fund
VSH	Versuchsstollen Hagerbach AG

1 Introduction

1.1 Aim

This Technical Note presents the construction of the FE Gallery within the framework of the further development of the Mont Terri Rock Laboratory activities and, in particular, the implementation of the FE (full-scale emplacement) experiment. The construction took place between March and October 2012 and is closely related to the FE-C (engineering part of the full-scale emplacement) experiment. Its major aim is the realisation of an emplacement tunnel using modified standard equipment such as pneumatic hammers and roadheaders, plus adequate support measures such as low-pH shotcrete, anchors, steel meshes and steel ribs.

The FE Gallery is located in the extension of the FE-A niche that was excavated in 2011 (Fig. 1).

The FE Gallery runs over a length of 50 m and allows the suitability of the repository design for high-level waste in the Opalinus Clay to be checked on a 1:1 scale and a clear insight to be obtained as to how the design could be modified and optimised.

The operator of the Mont Terri Rock Laboratory and the Project Owner (PO) (in French: Maître de l'ouvrage) for this part of the project is swisstopo on behalf of the Mont Terri Consortium. Nagra as the principal investigator (PI) took the scientific and technical lead for the FE-C experiment. The experiment is co-financed by the European Union in the framework of "LUCOEX".

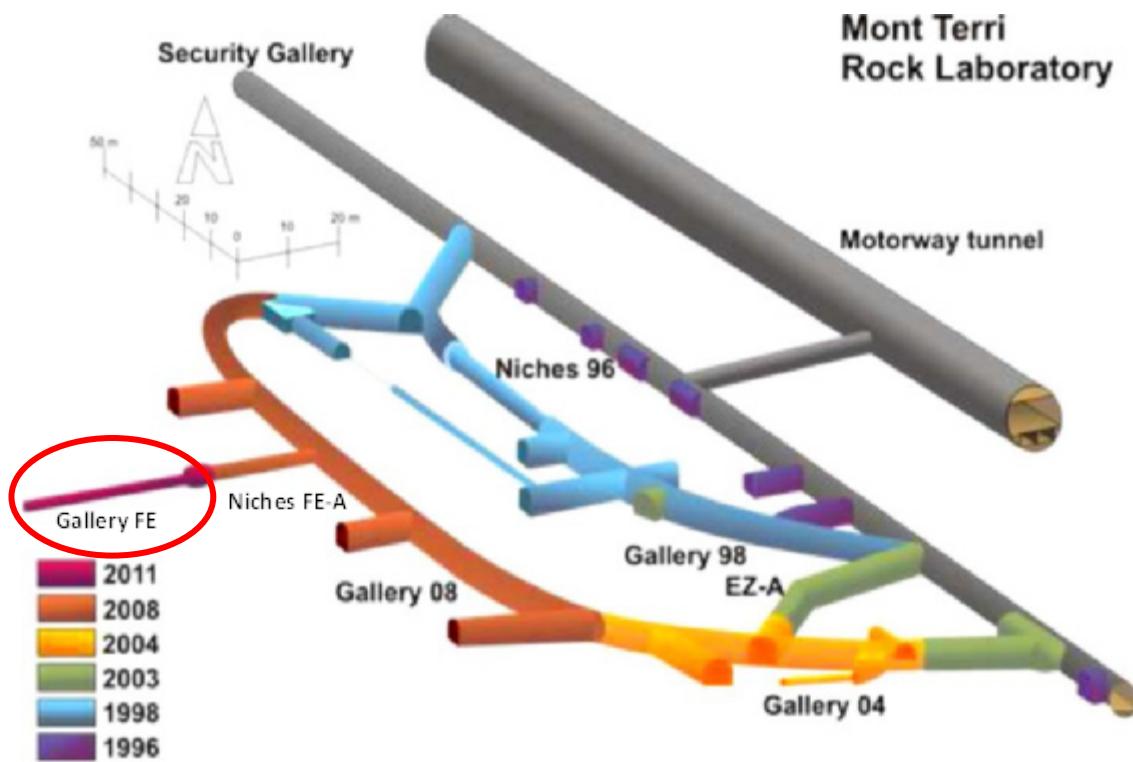


Fig. 1: Perspective view of the Mont Terri Rock Laboratory

1.2 Location and Geological Context of the FE Experiment

The FE Gallery with the so-called "start niche" (FE-A) is located in the shaly facies of the Opalinus Clay formation, in the north-western part of the Mont Terri Rock Laboratory. The Opalinus Clay, a claystone formation, consists mainly of silty and sandy shales with about 66 % sheet silicates (illite, illite/smectite mixed layers, chlorite, kaolinite), 16 % carbonates (calcite, siderite, ankerite), 14 % quartz and about 4 % feldspars, pyrites and accessory minerals (Thury and Bossart, 1999).

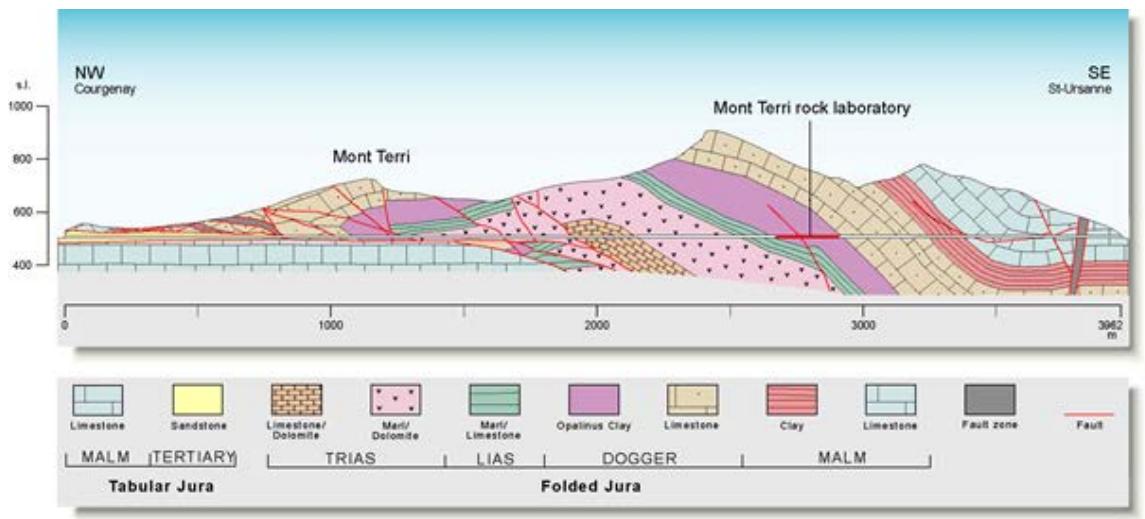


Fig. 2: Geological cross-section of Mont Terri (Freivogel, M. & Huggenberger, P., 2003)

The main tectonic structure in the area being considered is the Mont Terri anticline of the Folded Jura (Fig. 2). This structure was thrust over the Tabular Jura. The whole structure was exposed during the construction of the Mont Terri motorway tunnel. The Mont Terri Rock Laboratory is located in the southern limb of the Mont Terri anticline. The orientation of the FE Gallery is parallel to the geological bedding. The bedding planes dip about 30°-40° from horizontal to the south-east.

The FE Gallery has a length of 50 m, an inner diameter of 2.48 - 2.68 m and an outer diameter of 3.0 - 3.06 m, depending on the type and thickness of the lining and accounting for constructional tolerances.

More details can be found in section 2.1 "Requirements and conditions for the FE Gallery" and section 3.5 "Excavation line".

To ensure sufficient space for the emplacement work and the drilling of monitoring boreholes, a start niche (FE-A niche) of 8.40 m length, 9.60 m width and 5.30 m height (inner dimensions) was excavated in advance of the tunnelling work between February and June 2011 (Technical Note TN 2011-15).

1.3 Contributors, Organisation and Planning

The Republique and Canton of Jura (RCJU), the owner of the site, has granted a construction permit to swisstopo on behalf of the Mont Terri Project (MTP) Consortium for the excavation of the FE Gallery.

The Mont Terri Project is an international research project for the geotechnical, hydrogeological and geochemical characterisation of the Opalinus Clay. To date, 15 partners have joined the Mont Terri Consortium. The Rock Laboratory is operated by the Federal Office of Topography (swisstopo), via the Swiss Geological Survey.

The FE-C experiment is one of the 42 experiments running in the laboratory.

On behalf of the Mont Terri Consortium, swisstopo mandated the company GGT SA (Groupe Grands Travaux SA, Delémont) with preparing the preliminary project, preparing the relevant documents for the call for tenders and the management of work during the excavation of the FE Gallery.

Other contributors have actively participated in the work:

- the construction company Rothpletz, Lienhard + Cie AG (Aarau) excavated the FE Gallery
- Flotron AG (Meiringen) carried out the convergence measurements during the excavation work
- Solexperts (Mönchaltorf) supplied and installed the equipment for geotechnical measurements
- Swisstopo (St-Ursanne) carried out the geological mapping and documentation of the FE Gallery

A specific organisational chart was drawn up for the implementation of the FE Gallery (Fig. 3).

Project Organisation

Définition des fonctions

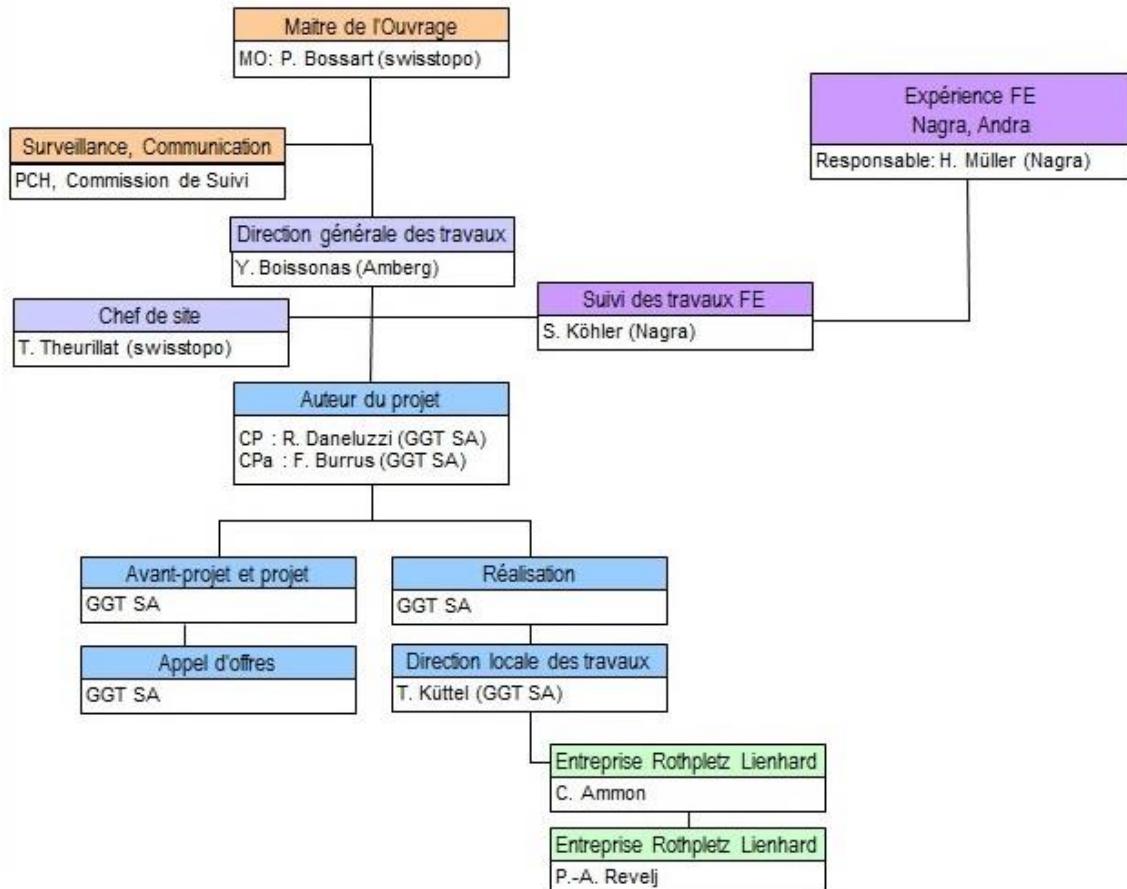


Fig. 3: Organisational chart for the FE Gallery project

1.4 Rock Laboratory Requirements and Conditions

The requirements and conditions applying to the excavation and construction of the FE Gallery in the Mont Terri Rock Laboratory are contained in the specific conditions of the call for tenders and in the laboratory's safety concept. The following requirements are extracted from these documents:

- Work must be organised so as not to disturb:
 - the operations in the existing rock laboratory
 - the operation of the Safety Gallery of the Mont Terri motorway tunnel (any obstruction in the Safety Gallery is prohibited; there has to be permanent free access by any kind of vehicle along the Safety Gallery)
- Protection of existing measuring equipment in the FE-A niche
- Removal of excavated Opalinus Clay to the main cavern of the former lime quarries of St-Ursanne

- Removal of concrete waste to the inert waste controlled landfill (DCMI)
- Only the 16 kV electrical connection located in the C niche is authorised for electricity supply.
- Use of water throughout the laboratory is strictly limited to a minimum in the working area (e.g. for the application of in situ shotcrete and for grouting of bullflex pipes).
- Dry drilling for all boreholes (anchoring rods and extensometers)
- Dust limitation in the Safety Gallery and the rock laboratory (installation of a functioning ventilation and dust control system is required)
- Compliance and safety monitoring of the laboratory during excavation

2 Project

2.1 Implementation Project

Generalities

Planned within the framework of the FE-C experiment, the main aim is the construction of an emplacement tunnel, termed the FE Gallery, using modified standard equipment such as pneumatic hammers and roadheaders, plus adequate lining such as low-pH shotcrete, anchors, steel meshes and steel ribs.

The FE-C experiment also involves comparing equipment and implementation techniques with the real conditions applicable to the construction of a waste emplacement gallery. This explains why certain construction techniques which may seem over-dimensioned in the present case are nevertheless considered, as they will be applicable in the case of geological disposal at greater depth.

The planned FE Gallery is an extension of the existing rock laboratory (Fig. 4).

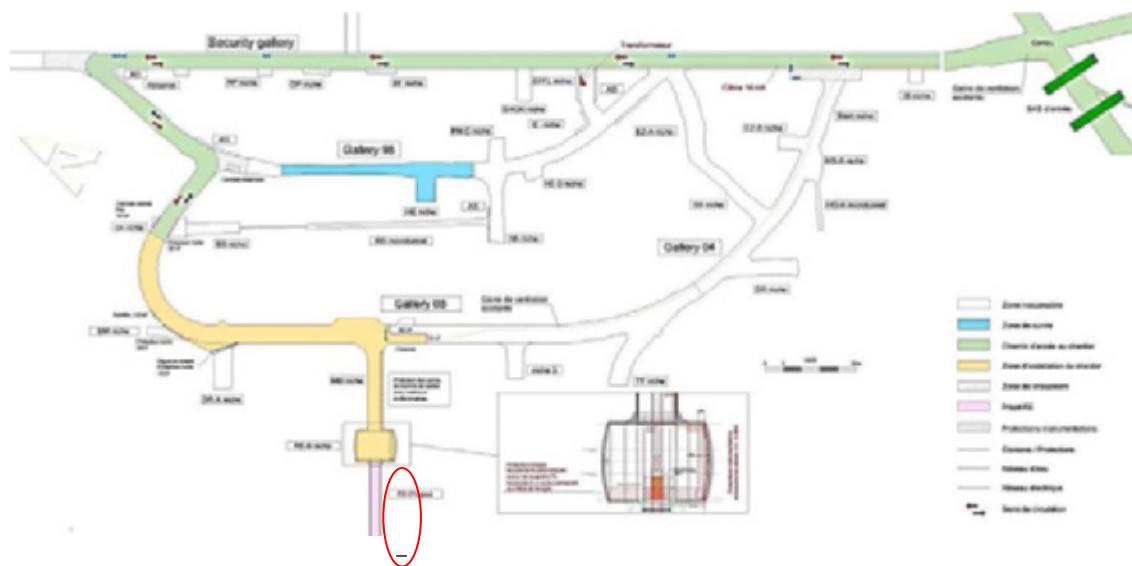


Fig. 4: Location of the FE Gallery in the laboratory

The behaviour of the Opalinus Clay was also to be analysed during the excavation of the FE Gallery (classical mine-by test).

For this purpose, certain infrastructure is constructed prior to excavation, for example the observation boreholes in the near-field of the FE Gallery (Fig. 5). This instrumentation is described in Solexperts' Technical Note TN 2012-86.

The positioning of the instrumentation throughout the length of the gallery is shown on the drawing 2011_01-002 ground plan and cross-sections (Appendix 1). The drawing 2011_01-004 geomonitoring plan (Appendix 1) shows, in more detail, the positioning of different instruments

in cross-section, such as convergence points, extensometers (Fig. 6 and 7), strain gauges, temperature sensors and crackmeters.

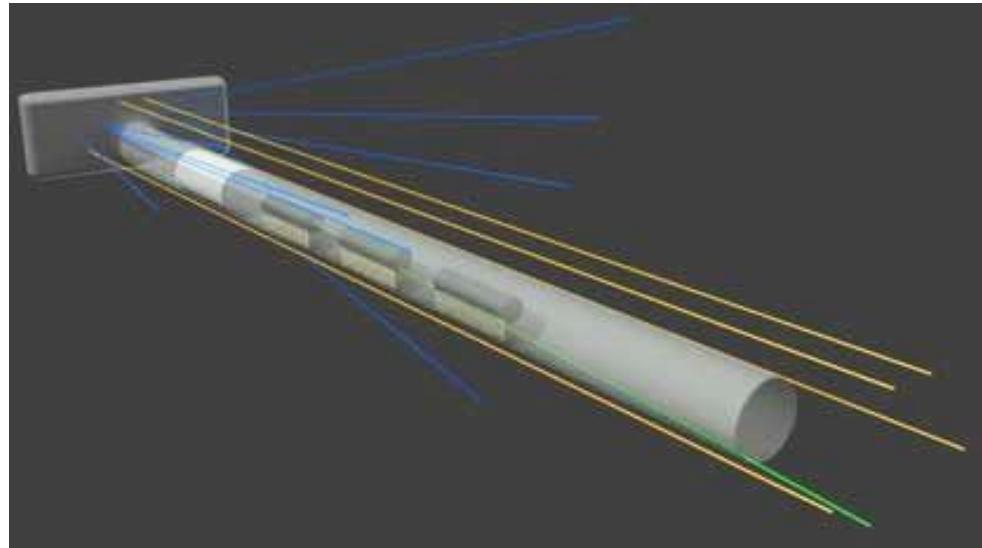


Fig. 5: Instrumentation in advance; west view (extract from call for tenders)

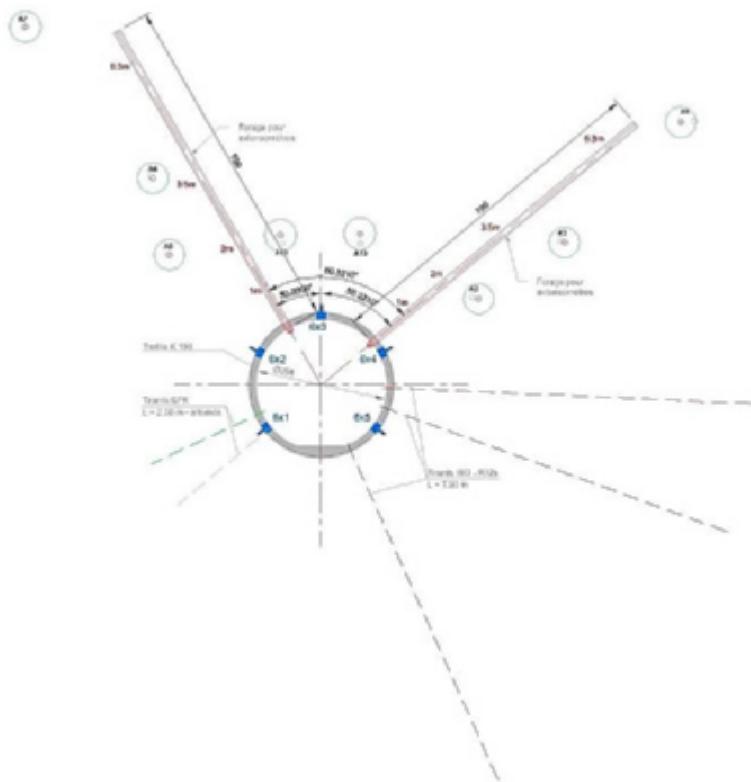


Fig. 6: Instrumentation in the construction progress GM 14.60 (extract from drawing 2011_01-004)

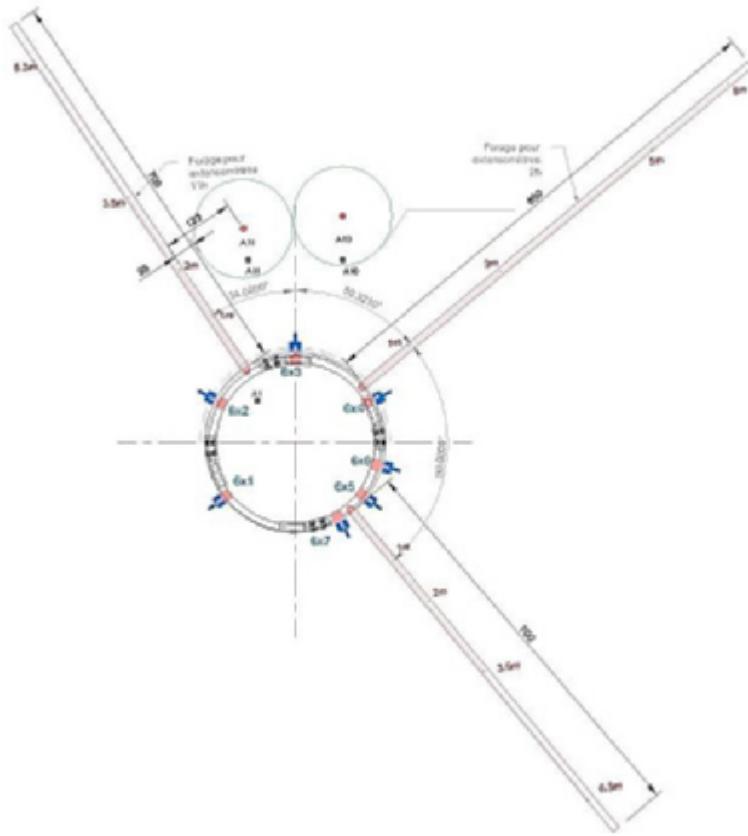


Fig. 7: Instrumentation in the construction progress GM 43.10 (extract from drawing (011_01-004))

Geology

The geology of the FE A niche and the FE Gallery is described in detail in Technical Notes 2011-19 and 2012-82.

The FE Gallery is located in the shaly facies of the Opalinus Clay within the extension of niches MB and FE-A.

As often observed during construction of new galleries, excavation parallel to the strike direction causes instabilities, especially where bedding is tangent to the gallery circumference.

Specific lithologies, tectonic and artificial discontinuities encountered during the excavation were subject to daily mapping performed during excavation breaks. This mapping was supplemented with 3D stereographic mapping of the tunnel fronts (TN 2012-82).

The observed geological structures encountered during the excavation of the Gallery are discussed in section 3.5.

Tab. 1: Characteristic values of the clays (extract from: AN 12-184 FMT FE-Experiment - Geomechanische Modellierung des Vortriebs (Zwischenbericht))

		Pessimistic deviation	Reference value	Optimistic deviation	
		= - 30 %		= + 30 %	
Saturated densities	ρ_g		2,430		kg/m ³
Dry densities	ρ_d		2,330		kg/m ³
Solid densities	ρ_s		2,700		kg/m ³
Porosity	N		0.137	-	Popp et al. 2007
Water content	W		0.064	-	Bock 2008
Poisson ratio	v		0.29	-	Bock 2008
Stiffness	E	1.9	2.7	3.5	GPa
					Bock 2008

Matrix

Friction	ϕ_{peak}	17	24	31	°	Popp et al. 2007
	ϕ_{res}	15	21	27	°	Popp et al. 2007
Cohesion	c_{peak}	2.8	4.0	5.2	MPa	Popp et al. 2007
	c_{res}	0.7	1.0	1.3	MPa	Polster 2010
Tensile strength	t_{peak}	0.7	1.0	1.3	MPa	Polster 2010
	t_{res}	0.0	0.0	0.0	MPa	Polster 2010
Dilatancy	ψ_{peak}	0	0	0	°	Bock 2008
	ψ_{res}	0	0	0	°	Bock 2008

Bedding planes

Friction	ϕ_{peak}	15	21	27	°	Popp et al. 2007
	ϕ_{res}	13	18	23	°	Jahns 2010
Cohesion	c_{peak}	0.7	1.0	1.3	MPa	Popp et al. 2007
	c_{res}	0.1	0.1	0.1	MPa	Popp et al. 2007
Tensile strength	t_{peak}	0.4	0.5	0.7	MPa	Polster 2010
	t_{res}	0.0	0.0	0.0	MPa	Polster 2010
Dilatancy	ψ_{peak}	0	0	0	°	Popp et al. 2007
	ψ_{res}	0	0	0	°	Popp et al. 2007
Dip angle	Dip		34		°	Assumption

Hydro-mechanical coupling

Hydraulic conductivity	k_x	2.0E-13	m/s	Popp et al. 2007
	k_y	7.0E-14	m/s	Popp et al. 2007
Biot coefficient	a	1	-	Polster 2010
Stiffness	K_w	1	GPa	Assumption
Tensile strength	t_w	1	MPa	Assumption

Requirements and Conditions for the FE Gallery

The requirements and conditions for the implementation of the FE Gallery were defined by the principal investigator (PI) in parallel with the development of the FE-A, FE-B and FE-C experiments. These requirements were translated into drawings, plans and implementation conditions in the tendering process for the contractors. The following points were emphasised:

- Location of the FE Gallery within the extension of niches MB and FE-A
- Length of the FE Gallery is 50 m, working diameter is 2.48 m. These dimensions are required for the installation of the experimentation equipment.
- The FE Gallery is horizontal with zero dip (for excavation safety reasons).
- Length of the access section A is 9.00 m.
- Length of the plug section B is 6.00 m.
- Length of the THM test section C is 17.40 m.
- Length of the THM test section D is 5.40 m.
- Length of the interjacent sealing section E is 7.30 m.
- Length of the filter section F is 4.90 m.
- Tight tolerances are required for the excavation profile to preserve a favourable circular geometrical shape (from +5 cm to -3 cm in relation to the tunnel profile).
- The following lengths are established for the different work sectors : L1: 1.5 m; L2: 15 m; L3: the remainder (according to special conditions, Appendix 12).
- The Project Manager wishes to limit the rock fracturing around the tunnel profile caused by the excavation. Accordingly, the excavation lengths are reduced to ensure the fast implementation of the temporary support.
- The installation of the ground support sets the pace of the advance of excavation; this has to be executed in different phases. The rock has to be protected rapidly after the excavation, so as to undergo as little alteration as possible.
- Progress method with roadheader for the excavation of the Gallery. From GM 10.00 onwards, profile smoothing with a small roadheader is carried out to improve the circular shape of the tunnel profile.
- The use of water is prohibited during the excavation progress and drilling or cleaning work.
- Rock cleaning is done with air.
- After every excavation cycle, the excavation contractor must allow a break for geological mapping.
- The excavation contractor must allow the installation of geodetic equipment and periodic convergence measurements when required.
- Ground support section types requested by the principal investigator are taken into consideration.
- In sections A, E and F, installation of TH25 arches mounted with bolted and tightened splice bars with a torque spanner (300 Nm) on half the lining length. The other half is welded directly after assembly. Bullflex hose installed between the arches and the rock massif and filled with a grouting mortar to a pressure between 3 and 5 bars ensured the correct interaction between the massif and the ground support.

- Two 50 cm-long deformation zones per arch were anticipated in L1 in sections A and D. They were positioned at 8h and 15h in order to allow the FE Gallery to converge. They will be blocked with shotcrete, on the decision of GGT, as long as there is significant convergence. In section A where TH25 arches are mounted, the sliding part of the splice bars is positioned in the deformation zones.
- In sections A and D, wire mesh K 196 was installed over the whole section before the application of the first shotcrete layer.
- In sections E and F, without shotcrete, a K196 double wire steel mesh with 5 cm offset is to be fitted to the crown. The steel mesh serves as protection during the construction and installation work.
- Application in sections A to D of a first 5 cm layer of low-pH shotcrete with 40 % silica fume in L1 after every excavation cycle.
- Application of a second layer of shotcrete of 14 cm for section A and 11 cm for sections B to D (type low-pH with 40 % silica fume) in L1 or L2 by decision of GGT.
- The application method of the shotcrete has to be dry-mix type. The accelerators used in the shotcrete are alkali-free type.
- The construction requirements listed above are beyond the usual standards for tunnels. The excavation contractor had to agree specifically to these requirements.

2.2 Renovation of the Shotcrete Invert

Observation

The company Flotron AG performed automatic geodetic convergence measurements during the entire excavation process of the FE Gallery (see section 3.6).

Significant convergence values were quickly measured. Generally higher values were measured on survey points 6x4 and 6x5 (Fig. 41), which are located on the lower right-hand side of the Gallery. The maximum convergence value was measured at GM 27.60 (convergence point 645) and reached 85.2 mm on 22.09.12 and 05.10.12.

A surveillance plan was developed - see 2011_01-004 geomonitoring (Appendix1). Additionally, regular visual observation of the shotcrete liner was carried out to detect potential cracks in the lining. Somewhat unexpectedly, no cracks were observed despite the significant deformations measured.

The interpretation of the measurements and observations prompted the project owner to:

- block the sliding part of the splice bars positioned in the deformation zones in section A where TH25 arches were mounted
- anticipate the installation of the final lining profile

Reinforcement

6 days after implementing the first section of survey points (GM 5.00 section A/steel arches), an additional section of survey points was installed at GM 10.50, namely 2 metres after the last steel arch of section A. The new section confirmed the rapid convergence of the rock (Appendix 8). Reinforcement was implemented in the form of:

- 2 x 5 anchoring rods GFK of 2.5 m, installed at 1.5 m intervals (4 o'clock and 5 o'clock) from GM 12.30 to GM 18.30. The convergence incidences were still unsettled
- 2nd reinforcement phase with a 3rd shotcrete layer (10 cm with K196 steel mesh) installed around the entire circumference from GM 9.00 to GM 18.00 (see section 4.2). A significant slowdown of convergences was then observed.

After this episode, it was decided to strengthen the lining along the entire section from GM 9.00 to GM 38.40 (where no steel arch support had been envisaged) by installing

- Passive rock bolts IBO-R32s of 7.5 m (5 x 1.5 m), self-drilling type and chemically sealed. These are located at 4 o'clock and 5 o'clock in the cross sectional profile from GM 19.80 to GM 37.80, with systematic intervals of 1.5 m (see section 3.5).

Rupture of Invert Shotcrete

During construction meeting no. 007 of 28 June 2012, Rothpletz, Lienhard + Cie AG warned about a possible uplifting of the Gallery invert.

On 6 July 2012, after having the track cleared between GM 20.00 and GM 30.00 (it was not possible to carry out this work earlier as the installation of radial borehole extensometers was underway), the invert shotcrete rupture (6h) jointly with steel mesh uplifting was observed.

On 11 July 2012, after clearing the muck road on the invert through the gallery, Rothpletz, Lienhard + Cie AG was invited to assess the damage and propose the necessary measures for renovating the invert.

Interruption of the work was ordered in the form of vacation time (construction meeting no. 008 of 12 July 2012). The interruption became effective at noon on 13 July 2012. The PO and the contractor were committed to using the holiday period to prepare an invert renovation programme for the FE Gallery.

During the interruption, the Versuchsstollen Hagerbach AG (VSH) laboratory carried out a core sampling campaign starting on 20 August 2012. On receipt of the first report (pictures, test records for unconfined compression), GGT documented the further development of the FE Gallery and, more particularly, the damage that occurred at the invert (Technical Note 2013-18).

Following an in-depth discussion with all parties involved, supported by the reports of VSH and GGT (Technical Notes TN 2013-17 and TN 2013-18), a renovation work concept resulted in drawing 2011_01-007 (Appendix 1).

Invert renovation is described in section 3.6 "Support: invert renovation work".

3 Work Achievements

3.1 Site Installations, Ventilation and Storage

The layout of the site installations and associated equipment necessary for realising the Gallery was implemented in accordance with the contractor's proposal. They were subject to the project owner's requirements, which were expressed in the tender documents. The requirements were particularly relevant to the existing installations of the underground laboratory.

Protection

The Mont Terri Rock Laboratory facilities were protected against dust, possible collisions and fires along the route that was put at the excavation contractor's disposal, according to plan 2011_001 (Appendix 1).

Cable ducts and boxes installed on the walls of the laboratory were protected with synthetic Flammex type film (Appendix 11). A metal support covered with Flammex (Appendix 11) was installed in niches EB, EM, DR-A and also one closure perpendicular to Gallery 08 (at the MB niche level). All these niches are equipped with doors. One metallic structure covered with Flammex (Appendix 11) was placed around the perimeter of the initial tunnel face in order to protect the measuring instruments already installed by Solexperts (TN 2012-86).

The glazed windows that allow the rock massif to be viewed are protected with Fermacell 15 mm (Appendix 11) throughout the route. In the FE-A niche, a small room with dimensions 2.5 m x 3 m (covering the entire height of the niche) was constructed with Fermacell 15 mm plates (Appendix 11). This room is used for the storage of delicate measurement equipment and also functions as an office for the different participants.



Fig. 8: Flammex protection



Fig. 9: Fermacell protection

Ventilation

Ventilation fulfilling norm SIA1 196 and in accordance with SUVA's 2 requirements was installed.

Dust mainly generated during rock excavation was sucked at the cutting face through a ventilation duct (diameter 30 cm) coupled with a Korfmann ESN 9-450 fan. A dust collector type CFT HTKS (1000 m³/min) treated the air flow before its evacuation outside via a flexible pipe installed in the Safety Gallery during excavation of the FE-A niche 1.5 years previously. This concept maintains the mandatory regime of pressure relief in the motorway tunnel's Safety Gallery.

To avoid liability problems associated with dust, a state inspection of the laboratory and the Safety Gallery was carried out before and after the work. Each review was conducted in the presence of the owners and contractors (Swisstopo, work progress commission, "UT IX9").

These reviews confirmed that the existing installations were not damaged or spoiled during the work.

Tab. 2: Ventilation capacity (extract from calculation integrated into RL's quotes)

Data on construction site					
Air density	Kg/m ³	1.2	Natural gas		None
Section, cross-section a, e, f	M ²	29.40	Electric power on front	kW	45
Section, cross-section b, c, d	M ²	28.70	Mining smoke		None
Gallery length	M ¹	50.00			
Ventilation		Exhaust			
Flow required on the front					
Diffusion of natural gas	M ³ /s	6.2	Standard SIA 196 2.22.23: air speed of 0.5 m/s		
Mining smoke	M ³ /s		Standard SIA 196 2.22.21: air speed of 0.5 m/s		
Flow desired on the front	M ³ /s	6.2			
Fan					
Fan type	Korfmann ESN 9 - 450		Number of fans		1
Fan flow	M ³ /s	15	Flow on front		15
Fan pressure	Pa	2,200	Connection power	kW	45

¹ Swiss Society of Engineers and Architects

² Swiss Accident Insurance Fund

Storage

Excavation spoil was transferred to a dumper and removed to the main cavern of the former lime quarries in St-Ursanne and sorted as follows:

Rock: temporary storage in the lime mine cavern

Deconstructed concrete: removal to inert waste controlled landfill (DCMI)



Fig. 10: Rock storage



Fig. 11: Deconstructed concrete, removed to inert waste controlled landfill

Excavated clays were made available to the Community of Clos du Doubs. They later collected this material for disposal subject to a fee of CHF 10/m³ (bulk material, loose).

3.2 Materials Used

This section discusses the main materials used for performing the work.

Reinforced Wire Mesh

The FE Gallery support plan foresees installation of reinforced wire mesh type K 196 for each construction stage, immediately after excavation. K 196 wire mesh has a longitudinal and vertical mesh aperture of 100 mm. The steel wire diameter is 5 mm. The mesh is installed over the whole cross-section of sections A, B, C and D as soon as mucking has been completed.

For sections E and F, two K 196 wire meshes, offset by 5 cm, are installed on a part-sphere semi-section. The offset allows the standard mesh aperture to be reduced to 5 cm; compared to cross-sections A to D, no shotcrete is applied on these cross-sections.

To ensure continuity in the longitudinal direction, mesh netting panels inserted between two TH arches were secured with reinforced nylon cable ties that can resist more than 150° C (KSS, type CV-450W).

Shotcrete

The PO wanted to use the opportunity offered by the excavation of the FE Gallery to test the application of low-pH shotcrete. This requires the substitution of 40 % of Portland cement by silica fume (technical sheet Rombold & Gfröhrer, Appendix 2).

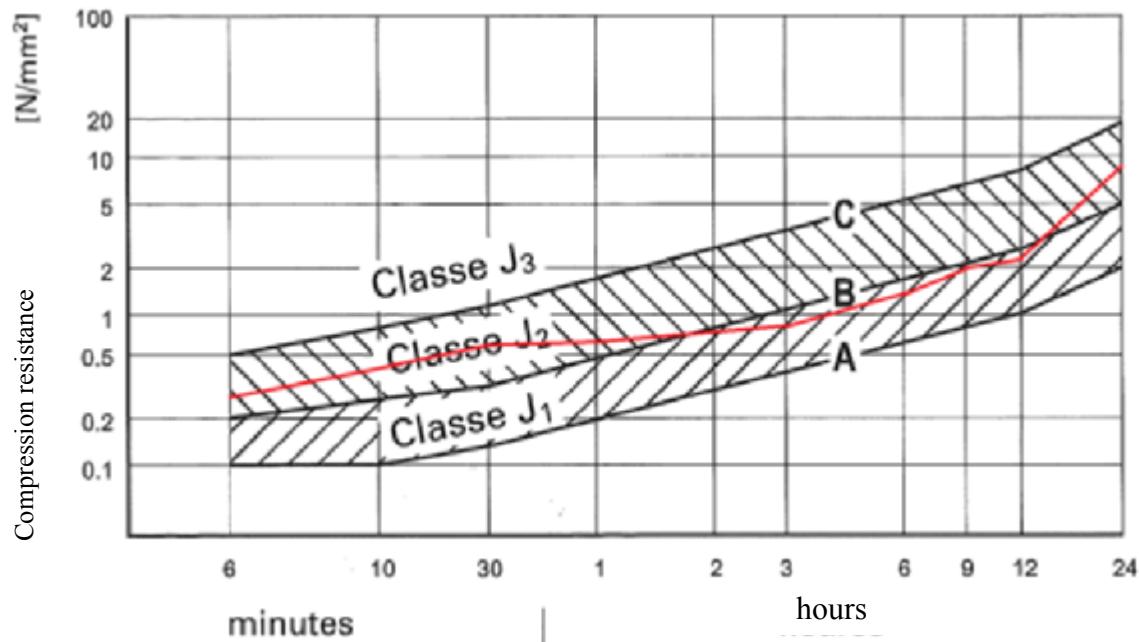
In accordance with the specific conditions, the contractor requested Minova (shotcrete supplier) to perform a series of preliminary tests with a cement content of 270 to 280 kg/m³ and a microsilica content of 180 kg/m³. The purpose of these tests was to determine the ranking of the proposed shotcrete. They were carried out at the supplier's test facility according the standards SN-EN 14488-2 and SN-EN 206-1.

The results are given in Tab. 3 and 4.

Tab. 3: Shotcrete strength

Age of concrete min./hour/day	Needle penetration N/mm ²	Stud driving method (Hilti) N/mm ²	Drill core N/mm ²
6 min.	0.31		
10 min.	0.39		
30 min.	0.57		
60 min.	0.64		
3 hours	0.84		
6 hours		1.4	
9 hours		1.9	
12 hours		2.6	
24 hours		8.5	
7 days			30.6
28 days			46.0

Tab. 4: Classes of shotcrete initial strength (SN-EN 14487-1)



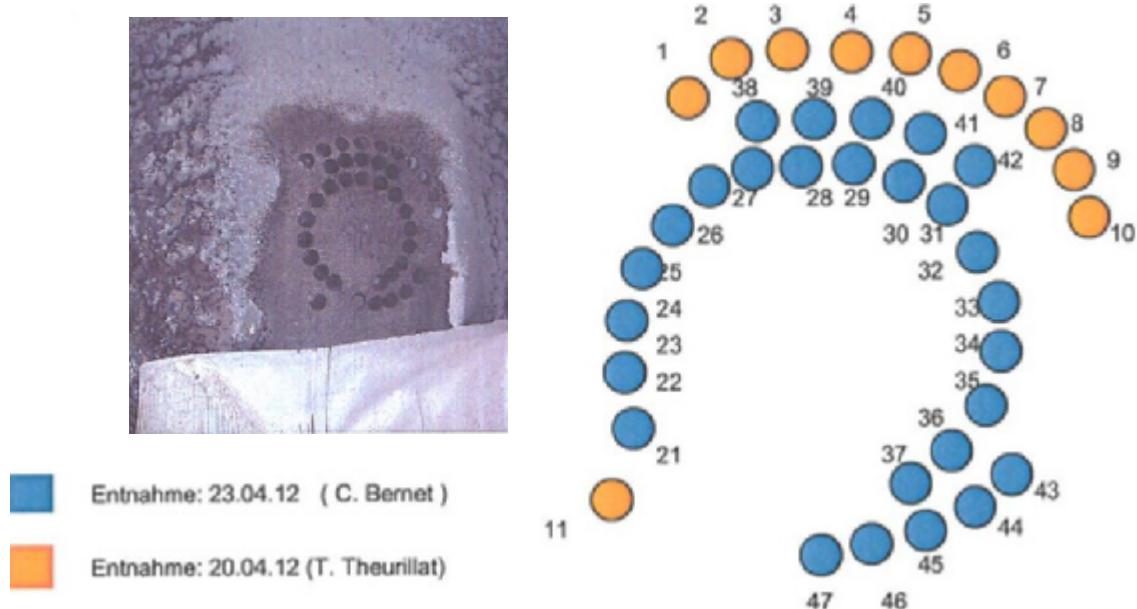
The results obtained show that shotcrete is ranked in J2 according to SN-EN 14487-1, except between the 2nd and the 13th hour when it is ranked high in class J1. Given these circumstances, the PO validated the preliminary tests.

The shotcrete was applied late on the day before (according to the workers' time sheet) the excavation and mucking then took place from 5 to 6 am on the following morning when strength was only close to 1 to 2 N/mm². Furthermore the mucking wheels exerted point loads on the "fresh layer" and contributed to shear loads resulting in the obvious damage.

In accordance with norm SIA 198 (Underground Construction - Implementation), compliance tests were performed on the site on June 4, 2012 at GM 24.00 and June 20, 2012 at GM 38.00. These tests were carried out using the equipment planned for the work. A core sampling campaign was carried out on site (in the FE-A niche) prior to the start of excavation. It was not possible to use all the samples as some were broken during dry drilling.

Dry drilling is required at the Rock Laboratory in order to avoid contact between water and the rock massif. The location and the test results are given below (Tab. 5 and 6).

Tab. 5: Sampling location



Tab. 6: Results of site compliance tests

		Compression strength		Elasticity modulus			Tensile strength	
Sample no.	Sampling location	1 day N/mm ²	7 days N/mm ²	1 day N/mm ²	4 days N/mm ²	7 days N/mm ²	1 day N/mm ²	7 days N/mm ²
1	FE-A			12.0	15.3			
2u	FE-A	18.1						
4	FE-A			9.2	12.6			
5	FE-A	16.5						
5u	FE-A	14.5						
6	FE-A						1.85	
7	FE-A	12.8						
8	FE-A						1.29	
9	FE-A	12.9						
10	FE-A			11.3	15.4			
11	FE-A						0.89	
21	FE-A					18.7		
25	FE-A							1.88
26	FE-A		38.7					
33	FE-A					17.5		
35	FE-A							1.76
37	FE-A		24.5					
40	FE-A							1.04

		Compression strength		Elasticity modulus			Tensile strength	
Sample no.	Sampling location	1 day N/mm ²	7 days N/mm ²	1 day N/mm ²	4 days N/mm ²	7 days N/mm ²	1 day N/mm ²	7 days N/mm ²
42	FE-A		40					
47	FE-A					17.8		

The tests carried out throughout the construction phase are described in section 3.7 on shotcrete control.

TH 25 Arches

In sections A, E and F, a sliding TH 25 arch from Bochumer Eisenhütte (technical sheet Belloli, Appendix 3) was installed at each progress step of 1 metre.

The quality of the steel is described in Tab. 7 below.

Initially, and for assembly purposes, the arch was mounted with bolted splice bars and tightened on half the length of the lining. The other half was welded directly after assembly.

Bullflex Grout Bags

The annular space between the arches and the irregular excavation line was filled with a Bullflex grout bag (Fig. 16b and 18b), which is held on the arch by mortar-grouted ties (Wilmix FR-qs) at a pressure ranging from 3 to 5 bars.

Anchoring Rods

The project outlined in the tendering process planned, for cross-section C, metal anchoring rods as well as optional installation of fiberglass anchoring rods (GFK), if required. The assembly was subject to chemical sealing. Before starting the work, the technical management decided not to use this option.

Considering the significant convergences reported during the excavation, it should be noted that the rock bolts with a planned length of 2.5 m would have had very little influence on the squeezing behaviour of the cross-section in question.

During the excavation and further renovation work phases, the following were installed:

- 49 fiberglass anchoring rods GFK 60-25, length 2.5 m (technical sheet, Appendix 4):
 - Ten (located at the north-western gallery wall) were replaced by the longer IBO-R32s rock bolts during the renovation phase of the gallery invert.
 - 39 (located at the south-eastern gallery wall) served primarily as a substitute abutment of the gallery lining structure after loss of the static ring structure by cutting the south-eastern shotcrete wall for renovation purposes.

- 79 anchoring rods IBO-R32s, length 7.5 m, self-drilling regroutable type (located at the north-western gallery wall) (technical sheet, Appendix 5). Two functions were assigned to these rock bolts:
 - To reduce convergences that had been most significant between 4 o'clock and 6 o'clock in the profile in all observation sections.
 - To serve as a substitute abutment of the gallery lining structure after loss of the static ring structure by cutting the north-western shotcrete wall for renovation purposes.

Their respective locations are shown on drawing 2011_01-007: Renovation of invert and 2011 01-006 installed anchors (Appendix 1).

Tab. 7 summarises the characteristics of the materials used and their functions.

Tab. 7: Metal support characteristics of the FE Gallery

	Section	Amount used		Support	Usage	Designation	Steel type	Yield point	Tensile strength
	<i>GM</i>	<i>Kg per GM</i>	<i>Kg (total)</i>			(Profile, thickness)		(N/mm ²)	(N/mm ²)

Metallic wire mesh	Section A GM 0.00 - 9.00	Section A 36.1 kg/m'	Section A 325 kg	Reinforcement steel mesh	Together with shotcrete lining	K 196 diam. 5/5	BSt 500 A	500	550
	Section B GM 9.00 - 15.00	Section B 69.9 kg/m'	Section B 419 kg						
	Section C GM 15.00 - 32.40	Section C GM 15-18 69.9 kg/m'	Section C GM 15-18 210 kg						
		Section C GM 18-32.40 34.4 kg/m'	Section C GM 18-32.40 495 kg						
	Section D GM 32.40 - 37.80	Section D 34.4 kg/m'	Section D 186 kg						
	Section E GM 37.80 - 45.10	Section E 33.3 kg/m'	Section E 243 kg						
	Section F GM 45.10 - 50.00	Section F 33.3 kg/m'	Section F 163 kg		Rockfall protection ("Kopfschutz")	K 196 diam. 5/5	BSt 500 A	500	550

	Section	Amount used		Support	Usage	Designation	Steel type	Yield point	Tensile strength
	GM	Kg per GM	Kg (total)			(Profile, thickness)		(N/mm2)	(N/mm2)
	Section F GM 45.10 - 50.00	Section F GM 45.10 - 50.00 397.1 kg/m'	Section F 1986 kg (5 pcs)						

Anchors	Section B - D GM 9.00 - 37.80	Ca. (average) 92.4 kg/m' Positions, according to plan n° 2011_01- 007	Ca. 2,718 kg at ca. GM 9 - 38 = 34.4 kg x 79 pcs	Steel anchors	Rock support	IBO R32s	...	280 kN	360KN
	Positions, according to plan n° 2011_01- 007	49 pcs	GFRP anchors	Rock support	GFK K60-25	Fiberglass		>1.000 N/mm2	

3.3 Excavation

Generally, a soft and non-disturbing excavation method was required to reduce the extent of the "Excavation Disturbed (or Damaged) Zone" (EDZ). Also, a highly accurate excavation profile was expected, with a gap of +5 or -3 cm with respect to the theoretical excavation line. These reasons explain the importance attached to the selection of the drilling head.

Excavation

The excavation process was scheduled to use an MUF type header according to SIA 118/198 (General Conditions for Underground Construction - General contract conditions applicable to norm SIA 198 Underground Construction - Execution). The excavation cross-section chosen is a type A full-face section with simultaneous invert excavation. Given the need for accuracy, the excavation steps were deliberately limited to 1.0 m per excavation stroke.

The FE Gallery was excavated from GM 0.00 to GM 50.00 with a remote-control crawler excavator,, type Brokk 260 and Brokk 90.

Occasionally, at the start of cross-sections planned with arches, 1.5 m heading was used to clear the arch installation area.

The excavation cycle was monitored in two successive phases, as follows

- excavation of the section core with a pneumatic spade
- excavation of the outer 15 cm with a transversal roadheader (except section A)

Heading progress is detailed by sections in Tab. 8.



Fig. 12a: Brokk 260 road header

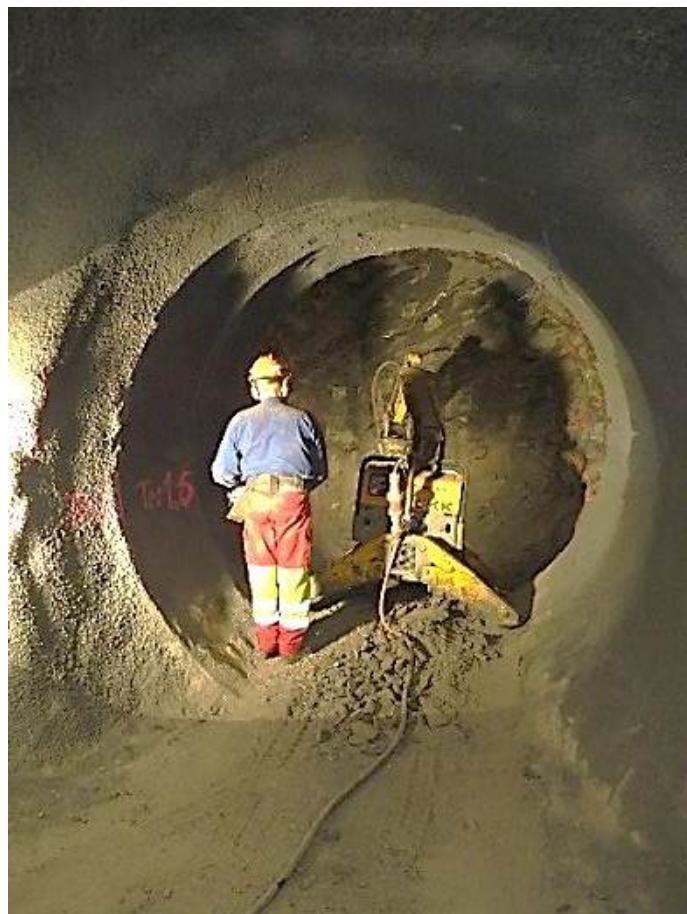


Fig. 12b: Brokk 90 in operation (crawler chassis)

From GM 0.00 to GM 10.00, profiling for the last 10 to 15 cm near the theoretical excavation line was achieved with a flat spade. This method does not offer sufficient accuracy and, above all, it results in increased dislocation of the surrounding massif.

Following the project owner's intervention, the contractor transported a roadheader type Simex TF 100 to the work site (see Fig. 13). This tool was used from GM 10.00 onwards and for the remaining part of the FE Gallery.

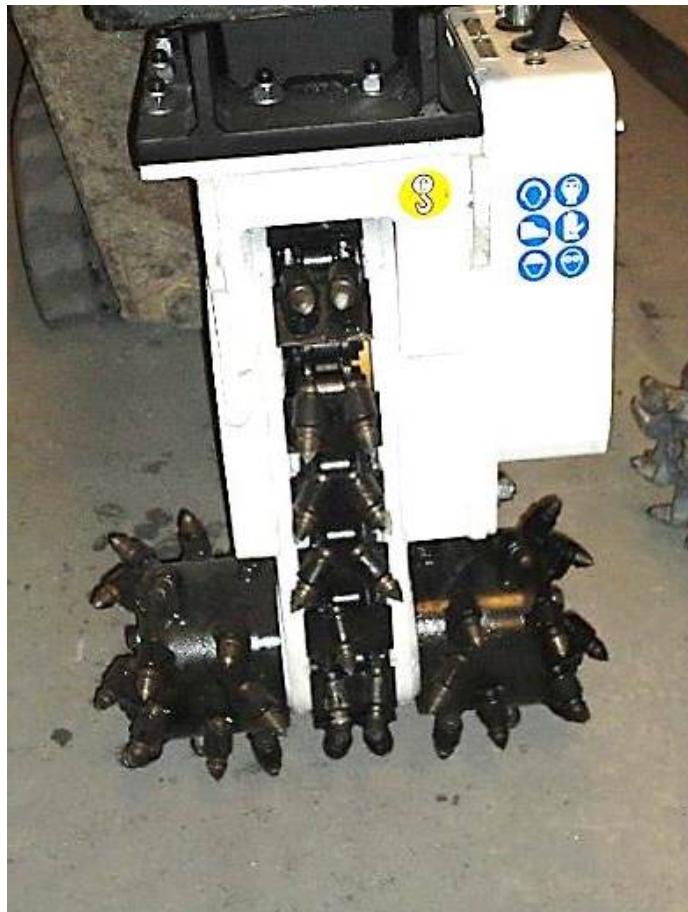


Fig. 13a: Simex full-face, TF 100 cutter head

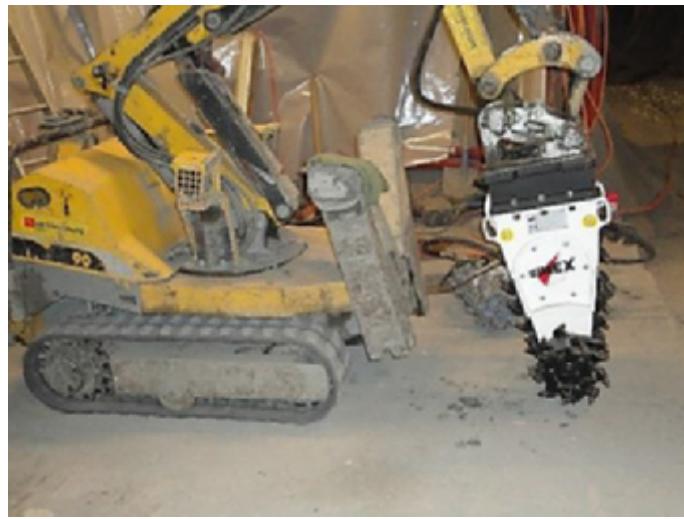


Fig. 13b: Simex TF 100 cutter head with Brokk 90



Fig. 13c Simex profile, TF 100 cutter head

Mucking

The excavation material mucking was carried out with a Bobcat S70 loader (inside the Gallery) and Thweites 6Tom dumpers through the A16 Safety Gallery (south section). A protection device was installed on the dumpers to reduce dust dispersion and to prevent loss of spoil during transport.

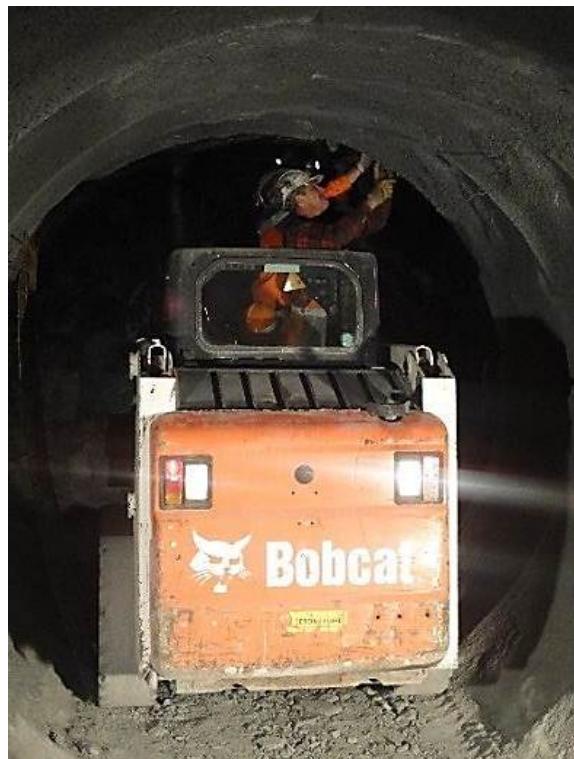


Fig. 14: Bobcat S70



Fig. 15: Thweites 6tons dumper

3.4 Heading Progress

Heading progress for the FE Gallery was split into 3 sections and used an identical daily methodology. These sections are presented below.

Section A

Section A, cutting first 1.5 m then 1 m/day, with the aim of closing the support each evening

- excavation with a pneumatic hammer equipped with a spade chisel
- profiling with flat spade
- installation of wire mesh K 196
- installation of TH 25 arches every 1 metre
- installation of a Bullflex hose with 3-bar minimum grouting pressure
- applying maximum 5 cm shotcrete, leaving free the area for TH 25 arch lining

Minimum one night (11 hours) without activity (shotcrete hardening)

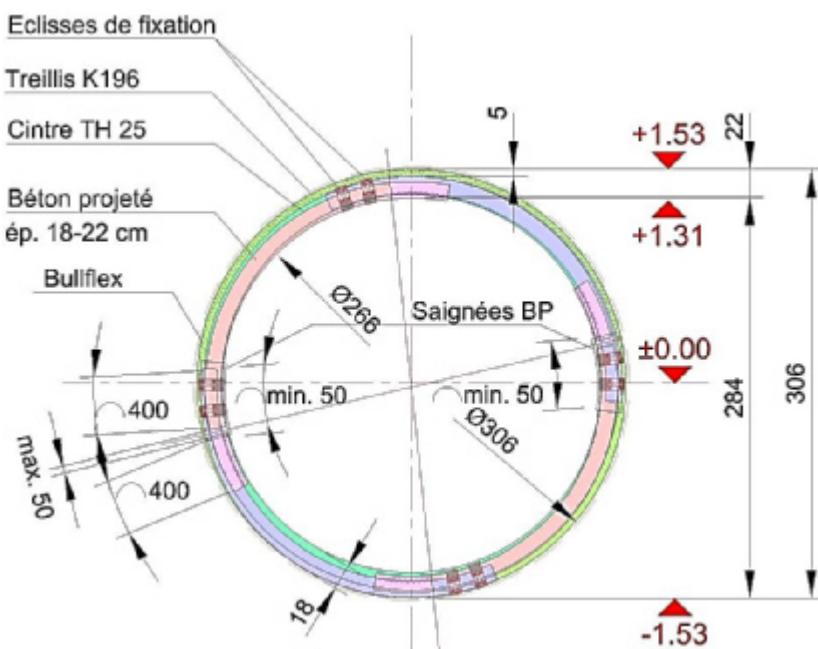


Fig. 16a: Profile after excavation and support section A



Fig. 16b: TH 25 arch, Bullflex, wire mesh K 196 before shotcrete 5 cm

Sections B to D

In sections B, C and D, cutting 1.5 m/day, with the aim of closing the support each evening

- excavation with a pneumatic hammer equipped with a spade
- profiling with roadheader
- installation of wire mesh
- applying maximum 5 cm of shotcrete
- minimum one night without activity (shotcrete hardening)

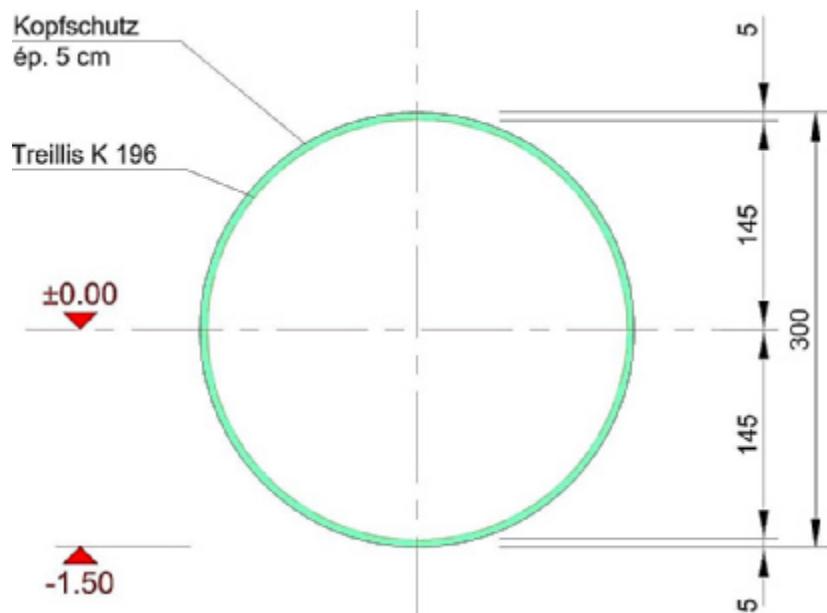


Fig. 17a: Profile after excavation and support sections B, C and D



Fig. 17b: Profile excavation and support after excavation and roadheader profiling

Sections E and F

In sections E and F, 1st cutting step 1.5 m/day, then 1 m/day with the aim of closing the support each evening

- excavation with a pneumatic hammer equipped with a spade
- profiling with roadheader
- installation of 2 wire meshes, 5 cm offset (half mesh) with cap
- installation of TH 25 arches
- installation of a Bullflex hose with 3-bar minimum grouting pressure

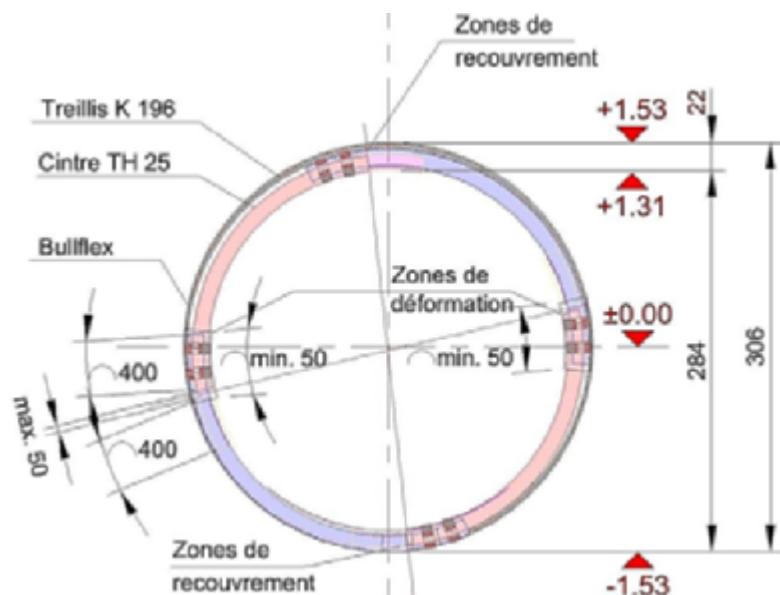


Fig. 18a: Profile after excavation and support sections E and F



Fig. 18b: TH 25 arch, Bullflex, double wire mesh lining K 196

Progress Table

Tab. 8: Progress Table

FE Gallery/Table of progress					
Date	Section	From GM	To GM	Length	
24.04.12	Section A	-0.50	0.00	0.00	Profiling with spade
25.04.12	Section A	0.00	1.20	1.20	
02.05.12	Section A	1.20	2.50	1.30	
03.05.12	Section A	2.50	3.50	1.00	
07.05.12	Section A	3.50	4.50	1.00	
08.05.12	Section A	4.50	5.50	1.00	
09.05.12	Section A	5.50	6.50	1.00	
10.05.12	Section A	6.50	7.50	1.00	
11.05.12	Section A	7.50	8.50	1.00	
14.05.12	Section A	8.50	10.00	1.50	
15.05.12	Section B	10.00	11.30	1.30	Profiling with roadheader
16.05.12	Section B	11.30	12.80	1.50	
21.05.12	Section B	12.80	14.50	1.70	
22.05.12	Section B - C	14.50	16.00	1.50	
25.05.12	Section C	16.00	17.50	1.50	
29.05.12	Section C	17.50	19.00	1.50	
30.05.12	Section C	19.00	20.50	1.50	
31.05.12	Section C	20.50	22.00	1.50	
01.06.12	Section C	22.00	23.50	1.50	
04.06.12	Section C	23.50	25.00	1.50	
05.06.12	Section C	25.00	26.70	1.70	
11.06.12	Section C	26.70	28.20	1.50	
12.06.12	Section C	28.20	29.70	1.50	
13.06.12	Section C	29.70	31.20	1.50	
15.06.12	Section C	31.20	32.90	1.70	
18.06.12	Section D	32.90	35.00	2.10	
19.06.12	Section D	35.00	36.80	1.80	
20.06.12	Section D	36.80	38.30	1.50	
21.06.12	Section E	38.30	39.30	1.00	

FE Gallery/Table of progress					
Date	Section	From GM	To GM	Length	
22.06.12	Section E	39.30	40.30	1.00	
25.06.12	Section E	40.30	41.40	1.10	
26.06.12	Section E	41.40	42.50	1.10	
27.06.12	Section E	42.50	43.50	1.00	
28.06.12	Section E	43.50	44.50	1.00	
03.07.12	Section F	44.50	45.50	1.00	
04.07.12	Section F	45.50	46.50	1.00	
05.07.12	Section F	46.50	47.50	1.00	
06.07.12	Section F	47.50	48.50	1.00	
09.07.12	Section F	48.50	49.50	1.00	
10.07.12	Section F	49.50	50.00	0.50	

3.5 Excavation Line

The round shape (around 3 m diameter) received specific attention in relation to the stability of the work, itself related to the strong convergences registered. The important ground support installed after the excavation cycles and the occasional support reinforcements had to stabilise the rock massif with acceptable displacements.

Geology

Generally, the intersected clay formations remained in the facies planned.

At the structural level, the gallery is intersected from GM 14.50 to GM 50.00 by a fault zone which could not be predicted from the mapping of the FE-A niche. The orientation of the fault zone is slightly steeper than the bedding and is thus in the order of 40-50° towards 130-150°. Between GM 14.50 - GM 32.50, the fault zone is located at 5 o'clock in the tunnel invert. Between GM 32.50 - GM 5000, the zone reaches approximately in the middle of the gallery profile and thus extends from 8 to 2 o'clock but does not intersect the tunnel ceiling, except for between GM 40.00 - GM 44.00. At GM 14.50 - GM 32.50, a possible influence of the fault zone on detachment of adjacent layers and breakouts can be postulated, since there the fault zone is directly parallel to the tunnel wall. However, for the crown of the gallery an influence of the fault zone on the exceeded tolerances compared to the theoretical excavation line is only possible between GM 40.00 and GM 44.00.

The reason for the very uneven excavation accuracy is therefore the anisotropy of the rock and the gallery orientation parallel to the strike of the bedding rather than the unexpected fault zone.

Length Evaluation

From GM 0.00 to GM 9.00, the excavation accuracy only partly met the requirements along that section. This significant fact resulted from the lack of correlation between an Amberg profile and another profile, which suggested that the lack of accuracy was not only linked to the geology, but much more to the excavation method itself or to the operator.

From GM 9.00 to GM 12.00, the excavation profile met the requirements (average deviation of +3 to -1 cm from the theoretical profile).

From GM 12.00 to GM 16.50, from 10 h to 15 h the excavation profile gradually shifted away, leading to deviations from +25 to +40 cm.

From GM 16.50 to GM 21.00, from 10 to 12 h on the excavation profile a line was drawn in accordance with the massif dip which caused overbreaks to its ends ranging from +25 to +30 cm.

From GM 21.00 to GM 24.50, the excavation profile was partly within the requirements (deviations of +2 to +11 cm).

From GM 24.50 to GM 32.00, from 10 to 14 h the excavation profile gradually shifted away to reach deviations of +20 to +35 cm.

From GM 32.00 to GM 33.50, from 10 to 14 h the excavation profile was partly within the requirements (deviations of +2 to +12 cm).

From GM 33.50 to GM 35.50, from 11h to 16 h the excavation profile progressively shifted to produce deviations from +10 to +27 cm.

From GM 35.50 to GM 40.50, the excavation profile partly met the requirements.

From GM 40.50 to GM 44.00, from 10 h to 14 h the excavation profile progressively moved away to reach deviations of +20 to +40 cm.

From GM 44.00 to GM 50.00, over the whole section the excavation profile did not meet the requirements (deviations from +5 to +42 cm).

The invert shape was modified by RL's goal of obtaining the lowest possible loading level (Bobcat) within the section, with the aim of limiting manual work during mucking (the muck located under the rope formed by the width of the hopper had to be hand-loaded). This resulted in a flattened shape during invert excavation. This phenomenon was particularly visible from GM 9.00 to GM 30.00. Beyond that, the improvement in the round shape was significant.

3.6 Support

Wire Mesh

Type K 196 (see Tab. 7 - *Metal support characteristics for the FE Gallery*) was selected for all support work in the FE Gallery.

In sections A, B, C and D (GM 0.00 to GM 37.80), wire mesh K 196 was installed over the whole section in the first shotcrete layer of 5 cm.

In sections B and C (partial) from GM 9.00 to GM 18.00, a second wire mesh series K 196 was installed over the whole section in a third shotcrete layer of 10 cm in order to stabilise convergences.

In sections E and F (from GM 37.80 to GM 50.00), two layers of K 196 steel mesh with 5 cm offset were installed on the upper half of the cross-section.

At the bottom of the FE Gallery at GM 50.00, K 196 wire meshes were installed on the front and covered with 5 to 10 cm of shotcrete.

Arches

Nine TH 25 sliding arches were installed in section A and 15 TH 25 arches in sections E and F (see Tab. 7 - *Metal support characteristics for the FE Gallery*). Section A was additionally supported by subsequent shotcrete application. In sections E and F, no further lining was applied.

At first, the arches were assembled with bolted and tightened splice bars on half the lining length. The other half was welded directly after assembly. Two distortion zones per arch (at 8-9 h and 14-15 h) were held at L1 with splice bars tightened with a torque spanner (300 Nm). The maximum possible distortion was around 5 to 6 cm. The distortion zones could be blocked at any time by tightening the screw-nut control or welding the elements in order to stabilise the support and reduce potentially ongoing convergence.

When blocked, the arches in the distortion zones were bound together by two weld seams on both edges and over a 40 cm minimum length (see drawing 2011_01-008, Appendix 1).



Fig. 19: TH 25 arches and splice bars

Bullflex Hoses

A woven Bullflex hose was installed on the entire arch perimeter. The two ends meet at 6 h and the grouting valve was located at 12 h. Bullflex was installed in the TH 25 profile recess and slipped between the rock and the arch. Both were attached by a binding wire until grouting. The grouting pressure of between 3 and 5 bars with mortar (Wilmix FR-qs) caused hose swelling between the arch and the massif.

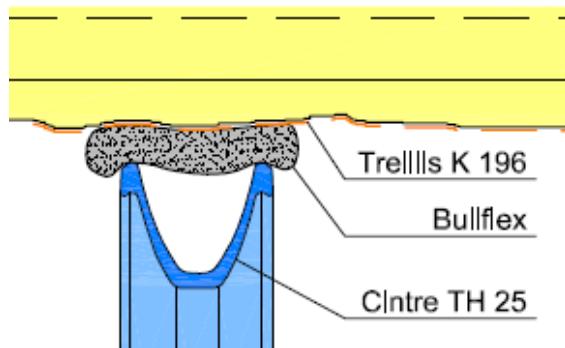


Fig. 20: Details of Bullflex

Residual reflux of mortar water through the Bullflex hose was due to grouting. This water moved along the Bullflex and concentrated at 6 h.

To overcome this, a slight overdepth was excavated at the low point, where a pump was installed. The volume of water collected was difficult to quantify but it was between 1 and 2 litres per grouting.

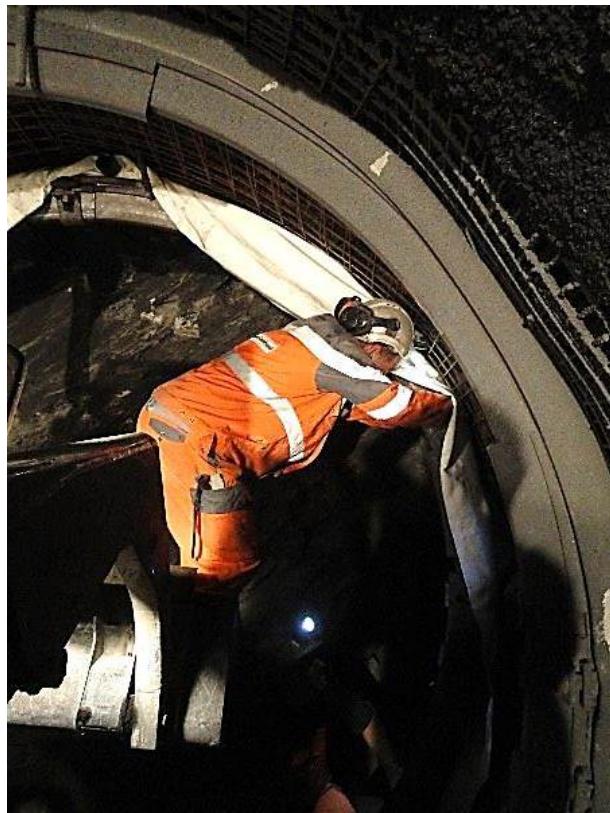


Fig. 21: Installation of a Bullflex hose



Fig. 22: Bullflex grouting



Fig. 23: Collection of water backflow



Fig. 24: Bullflex in final position

Shotcrete

For water management purposes, the dry application method was chosen for this project.

Initially, RL had planned to store the dry mixture in an outside silo (Mont Terri tunnel south exit) and then transport it to the laboratory by tanker. During the test phase, the sieve located over the tanker's driving screw became systematically clogged. This problem was not resolved and RL decided to transport the shotcrete in 1 ton big bags.

The shotcrete characteristics are described in section 3.2.



Fig. 25: Tanker



Fig. 26: Shotcrete packaged in 1-ton big bags

In sections A to D, a 5-cm layer of shotcrete was applied on the whole surface. This application was made at the end of each progress day.

The FE Gallery was constructed using full-face excavation, including the invert, which was also covered with a shotcrete layer.

The methodology planned was to start the application of the shotcrete on the invert, then lift back on the side wall and end in a crown. This method was used to avoid mixing the excess with invert lining shotcrete.

A second shotcrete layer of 11 cm was applied on the entire section (between GM 0.00 and GM 38.30) according to the project plan. A third layer of 10 cm with K 196 wire mesh was additionally applied on the entire perimeter between GM 9.00 and GM 18.00 to slow down the deformation process.



Fig. 27: Shotcrete conditioning, handling and installation

Rock Bolts

2 types of rock bolts were used for FE Gallery.

- fiberglass rock bolts, GFK (K60-25) 2.5 m with chemical sealing (3 cartridges per anchoring, see technical sheet, Appendix 4), installed with a drilling rig during an excavation phase and with the help of a Meyco Oruga spraying manipulator during renovation work
- metal rock bolts IBO R-32 (See Tab. 7 - Metal support characteristics for the FE Gallery) of 7.5 m with chemical sealing (2 components, see technical sheet, Appendix 5), installed with a Meyco Oruga

The positions of all rock bolts are shown on drawing 2011_01-007 (Appendix 1).



Fig. 28a: Rock bolts GFK K60-25, 2.5 m



Fig. 28b: Chemical sealing for GFK K60-25



Fig. 29a: Rock bolts IBO R-32s of 7.5 m (5 x 1.5 m)



Fig. 29b: Chemical sealing with 2 components for rock bolts IBO R-32s

Invert Renovation Work

Following the invert uplifting incident described in section 2.3, a renovation work concept was planned and applied. It refers to drawing 2011_01-007 (Appendix 1).

The section from GM 9.00 to GM 37.80 was subject to renovation. The sections equipped with arches were not subject to reworking.

The section part in question occurred between 4 and 8 h.

The application of shotcrete was preferred to the alternative with poured concrete for logistical reasons linked to the concrete setting time, the aim being to close the profile every evening.

Renovation work was segmented into 9 steps of about 3.0 m and a 10th one of 1.8 m. Each step was split into 2 phases (Figs. 30 and 35 below).

- phase for deconstruction of the existing invert
- phase for reconstruction of the new invert

Phase 1:

Cutting of the shotcrete layer
Demolition of the shotcrete layer
Recovery of the rock bolt plates
Removal of the altered material and scaling

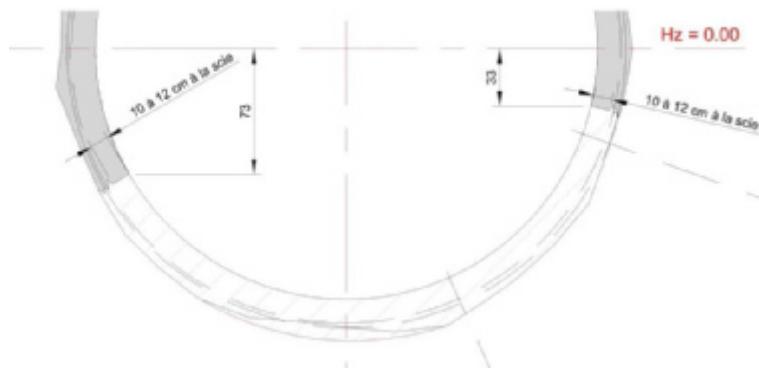


Fig. 30: Renovation work phase 1 (drawing 2011_01-007)



Fig. 31: Shotcrete cutting



Fig. 32: Deconstruction of shotcrete

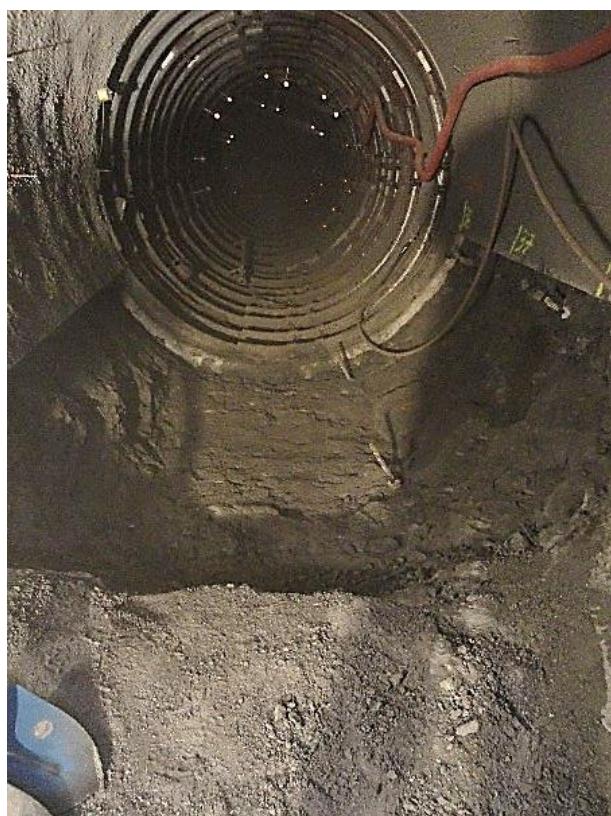


Fig. 33: Excavation and reprofiling



Fig. 34: Clearance for renovation of rock bolts

Concerning the overlap of the wire mesh, the one coming from the north side wall could be preserved from section 6 and the one coming from the south side wall could be preserved from section 7.

The document "General site work follow-up" (Appendix 7) should be consulted for details of the reconstruction work.

Phase 2:

Installation of two K 196 wire meshes

New shotcrete layer with a minimum thickness of 16 cm

Fixation of the rock bolt plates against the shotcrete Installation of additional rock bolts type IBO - R32

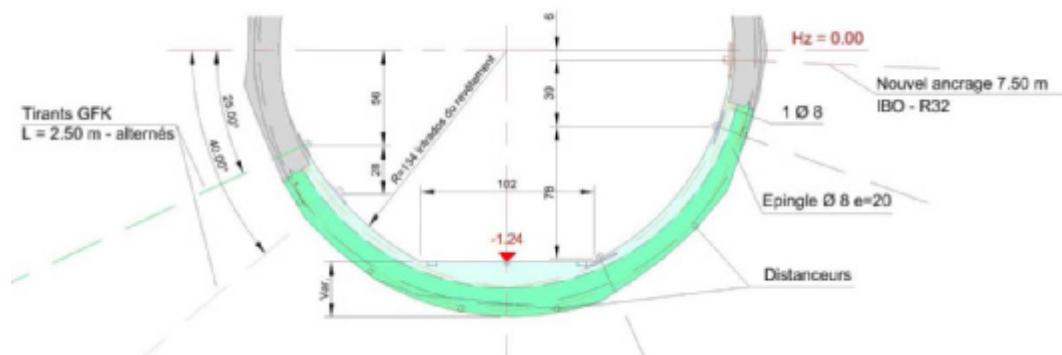


Fig. 35: Renovation work phase 2 (drawing 2011_01-007)



Fig. 36: Installation of the 1st wire mesh



Fig. 37: Installation of the 2nd wire mesh

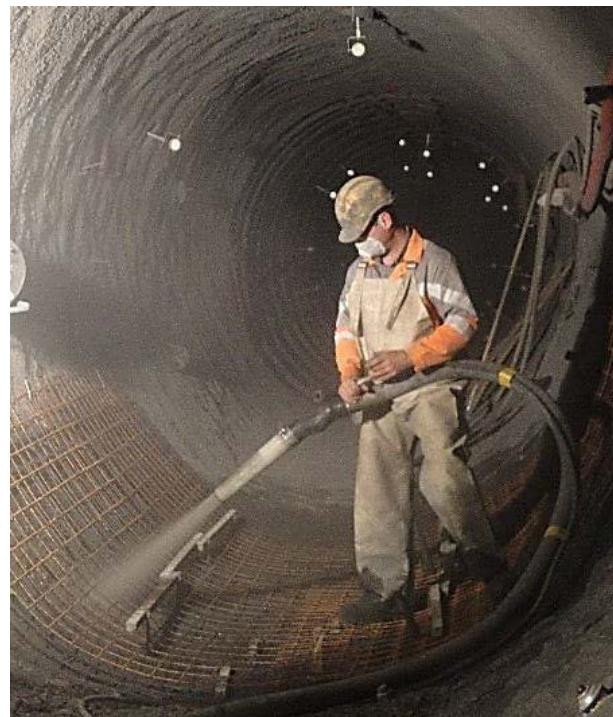


Fig. 38: Application of shotcrete

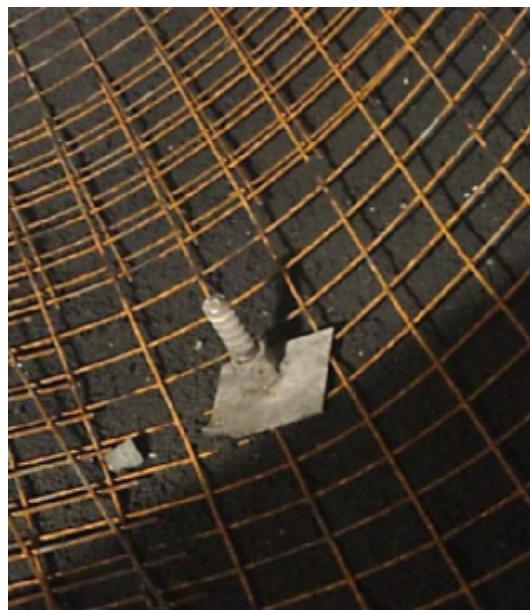


Fig. 39: Fixation of the anchor slab on existing rock bolts

After invert renovation, 53 additional rock bolts type IBO R-32s, 7.5 m were installed in two lines along both sides of the north longitudinal cross-section (see plan 2011_01-007).

The operation was repeated with 39 rock bolts type GFK K60-25, 2.5 m installed in two lines along both sides of the south longitudinal cross-section, after invert renovation (see plan 2011_01-007).

All rock bolts were installed according to the coordinates in specifications 2011_01-006 and shown on drawing 2011_01-007 (Appendix 1).



Fig. 40a: Boring of additional rock bolts



Fig. 40b: Grouting of additional rock bolts

Tab. 9: Invert renovation progress

Invert reconstruction progress					
Date	Section	From GM	To GM	Length	
06.09.12	Section E - D	38.30	35.50	2.80	Spade profiling
11.09.12	Section D	35.50	32.60	2.90	
12.09.12	Section D - C	32.60	30.00	2.60	
13.09.12	Section C	30.00	26.90	3.10	
14.09.12	Section C	26.90	23.30	3.60	
17.09.12	Section C	23.30	20.50	2.80	
18.09.12	Section C	20.50	17.70	2.80	
19.09.12	Section C - B	17.70	14.50	3.20	
20.09.12	Section B	14.50	11.60	2.90	
21.09.12	Section B - A	11.60	8.60	3.00	

3.7 Implementation Control

A daily inspection and follow-up of the site work was made by the site supervision. For the details of their observations, reference should be made to the document "General site work follow-up" (Appendix 7).

A surveillance measurement management system was planned in advance of the work. It is described in the following points:

Surveillance and Intervention Plan

A surveillance plan with 4 thresholds was established in advance, based on practical experience. This plan was completed with an information/intervention process. The documents are shown on drawing 2011_01-004 (Appendix 1).

The surveillance plan was modified during implementation in order to stick to reality regarding convergence values obtained by measurements.

It is worth noting that the values returned by measurements led the project managers to inspect the site work several times with the aim of observing cracks in the shotcrete lining. None of the visits mentioned led to the observation of significant cracks in the visible part of the lining.

Geotechnical Measurements

Throughout the duration of the work, the company Flotron AG carried out automatic geodesic convergence measurements with the help of 2 theodolites (type Leica TCRA 1102 and Leica TDA 5005). For orientation purposes, these theodolites operate through a network of targets placed at the rear of the MB Gallery. From there, they point at the targets placed in the FE Gallery, one by one as they progress (see TN 2012-88 Flotron).

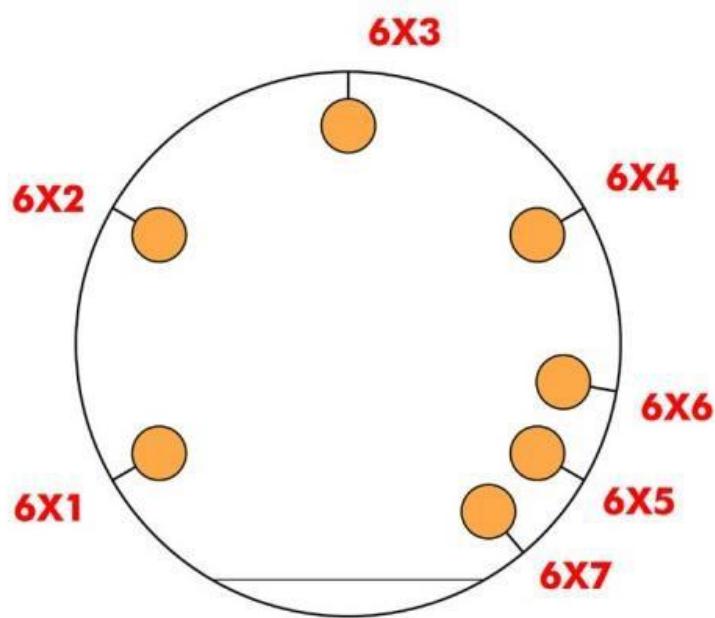


Fig. 41: Target distribution scheme

The raw data were loaded onto the messwert.ch site.

The results and the interpretation were emailed to the different project participants (Appendix 8).

The FE Gallery was equipped with 5 sections of 5 convergence points between GM 5.00 and GM 27.60 and 5 sections of 7 convergence targets between GM 34.30 and GM 49.30. They were placed and measured during the periods when the contractor did not have any activity, namely from 22 h at night to 5 h in the morning and during lunch breaks. At the week-ends, the measurements were continuous until Monday at 5 h.

The position of the targets is shown on plan 2011_01-004 (Appendix 1).

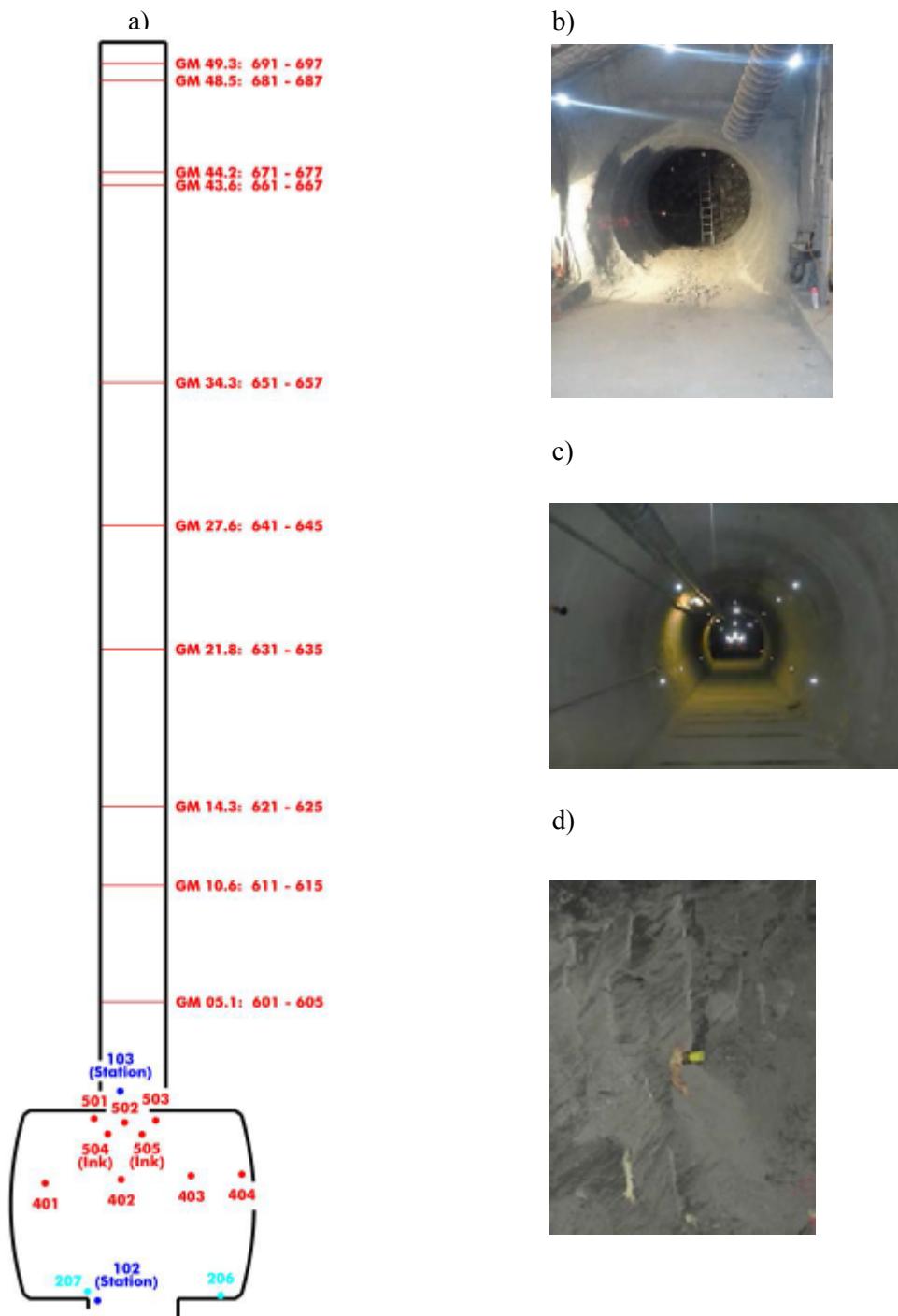


Fig. 42: a) Targets in FE niche and FE Gallery. b) First section with 5 convergence points.
c) View of targets from MB niche. d) Stud 5KBW for target fastening

TH Arches Closing Measurements

In sections E and F, the TH arches were not lined with shotcrete. It was therefore possible to measure, with a caliper (Fig. 44), the opening length of the sliding part on each TH arch (length of reserve spool before stop in Fig. 4).

Although these measurements did not have a high accuracy ($+/-1-2$ mm), the values obtained were representative of the section behaviour. The values measured are shown on the graph below (Fig. 45).



Fig. 43: Splice bars



Fig. 44: Measure of the space balance with a caliper

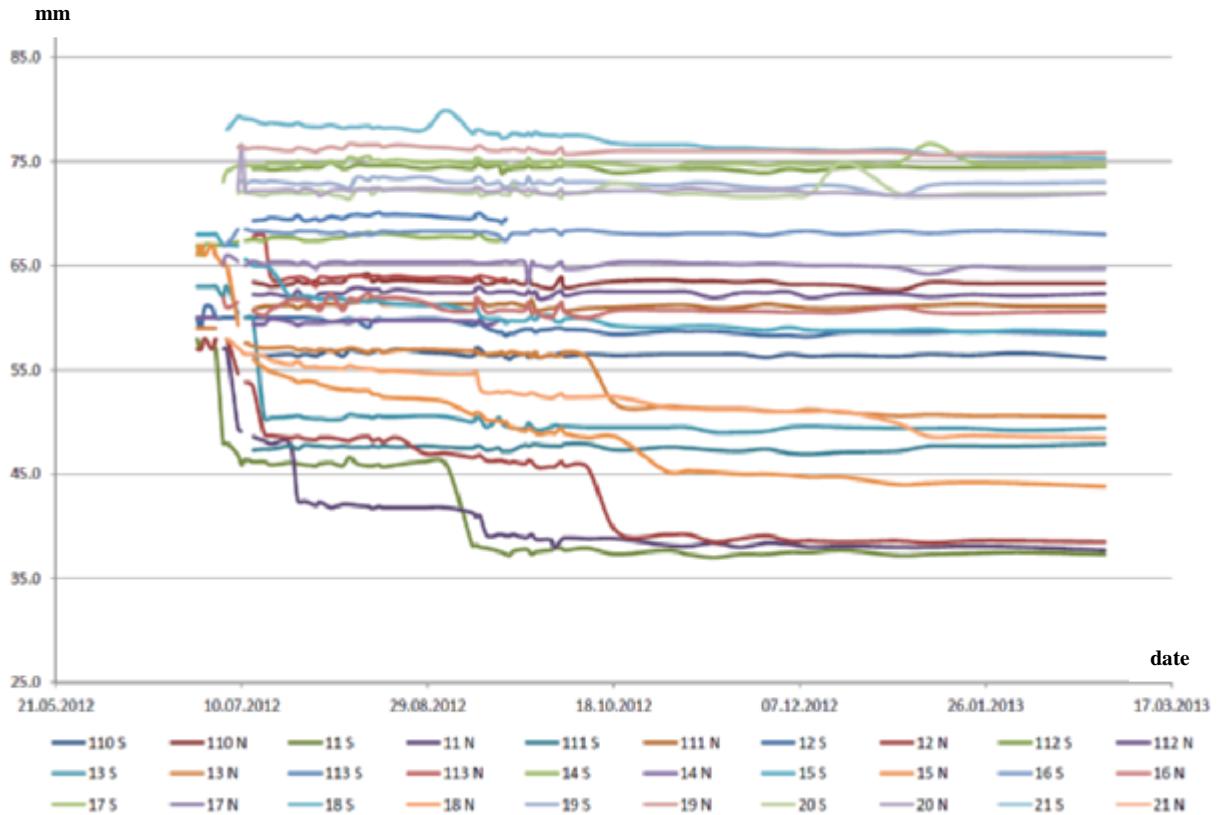


Fig. 45: TH 25 arches lining value; 2 values on each arch (N/S respectively north and south sliding part)

Example: 11 S => arch n°11, south sliding part

In the progress phase, 5 extensometers were installed (drilling by RL, Solexperts equipment) in 2 different sections.

The first section at GM 14.60 had 2 extensometers positioned at 11 h and 14 h.

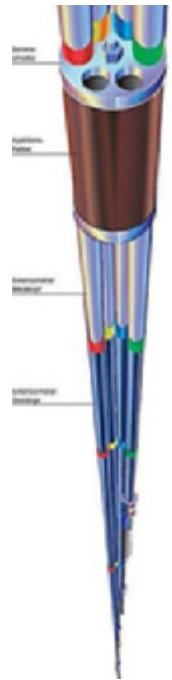


Fig. 46: Uni-Rod extensometer

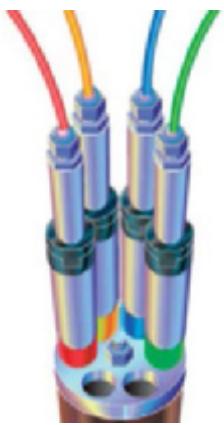


Fig. 47: Uni-Rod extensometer head

Extensometer at 11 h

- Type: Extensometer Uni-Rod with 4 rods
- Drilling: Length 7 m
- 1st rod: Length 1 m
- 2nd rod: Length 2 m
- 3rd rod: Length 3.5 m
- 4th rod: Length 6.3 m

Extensometer at 14 h

- Type: Extensometer Uni-Rod with 4 rods
- Drilling: Length 7 m
- 1st rod: Length 1 m
- 2nd rod: Length 2 m
- 3rd rod: Length 3.5 m
- 4th rod: Length 6.3 m

The 2nd section comprised 3 extensometers at GM 43.10 positioned at 11 h, 14 h and 17 h

Extensometer at 11 h

- Type: Extensometer Uni-Rod with 4 rods
- Drilling: Length 7 m
- 1st rod: Length 1 m
- 2nd rod: Length 2 m
- 3rd rod: Length 3.5 m
- 4th rod: Length 6.3 m

Extensometer at 14 h

- Type: Extensometer Uni-Rod with 4 rods
- Drilling: Length 8.5 m
- 1st rod: Length 1 m
- 2nd rod: Length 3 m
- 3rd rod: Length 5 m
- 4th rod: Length 8 m

Extensometer at 17 h

- Type: Extensometer Uni-Rod with 4 rods
- Drilling: Length 7 m
- 1st rod: Length 1 m
- 2nd rod: Length 2 m
- 3rd rod: Length 3.5 m
- 4th rod: Length 6.3 m

These extensometers are reproduced on plans 2011_01-002 and 2011_01-004 (Appendix 1) and are documented in Solexperts Technical Note (TN 2012-86).

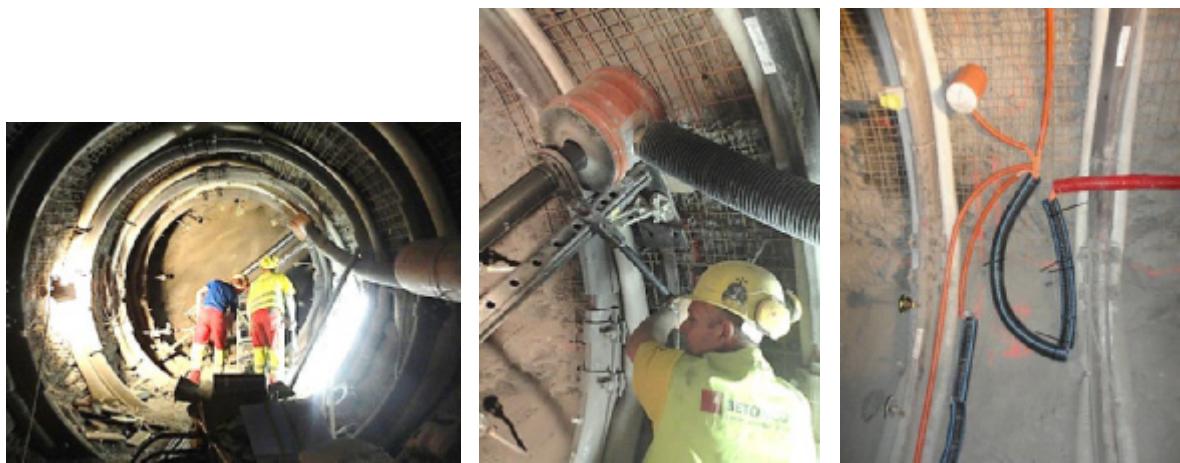


Fig. 48: a) and b) Dry drilling of an extensometer with dust extraction. c) Extensometer equipped by Solexperts

Other Instrumentation

At GM 14.90, and in anticipation of experiments to come, Solexperts installed strain gauges and temperature probes (see Solexperts Technical Note TN 2012_86).

The position of this equipment is shown on plans 2011_01-002 and 2011_01-004.



Fig. 49a: Installation of a strain gauge

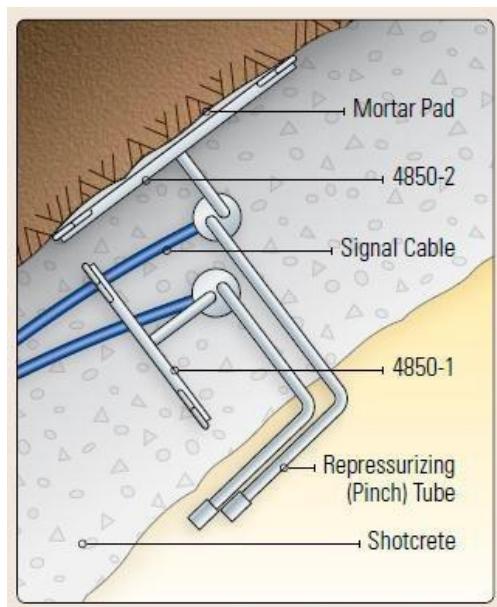


Fig. 49b: Strain gauge scheme

Section GM 43.20 was equipped with crackmeters (at 3, 4, 5 and 6 o'clock in the profile). Their position is shown on plans 2011_01-002 and 2011_01-004. The equipment is documented in Solexperts Technical Note (TN 2012_86).



Fig. 50a: GM 43.20 installation of crackmeter



Fig. 50b: Crackmeter

Shotcrete Control

Two laboratory test series (protocols Appendix 9) were carried out based on shotcrete bunkers made in-situ to complement the preliminary tests with results from the completed structure itself (section 3.2).

The results obtained complied with the requirements and were validated during a site work meeting. The order of magnitude for these values is shown below. Details of the results are provided in Appendix 9.

Tab. 10: Compression tests at GM 24.00 and GM 38.00

Compressive strength						
	1 day N/mm ²	2 days N/mm ²	7 days N/mm ²	29 days N/mm ²	80 days N/mm ²	90 days N/mm ²
GM 24.00	-	-	-	-	33.5	-
GM 38.00	5.7	7.5	22.5	35.1	-	45.4

Linked to the later damage registered at invert level, a sampling campaign was carried out on August 20, 2012 by VHS's laboratory (see section 3.5). This campaign consisted of checking the strength and thickness of the shotcrete applied by the contractor. The following two technical notes were issued on the problems raised: TN 2013-17 and TN 2013-18.



Fig. 51a: Application of shotcrete in FE-A niche, first test in laboratory



Fig. 51b: Core sampling for compression tests, first test in laboratory

3.8 Safety

Safety in the Laboratory

The underground laboratory safety concept, adapted for the construction of the FE Gallery, was applied during all work activities. The personnel hired were trained in use of the safety equipment and communication specific to the site.

Thus, RL's personnel and the other occupants of the laboratory were able to react and act correctly during the following two events which occurred during the realisation of the FE Gallery:

- A 1st event was recorded on April 4, 2012:
Smoke fumes prompted the evacuation of the laboratory (see Swisstopo's report TN 2012-83). This incident had no relation to the excavation of the FE Gallery, but it allowed appropriate behaviour of staff involved in the work on the FE Gallery to be verified.
- A 2nd event was recorded on June 29, 2012:
3 extensometers had to be drilled at GM 43.10. During the 3rd drilling (position 17h), the tank for cooling water placed in niche FE-A overflowed and water spread over 3/4 of the surface of niche FE-A.
The first two metres of the FE Gallery were also affected. A small pump was immediately installed and absorbing materials were spread over wet areas. From niche FE-A, the water flowed through the entire MB niche, under the protective dam perpendicular to Gallery 08, and reached the left edge southbound.
Absorbing materials were spread over all these areas.

Safety in the FE Gallery

Worker Protection

The level of safety during work in the FE Gallery is subject to federal and cantonal law. In addition to these legal requirements, SUVA (national insurance company) regulations and SIA

norms are also applicable. All these aspects were incorporated into the implementation rules and added to the tender documents.

A surveillance and intervention plan was also established.

Site Work Protection

The excavation of the FE Gallery was conducted in such a way that it did not compromise the stability of support within the existing galleries. The instrumentation (sliding micrometer) installed before the start of work and convergence measurements during excavation made it possible to follow the evolution of deformations during the excavation and manage the selection and intervention steps on the support. These issues contributed significantly to the overall safety on the work site.

4 Programme

4.1 Programme of Work

Abbreviations:

GM gallery metre; WD working day; SC shotcrete

Phase FE Gallery (50 m)

The implementation phase started on March 26, 2012 with site installations.

The excavation itself was delayed by one week to April 24, 2012 due to the late delivery of the TH 25 arches. This delay was not attributable to the contractor, who had planned 45 days of work for the excavation of the 50-metre Gallery. Effectively, the excavation was carried out over a 51-day work period and was completed at GM 50.00 on July 12, 2012. The detailed schedule for the realisation of the different sections is described in the document "Contractual programme and effective work programme (Appendix 10)".

On July 12, 2012 (site meeting no. 0008), the PO ordered the non-execution of the slab of poured concrete planned for parts FE, FE-A, MB and Gallery 08. This decision shortened the contractual programme by one week's work (85 WD) and set the theoretical completion date on June 29, 2012 for a total of 15 weeks work (63 WD).

Phase of Renovation of Invert GM 9.00 to GM 37.80 (28.80 m)

On September 03, 2012 during working meeting no. 003, a renovation method for the slab was defined (see section 2.3). Specific planning is contained in the "Contractual programme and effective work programme" (Appendix 10).

Invert renovation work was planned over a 10-step period of about 3 m each, from GM 37.80 (end of section D) to GM 9.00 (start of section B). It was agreed to implement one full step per day (according to drawing 2011_01-007, Appendix 1) to ensure maximum homogeneity of the work. The first step (test step) was carried out on September 6, 2012. Renovation of steps 2 to 10 was achieved between 11 and 21 September, 2012, in accordance with the contractor's plan.

Additional reinforcement with anchoring rods was implemented from September 24 to October 8, 2012 at GGT's request (anchoring rods IBO R32s north cladding) and at the PO's request (anchoring rods GFK 60-245 south cladding). The anchoring rod positions are shown on drawing no. 2011_01-007.

Withdrawal of Installations and Work Handover

The removal of facilities was carried out from 9 to 19 October, 2012 (9 days of work with reduced staffing).

The construction was handed over on November 9, 2012 in the presence of C. Ammon (RL), T. Theurillat (Swisstopo) and T. Küttel (GGT).

In summary, the implementation of the FE Gallery and its renovation started on March 26, 2011 and was completed on October 19, 2012, accounting for 98 days of work.

4.2 Table of Main Events

Reference: Contractual programme and effective work programme (Appendix 10)

08 March 2012	Preliminary tests on shotcrete recipe
26 March - 23 April 2012	Site installation
24 April - 14 May, 2012	Excavation of section A, installation of 9 arches
26 April 2012	Shotcrete tests (Minova), site validation
09 May 2012	Installation of 1st convergence section at GM 5.00
15 May - 22 May 2012	Excavation of section B
15 May 2012	Profile cutting from GM 10.00
15 May 2012	Installation of 2nd convergence section at GM 10.50
22 May - 15 June 2012	Excavation of section C
22 May 2012	Installation of 3rd convergence section at GM 14.50
22 May - 23 May 2012	Installation of 2 extensometers at GM 14.60
24 May 2012	Shotcrete paving at L2 of GM 9.00 at GM 15.00 and closing of longitudinal openings
24 May 2012	During site meeting no. 005: decision to abandon the longitudinal openings
30 May 2012	Installation of 5 anchoring rods GFK x 2.50 m of GM 12.30 at GM 15.30
31 May 2012	Shotcrete paving at L2 of GM 15.00 at GM 19.00
31 May 2012	Installation of 5 anchoring rods GFK x 2.5 m of GM 15.30 at GM 18.30
31 May 2012	Installation of 4th convergence section at GM 21.80
05 June 2012	Shotcrete paving at L2 of GM 19.00 to GM 24.50
06 June 2012	Shotcrete 3rd layer paving (10 cm) of GM 9.00 to GM 18.00
11 June 2012	Installation of 5th convergence section at GM 27.60
14 June 2012	Installation of 10 long anchoring rods IBO-R32s x 7.5 m from GM 19.80 to GM 25.80
15 June 2012	Shotcrete paving at L2 from GM 24.50 to GM 29.00
18 June 2012	Excavation of section D

18 June - 20 June 2012	Installation of 6th convergence section at GM 34.30
19 June	Installation of 4 long anchoring rods IBO-R21 x 7.5 m from GM 27.30 to GM 28.80
20 June 2012	Shotcrete paving at L2 from GM 29.00 to GM 32.00
21 June - 28 June 2012	Excavation of section E with installation of 7 arches
21 June 2012	Shotcrete paving at L2 from GM 32.00 to GM 35.00
28 June 2012	Installation of 6 long anchoring rods IBO-R32s x 7.5 m from GM 30.30 to GM 33.30
28 June 2012	Site meeting no. 007, RL advises PO of a possible massif uplifting at slab level of the FE Gallery
28 June 2012	Shotcrete paving at L2 from GM 35.00 to GM 38.40
28 June 2012	installation of 7th and 8th convergence sections to GM 43.40 and GM 44.00
29 June - 02 July 2012	Installation of 2 extensometers to GM 43.10
02 July 2012	Installation of 6 anchoring rods IBO-R32s x 7.5 m from GM 34.80 to GM 37.80
03 July - 10 July 2012	Excavation of section F with installation of 5 arches
08 July 2012	Installation of 9th and 10th convergence sections to GM 48.40 and GM 48.90
10 July 2012	Shotcrete paving on front GM 50.00
11 July 2012	At DLT's request, a meeting is organised with RL to observe the slab uplifting with rupture of shotcrete
12 July - 13 July 2012	Installation of 4 additional arches at PO's request "section E"
12 July 2012	Work interruption is advised during site meeting no. 0008
13 July 2012	Work is stopped at 12 o'clock
20 August 2012	A core sampling campaign is carried out by VSH for the PO. RL is invited to attend but is not present
06 September 2012	Work restarts
06-21 September 2012	Slab renovation in 10 steps
24 Sept. - 08 Oct. 2012	Installation of 53 long anchoring rods IBO-R32s x 7.5 m from GM 9.30 to GM 37.80

01 Oct. - 03 Oct. 2012	Installation of 39 anchoring rods GFK x 2.5 m from GM 9.30 to GM 37.80 on the south edge, at PO's request
09 October 2012	FE Gallery is empty and clean. Visit conducted by T. Küttel (GGT) and T. Theurillat (Swisstopo)
09 Oct. - 19 Oct. 2012	Disassembly of the installations
09 November 2012	Final handover with C. Ammon (RL), T. Theurillat (Swisstopo) and T. Küttel (GGT)

5 References

5.1 List of Technical Notes

Technical Note TN 2011-15 (GGT)

Realization of the FE-A start niche and consolidation of the MB niche

Technical Note TN 2011-19 (Swisstopo)

FE-A Experiment: Site preparation for Full-Scale Emplacement Demonstration
Experiment:Geological and structural mapping of the FE-A niche (start niche)

Technical Note TN 2012-82 (Swisstopo)

FE-C Experiment: Engineering part of full-scale emplacement experiment: Geological and
structural mapping of the FE-tunnel including a photogrammetric method

Technical Note TN 2012-83 (Swisstopo)

Rock Laboratory Safety: Incident that occurred on April 4th 2012 (in French)

Technical Note TN 2012-86 (Solexperts)

FE-B Experiment: Installation of geotechnical instruments in the FE Gallery during its
construction. Radial borehole extensometer, Stress cells, Temperature sensors, Crack
meters (Instrumentation phase 2a)

Technical Note TN 2012-88 (Flotron AG)

FE-C experiment 3D convergence measurements of the FE-Gallery

Technical Note TN 2013-17 (VSH)

FE-C experiment: Mechanical lab investigations on low-pH shotcrete samples after completion
of the excavation of the FE Gallery

Technical Note TN 2013-18 (GGT)

Dégâts en radier/faits et recommandations

5.2 List of Reminder Notes

Aktennotiz (Reminder Note) AN 12-184

FMT FE-Experiment- Geomechanische Modellierung des Vortriebs (Zwischenbericht)

Appendix 1

**FE Gallery: as built-plans
(GGT)**

**ANDRA BGR CHEVRON CRIEPI ENRESA ENSI GRS IRSN
JAEA NAGRA NWMO OBAYASHI SCK-CEN SWISSTOPO**

Mont Terri Project

DOSSIER DE L'OUVRAGE

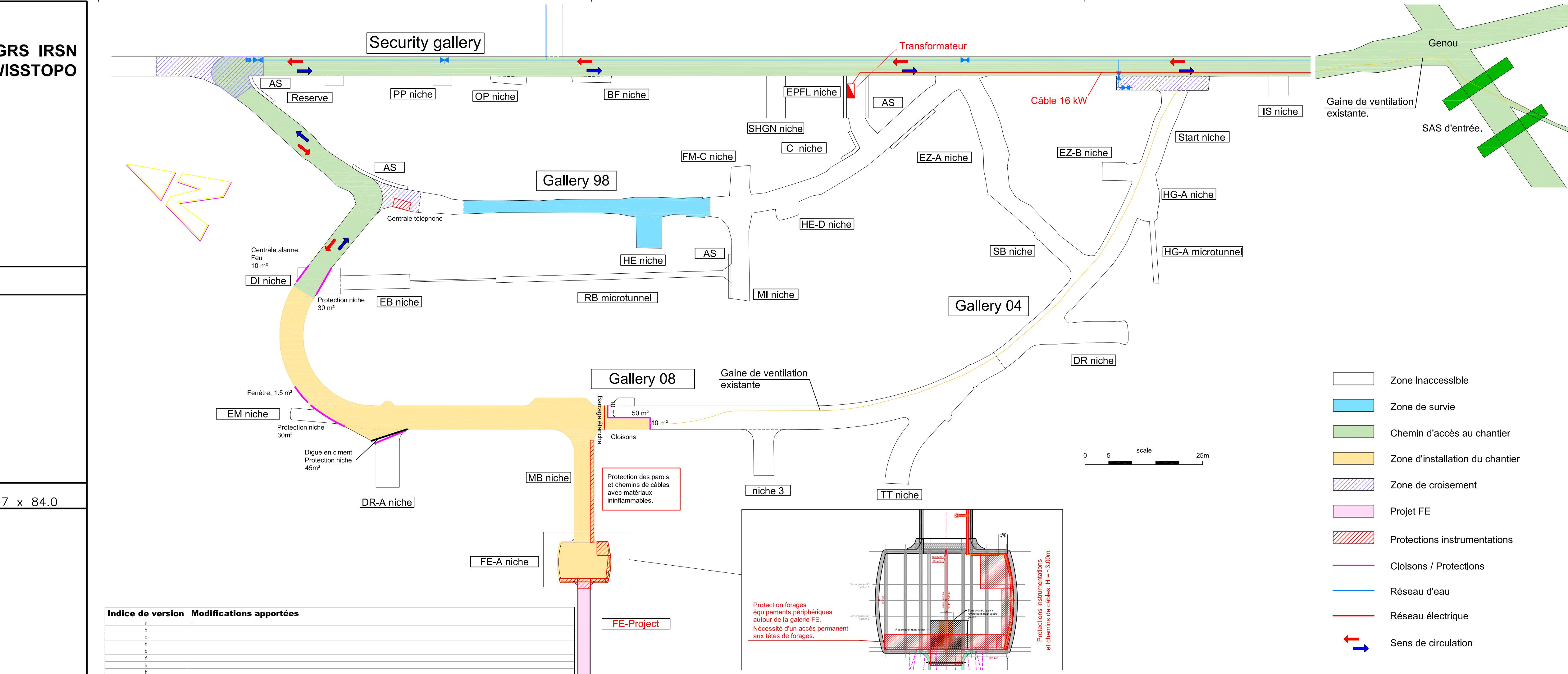
laboratoire souterrain

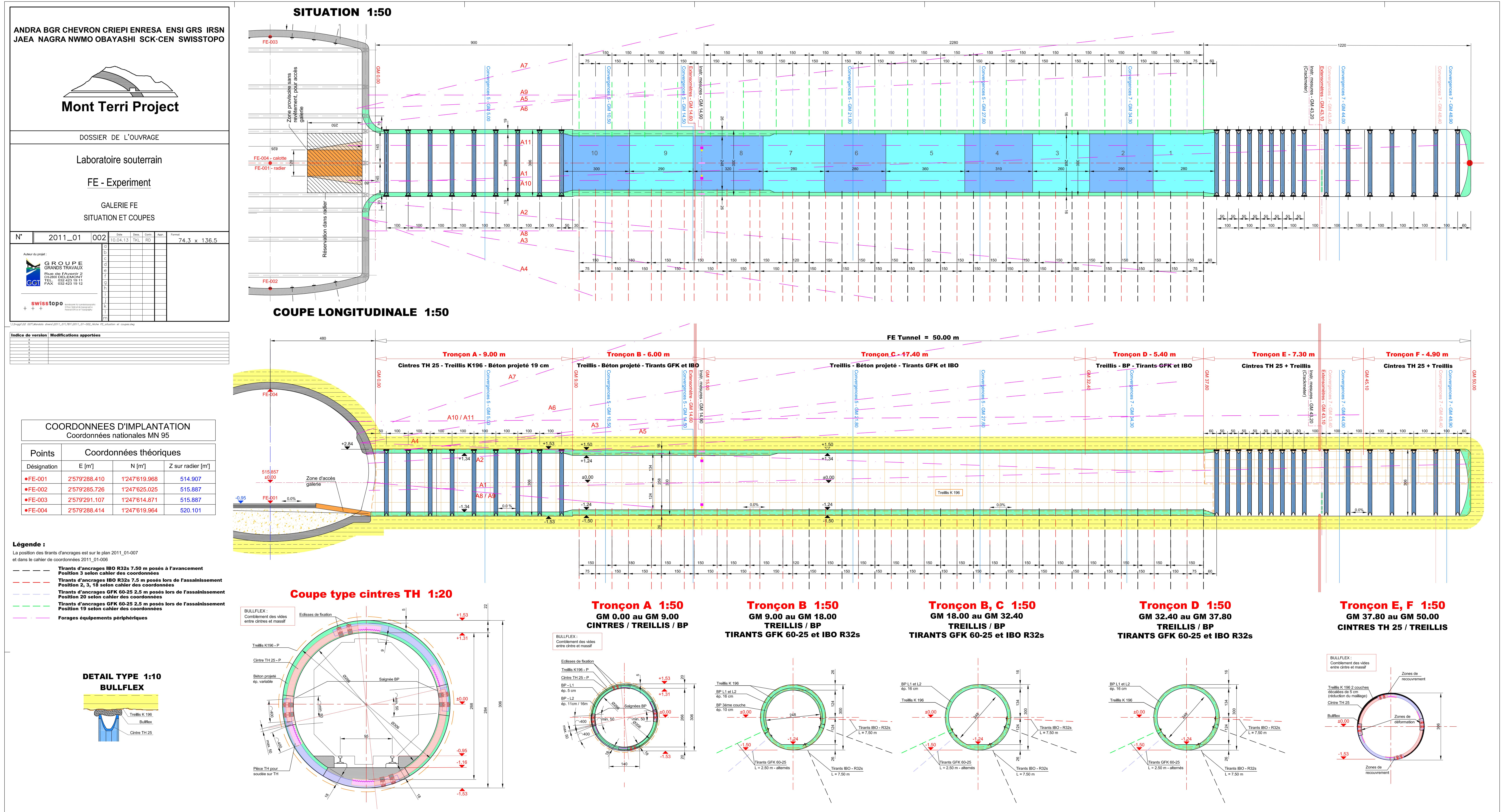
FE - Experiment

Situation, accès et dépôts

SITUATION 1:500

N°	2011_01	001	Date 10.04.13	Dess. TKL	Contr. RD	Appr.	Form
Auteurs du projet:				a			
				b			
				c			
				d			
				e			
				f			
				g			
				h			
				i			
				j			
				k			
				l			
				m			





Mont Terri Project

Dossier de l'ouvrage

Laboratoire souterrain

FE- Experiment

Gaélerie FE

GGT, TKL, le 10.04.2013

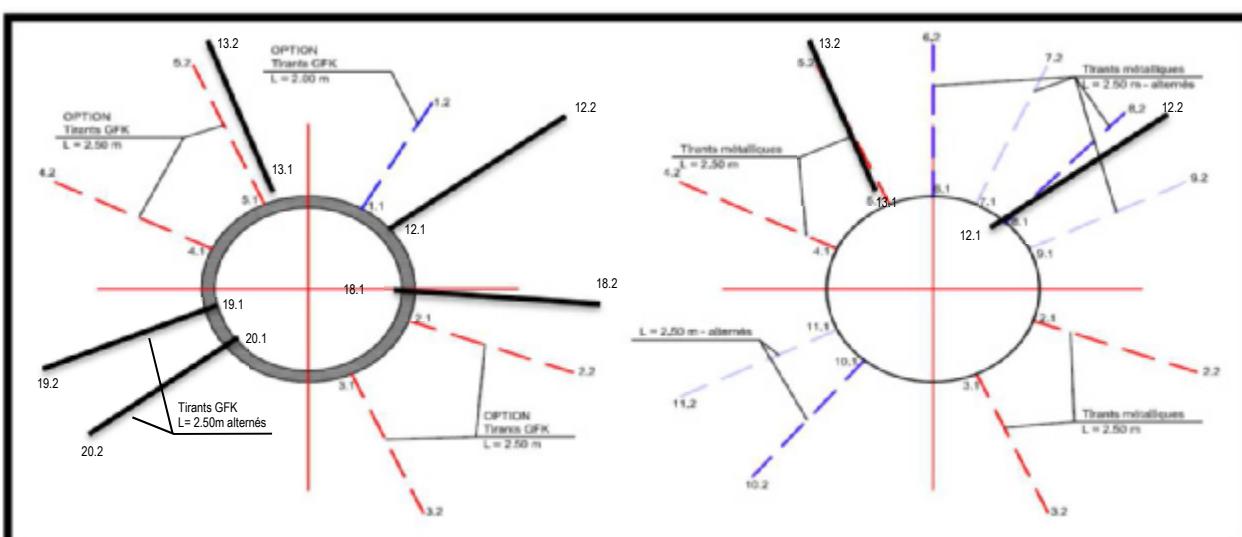
liste des coordonnées théoriques des tirants d'ancrages

2011_01-006

Tirants exécutés IBO R-32s 7.5m
Tirants exécutés GFK 60-25 2.5m
Tirants endommagés GFK 60-25 2.5m

COORDONNÉES MN95

NUMEROTATION DES ANCRAVES



Tronçons	GM	N°	E [m] (Y)	N [m] (X)	Altitudes [m]	Remarques
B	9.30	2.1	2579275.401	1247614.398	515.200	début du tirant
B	9.30	2.2	2579272.340	1247620.175	511.526	fin du tirant
B	9.30	3.1	2579275.691	1247613.850	514.634	début du tirant
B	9.30	3.2	2579274.255	1247616.561	507.790	fin du tirant
B	9.30	18.1	2579275.321	1247614.547	515.777	début du tirant
B	9.30	18.2	2579271.817	1247621.163	515.330	fin du tirant
B	9.30	19.1	2579276.516	1247612.292	515.291	début du tirant
B	9.30	19.2	2579277.577	1247610.290	514.234	fin du tirant
B	10.05	2.1	2579274.738	1247614.047	515.200	début du tirant
B	10.05	2.2	2579271.678	1247619.824	511.526	fin du tirant
B	10.05	20.1	2579275.765	1247612.107	514.996	début du tirant
B	10.05	20.2	2579276.662	1247610.415	513.389	fin du tirant
B	10.80	2.1	2579274.075	1247613.695	515.200	début du tirant
B	10.80	2.2	2579271.015	1247619.473	511.526	fin du tirant
B	10.80	3.1	2579274.365	1247613.148	514.634	début du tirant
B	10.80	3.2	2579272.929	1247615.859	507.790	fin du tirant
B	10.80	18.1	2579273.996	1247613.845	515.777	début du tirant
B	10.80	18.2	2579270.491	1247620.461	515.330	fin du tirant
B	10.80	19.1	2579275.191	1247611.590	515.291	début du tirant
B	10.80	19.2	2579276.251	1247609.588	514.234	fin du tirant

Mont Terri Project
Dossier de l'ouvrage
Laboratoire souterrain
FE- Experiment
Gaélerie FE

GGT, TKL, le 10.04.2013

liste des coordonnées théoriques des tirants d'ancrages

2011_01-006

Tirants exécutés IBO R-32s 7.5m
Tirants exécutés GFK 60-25 2.5m
Tirants endommagés GFK 60-25 2.5m

COORDONNÉES MN95

B	11.55	2.1	2579273.413	1247613.344	515.200	début du tirant
B	11.55	2.2	2579270.352	1247619.122	511.526	fin du tirant
B	11.55	20.1	2579274.440	1247611.405	514.996	début du tirant
B	11.55	20.2	2579275.336	1247609.713	513.389	fin du tirant
B	12.30	2.1	2579272.767	1247612.960	515.138	début du tirant
B	12.30	2.2	2579269.805	1247618.553	511.113	fin du tirant
B	12.30	2.1	2579272.684	124713.117	515.122	début du tirant
B	12.30	2.2	2579271.664	1247615.042	513.897	fin du tirant
B	12.30	3.1	2579273.009	1247612.503	514.488	début du tirant
B	12.30	3.2	2579272.531	1247613.407	512.207	fin du tirant
B	12.30	18.1	2579272.670	1247613.143	515.777	début du tirant
B	12.30	18.2	2579269.166	1247619.759	515.330	fin du tirant
B	12.30	19.1	2579273.865	1247610.888	515.291	début du tirant
B	12.30	19.2	2579274.926	1247608.886	514.234	fin du tirant
B	12.60	3.1	2579272.775	1247612.305	514.634	début du tirant
B	12.60	3.2	2579271.339	1247615.016	507.790	fin du tirant
B	13.05	2.1	2579272.087	1247612.642	515.200	début du tirant
B	13.05	2.2	2579269.027	1247618.420	511.526	fin du tirant
B	13.05	20.1	2579273.114	1247610.703	514.996	début du tirant
B	13.05	20.2	2579274.011	1247609.011	513.389	fin du tirant
B	13.80	2.1	2579271.442	1247612.258	515.138	début du tirant
B	13.80	2.2	2579268.479	1247617.851	511.113	fin du tirant
B	13.80	2.1	2579271.283	1247612.557	515.556	début du tirant
B	13.80	2.2	2579270.137	1247614.722	515.053	fin du tirant
B	13.80	3.1	2579271.684	1247611.801	514.488	début du tirant
B	13.80	3.2	2579271.205	1247612.705	512.207	fin du tirant
B	13.80	18.1	2579271.345	1247612.441	515.777	début du tirant
B	13.80	18.2	2579267.840	1247619.057	515.330	fin du tirant
B	13.80	19.1	2579272.540	1247610.186	515.291	début du tirant
B	13.80	19.2	2579273.600	1247608.184	514.234	fin du tirant
B	14.10	3.1	2579271.449	1247611.603	514.634	début du tirant
B	14.10	3.2	2579270.013	1247614.314	507.790	fin du tirant
B	14.55	2.1	2579270.761	1247611.940	515.200	début du tirant
B	14.55	2.2	2579267.701	1247617.718	511.526	fin du tirant
B	14.55	20.1	2579271.789	1247610.001	514.996	début du tirant
B	14.55	20.2	2579272.685	1247608.308	513.389	fin du tirant
C	15.30	2.1	2579270.116	1247611.556	515.138	début du tirant
C	15.30	2.2	2579267.154	1247617.148	511.113	fin du tirant
C	15.30	2.1	2579269.985	1247611.804	515.348	début du tirant
C	15.30	2.2	2579268.884	1247613.881	514.499	fin du tirant
C	15.30	3.1	2579270.358	1247611.099	514.488	début du tirant
C	15.30	3.2	2579269.880	1247612.003	512.207	fin du tirant
C	15.30	18.1	2579270.019	1247611.739	515.777	début du tirant
C	15.30	18.2	2579266.515	1247618.355	515.330	fin du tirant

Mont Terri Project

GGT, TKL, le 10.04.2013

Dossier de l'ouvrage

Laboratoire souterrain

FE- Experiment

Gaélerie FE

liste des coordonnées théoriques des tirants d'ancrages

2011_01-006

Tirants exécutés IBO R-32s 7.5m
Tirants exécutés GFK 60-25 2.5m
Tirants endommagés GFK 60-25 2.5m

COORDONNÉES MN95

C	15.30	19.1	2579271.214	1247609.484	515.291	début du tirant
C	15.30	19.2	2579272.275	1247607.481	514.234	fin du tirant
C	15.60	3.1	2579270.124	1247610.901	514.634	début du tirant
C	15.60	3.2	2579268.688	1247613.612	507.790	fin du tirant
C	16.05	2.1	2579269.393	1247611.319	515.402	début du tirant
C	16.05	2.2	2579266.091	1247617.553	512.855	fin du tirant
C	16.05	20.1	2579270.463	1247609.299	514.996	début du tirant
C	16.05	20.2	2579271.360	1247607.606	513.389	fin du tirant
C	16.80	2.1	2579268.791	1247610.854	515.138	début du tirant
C	16.80	2.2	2579265.828	1247616.446	511.113	fin du tirant
C	16.80	2.1	2579268.660	1247611.101	515.348	début du tirant
C	16.80	2.2	2579267.559	1247613.179	514.499	fin du tirant
C	16.80	3.1	2579269.033	1247610.397	514.488	début du tirant
C	16.80	3.2	2579268.554	1247611.300	512.207	fin du tirant
C	16.80	18.1	2579268.694	1247611.037	515.777	début du tirant
C	16.80	18.2	2579265.189	1247617.652	515.330	fin du tirant
C	16.80	19.1	2579269.888	1247608.781	515.291	début du tirant
C	16.80	19.2	2579270.949	1247606.779	514.234	fin du tirant
C	17.10	3.1	2579268.798	1247610.199	514.634	début du tirant
C	17.10	3.2	2579267.362	1247612.910	507.790	fin du tirant
C	17.55	2.1	2579268.067	1247610.617	515.402	début du tirant
C	17.55	2.2	2579264.765	1247616.851	512.855	fin du tirant
C	17.55	20.1	2579269.138	1247608.596	514.996	début du tirant
C	17.55	20.2	2579270.034	1247606.904	513.389	fin du tirant
C	18.30	2.1	2579267.465	1247610.152	515.138	début du tirant
C	18.30	2.2	2579264.503	1247615.744	511.113	fin du tirant
C	18.30	2.1	2579267.334	1247610.399	515.348	début du tirant
C	18.30	2.2	2579266.233	1247612.477	514.499	fin du tirant
C	18.30	3.1	2579267.707	1247609.695	514.488	début du tirant
C	18.30	3.2	2579267.229	1247610.598	512.207	fin du tirant
C	18.30	18.1	2579267.368	1247610.334	515.777	début du tirant
C	18.30	18.2	2579263.864	1247616.950	515.330	fin du tirant
C	18.30	19.1	2579268.563	1247608.079	515.291	début du tirant
C	18.30	19.2	2579269.624	1247606.077	514.234	fin du tirant
C	18.60	3.1	2579267.473	1247609.496	514.634	début du tirant
C	18.60	3.2	2579266.037	1247612.207	507.790	fin du tirant
C	19.05	2.1	2579266.742	1247609.915	515.402	début du tirant
C	19.05	2.2	2579263.440	1247616.149	512.855	fin du tirant
C	19.05	20.1	2579267.812	1247607.894	514.996	début du tirant
C	19.05	20.2	2579268.709	1247606.202	513.389	fin du tirant
C	19.80	2.1	2579266.009	1247609.697	515.348	début du tirant
C	19.80	2.2	2579262.706	1247615.931	512.801	fin du tirant
C	19.80	3.1	2579266.382	1247608.993	514.488	début du tirant
C	19.80	3.2	2579264.946	1247611.704	507.644	fin du tirant

Mont Terri Project
Dossier de l'ouvrage
Laboratoire souterrain
FE- Experiment
Gaélerie FE

GGT, TKL, le 10.04.2013

liste des coordonnées théoriques des tirants d'ancrages

2011_01-006

Tirants exécutés IBO R-32s 7.5m
Tirants exécutés GFK 60-25 2.5m
Tirants endommagés GFK 60-25 2.5m

COORDONNÉES MN95

C	19.80	18.1	2579266.043	1247609.632	515.777	début du tirant
C	19.80	18.2	2579262.538	1247616.248	515.330	fin du tirant
C	19.80	19.1	2579267.237	1247607.377	515.291	début du tirant
C	19.80	19.2	2579268.298	1247605.375	514.234	fin du tirant
C	20.55	2.1	2579265.416	1247609.213	515.402	début du tirant
C	20.55	2.2	2579262.114	1247615.447	512.855	fin du tirant
C	20.55	20.1	2579266.487	1247607.192	514.996	début du tirant
C	20.55	20.2	2579267.383	1247605.500	513.389	fin du tirant
C	21.30	2.1	2579264.683	1247608.995	515.348	début du tirant
C	21.30	2.2	2579261.381	1247615.229	512.801	fin du tirant
C	21.30	3.1	2579265.056	1247608.290	514.488	début du tirant
C	21.30	3.2	2579263.620	1247611.001	507.644	fin du tirant
C	21.30	18.1	2579264.717	1247608.930	515.777	début du tirant
C	21.30	18.2	2579261.213	1247615.546	515.330	fin du tirant
C	21.30	19.1	2579265.912	1247606.675	515.291	début du tirant
C	21.30	19.2	2579266.973	1247604.673	514.234	fin du tirant
C	22.05	2.1	2579264.091	1247608.511	515.402	début du tirant
C	22.05	2.2	2579260.789	1247614.745	512.855	fin du tirant
C	22.05	20.1	2579265.161	1247606.490	514.996	début du tirant
C	22.05	20.2	2579266.058	1247604.798	513.389	fin du tirant
C	22.80	2.1	2579263.358	1247608.293	515.348	début du tirant
C	22.80	2.2	2579260.055	1247614.527	512.801	fin du tirant
C	22.80	3.1	2579263.731	1247607.588	514.488	début du tirant
C	22.80	3.2	2579262.295	1247610.299	507.644	fin du tirant
C	22.80	18.1	2579263.392	1247608.228	515.777	début du tirant
C	22.80	18.2	2579259.887	1247614.844	515.330	fin du tirant
C	22.80	19.1	2579264.586	1247605.973	515.291	début du tirant
C	22.80	19.2	2579265.647	1247603.971	514.234	fin du tirant
C	23.55	2.1	2579262.765	1247607.809	515.402	début du tirant
C	23.55	2.2	2579259.463	1247614.042	512.855	fin du tirant
C	23.55	20.1	2579263.836	1247605.788	514.996	début du tirant
C	23.55	20.2	2579264.732	1247604.096	513.389	fin du tirant
C	24.30	2.1	2579262.032	1247607.591	515.348	début du tirant
C	24.30	2.2	2579258.730	1247613.824	512.801	fin du tirant
C	24.30	3.1	2579262.405	1247606.886	514.488	début du tirant
C	24.30	3.2	2579260.969	1247609.597	507.644	fin du tirant
C	24.30	18.1	2579262.066	1247607.526	515.777	début du tirant
C	24.30	18.2	2579258.562	1247614.142	515.330	fin du tirant
C	24.30	19.1	2579263.261	1247605.271	515.291	début du tirant
C	24.30	19.2	2579264.321	1247603.269	514.234	fin du tirant
C	25.05	2.1	2579261.440	1247607.107	515.402	début du tirant
C	25.05	2.2	2579258.138	1247613.340	512.855	fin du tirant
C	25.05	20.1	2579262.510	1247605.086	514.996	début du tirant
C	25.05	20.2	2579263.407	1247603.393	513.389	fin du tirant

Mont Terri Project
Dossier de l'ouvrage
Laboratoire souterrain
FE- Experiment
Gaélerie FE

GGT, TKL, le 10.04.2013

liste des coordonnées théoriques des tirants d'ancrages

2011_01-006

Tirants exécutés IBO R-32s 7.5m
Tirants exécutés GFK 60-25 2.5m
Tirants endommagés GFK 60-25 2.5m

COORDONNÉES MN95

C	25.80	2.1	2579260.706	1247606.889	515.348	début du tirant
C	25.80	2.2	2579257.404	1247613.122	512.801	fin du tirant
C	25.80	3.1	2579261.080	1247606.184	514.488	début du tirant
C	25.80	3.2	2579259.644	1247608.895	507.644	fin du tirant
C	25.80	18.1	2579260.741	1247606.824	515.777	début du tirant
C	25.80	18.2	2579257.236	1247613.440	515.330	fin du tirant
C	25.80	19.1	2579261.935	1247604.569	515.291	début du tirant
C	25.80	19.2	2579262.996	1247602.566	514.234	fin du tirant
C	26.55	2.1	2579260.114	1247606.404	515.402	début du tirant
C	26.55	2.2	2579256.812	1247612.638	512.855	fin du tirant
C	26.55	20.1	2579261.185	1247604.384	514.996	début du tirant
C	26.55	20.2	2579262.081	1247602.691	513.389	fin du tirant
C	27.30	2.1	2579259.381	1247606.186	515.348	début du tirant
C	27.30	2.2	2579256.079	1247612.420	512.801	fin du tirant
C	27.30	3.1	2579259.754	1247605.482	514.488	début du tirant
C	27.30	3.2	2579258.318	1247608.193	507.644	fin du tirant
C	27.30	18.1	2579259.415	1247606.122	515.777	début du tirant
C	27.30	18.2	2579255.911	1247612.737	515.330	fin du tirant
C	27.30	19.1	2579260.610	1247603.866	515.291	début du tirant
C	27.30	19.2	2579261.670	1247601.864	514.234	fin du tirant
C	28.05	2.1	2579258.789	1247605.702	515.402	début du tirant
C	28.05	2.2	2579255.487	1247611.936	512.855	fin du tirant
C	28.05	20.1	2579259.859	1247603.681	514.996	début du tirant
C	28.05	20.2	2579260.756	1247601.989	513.389	fin du tirant
C	28.80	2.1	2579258.055	1247605.484	515.348	début du tirant
C	28.80	2.2	2579254.753	1247611.718	512.801	fin du tirant
C	28.80	3.1	2579258.429	1247604.780	514.488	début du tirant
C	28.80	3.2	2579256.993	1247607.491	507.644	fin du tirant
C	28.80	18.1	2579258.090	1247605.420	515.777	début du tirant
C	28.80	18.2	2579254.585	1247612.035	515.330	fin du tirant
C	28.80	19.1	2579259.284	1247603.164	515.291	début du tirant
C	28.80	19.2	2579260.345	1247601.162	514.234	fin du tirant
C	29.55	2.1	2579257.463	1247605.000	515.402	début du tirant
C	29.55	2.2	2579254.161	1247611.234	512.855	fin du tirant
C	29.55	20.1	2579258.534	1247602.979	514.996	début du tirant
C	29.55	20.2	2579259.430	1247601.287	513.389	fin du tirant
C	30.30	2.1	2579256.730	1247604.782	515.348	début du tirant
C	30.30	2.2	2579253.428	1247611.016	512.801	fin du tirant
C	30.30	3.1	2579257.103	1247604.078	514.488	début du tirant
C	30.30	3.2	2579255.667	1247606.789	507.644	fin du tirant
C	30.30	18.1	2579256.764	1247604.717	515.777	début du tirant
C	30.30	18.2	2579253.260	1247611.333	515.330	fin du tirant
C	30.30	19.1	2579257.959	1247602.462	515.291	début du tirant
C	30.30	19.2	2579259.019	1247600.460	514.234	fin du tirant

Mont Terri Project
Dossier de l'ouvrage
Laboratoire souterrain
FE- Experiment
Gaélerie FE

GGT, TKL, le 10.04.2013

liste des coordonnées théoriques des tirants d'ancrages

2011_01-006

Tirants exécutés IBO R-32s 7.5m
Tirants exécutés GFK 60-25 2.5m
Tirants endommagés GFK 60-25 2.5m

COORDONNÉES MN95

C	31.05	2.1	2579256.138	1247604.298	515.402	début du tirant
C	31.05	2.2	2579252.836	1247610.532	512.855	fin du tirant
C	31.05	20.1	2579257.208	1247602.277	514.996	début du tirant
C	31.05	20.2	2579258.105	1247600.585	513.389	fin du tirant
C	31.80	2.1	2579255.404	1247604.080	515.348	début du tirant
C	31.80	2.2	2579252.102	1247610.314	512.801	fin du tirant
C	31.80	3.1	2579255.778	1247603.375	514.488	début du tirant
C	31.80	3.2	2579254.342	1247606.086	507.644	fin du tirant
C	31.80	18.1	2579255.439	1247604.015	515.777	début du tirant
C	31.80	18.2	2579251.934	1247610.631	515.330	fin du tirant
C	31.80	19.1	2579256.633	1247601.760	515.291	début du tirant
C	31.80	19.2	2579257.694	1247599.758	514.234	fin du tirant
C	32.55	2.1	2579254.812	1247603.596	515.402	début du tirant
C	32.55	2.2	2579251.510	1247609.830	512.855	fin du tirant
C	32.55	20.1	2579255.883	1247601.575	514.996	début du tirant
C	32.55	20.2	2579256.779	1247599.883	513.389	fin du tirant
D	33.30	2.1	2579254.079	1247603.378	515.348	début du tirant
D	33.30	2.2	2579250.777	1247609.612	512.801	fin du tirant
D	33.30	3.1	2579254.452	1247602.673	514.488	début du tirant
D	33.30	3.2	2579253.016	1247605.384	507.644	fin du tirant
D	33.30	18.1	2579254.113	1247603.313	515.777	début du tirant
D	33.30	18.2	2579250.609	1247609.929	515.330	fin du tirant
D	33.30	19.1	2579255.308	1247601.058	515.291	début du tirant
D	33.30	19.2	2579256.368	1247599.056	514.234	fin du tirant
D	34.05	2.1	2579253.487	1247602.894	515.402	début du tirant
D	34.05	2.2	2579250.184	1247609.127	512.855	fin du tirant
D	34.05	20.1	2579254.557	1247600.873	514.996	début du tirant
D	34.05	20.2	2579255.453	1247599.181	513.389	fin du tirant
D	34.80	2.1	2579252.753	1247602.676	515.348	début du tirant
D	34.80	2.2	2579249.451	1247608.909	512.801	fin du tirant
D	34.80	3.1	2579253.127	1247601.971	514.488	début du tirant
D	34.80	3.2	2579251.691	1247604.682	507.644	fin du tirant
D	34.80	18.1	2579252.788	1247602.611	515.777	début du tirant
D	34.80	18.2	2579249.283	1247609.227	515.330	fin du tirant
D	34.80	19.1	2579253.982	1247600.356	515.291	début du tirant
D	34.80	19.2	2579255.043	1247598.354	514.234	fin du tirant
D	35.55	2.1	2579252.161	1247602.192	515.402	début du tirant
D	35.55	2.2	2579248.859	1247608.425	512.855	fin du tirant
D	35.55	20.1	2579253.232	1247600.171	514.996	début du tirant
D	35.55	20.2	2579254.128	1247598.478	513.389	fin du tirant
D	36.30	2.1	2579251.428	1247601.974	515.348	début du tirant
D	36.30	2.2	2579248.126	1247608.207	512.801	fin du tirant
D	36.30	3.1	2579251.801	1247601.269	514.488	début du tirant
D	36.30	3.2	2579250.365	1247603.980	507.644	fin du tirant

Mont Terri Project
Dossier de l'ouvrage
Laboratoire souterrain
FE- Experiment
Gaélerie FE

GGT, TKL, le 10.04.2013

liste des coordonnées théoriques des tirants d'ancrages

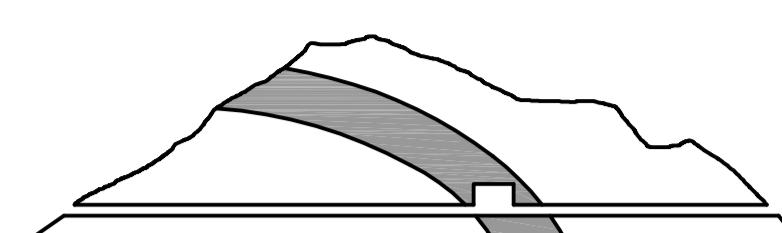
2011_01-006

Tirants exécutés IBO R-32s 7.5m
Tirants exécutés GFK 60-25 2.5m
Tirants endommagés GFK 60-25 2.5m

COORDONNÉES MN95

D	36.30	18.1	2579251.462	1247601.909	515.777	début du tirant
D	36.30	18.2	2579247.958	1247608.525	515.330	fin du tirant
D	36.30	19.1	2579252.657	1247599.654	515.291	début du tirant
D	36.30	19.2	2579253.717	1247597.651	514.234	fin du tirant
D	37.05	2.1	2579250.836	1247601.489	515.402	début du tirant
D	37.05	2.2	2579247.533	1247607.723	512.855	fin du tirant
D	37.05	20.1	2579251.906	1247599.469	514.996	début du tirant
D	37.05	20.2	2579252.802	1247597.776	513.389	fin du tirant
D	37.80	2.1	2579250.102	1247601.271	515.348	début du tirant
D	37.80	2.2	2579246.800	1247607.505	512.801	fin du tirant
D	37.80	3.1	2579250.476	1247600.567	514.488	début du tirant
D	37.80	3.2	2579249.039	1247603.278	507.644	fin du tirant
D	37.80	18.1	2579250.137	1247601.207	515.777	début du tirant
D	37.80	18.2	2579246.632	1247607.822	515.330	fin du tirant
D	37.80	19.1	2579251.331	1247598.951	515.291	début du tirant
D	37.80	19.2	2579252.392	1247596.949	514.234	fin du tirant

ANDRA BGR CHEVRON CRIEPI ENRESA ENSI GRS IRSN
JAEA NAGRA NWMO OBAYASHI SCK-CEN SWISSTOPO



Mont Terri Project

DOSSIER DE L'OUVRAGE

Laboratoire souterrain

FE - Experiment

GALERIE FE

RECOUVREMENT DE LA CAPACITE PORTANTE DU RADIER

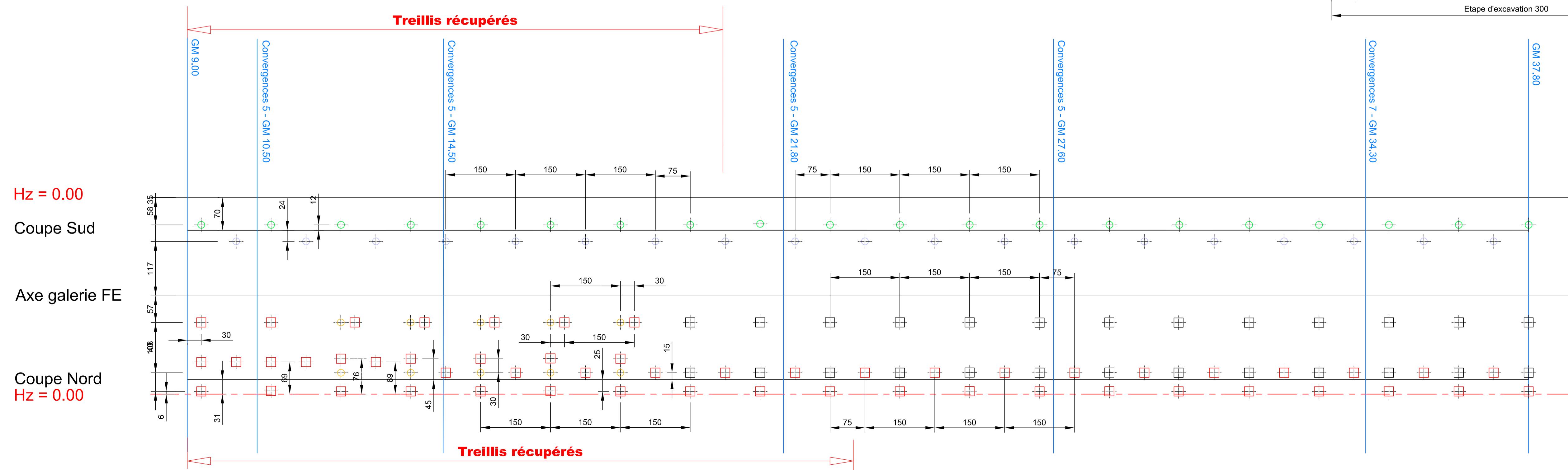
N°	2011_01	007	Date	Dess.	Contr.	Appr.	Format
			10.04.13	TKL	RD		59.4 x 84.0
Auteur du projet :	GROUPE GRANDS TRAVAUX Rue de l'Avenir 2 CH-2800 DELEMONT TEL: 032 423 19 11 FAX: 032 423 19 12	a					
swisstopo	Fondation für Landestopographie Office fédéral de topographie Federal Office of Topography	b					
c		d					
e		f					
g		h					
i		j					
k		l					
m							

\\\Srvgt\02\GCT\Mandats divers\2011_01\781\2011_01-007_Recouvrement de la capacite portante du radier.dwg

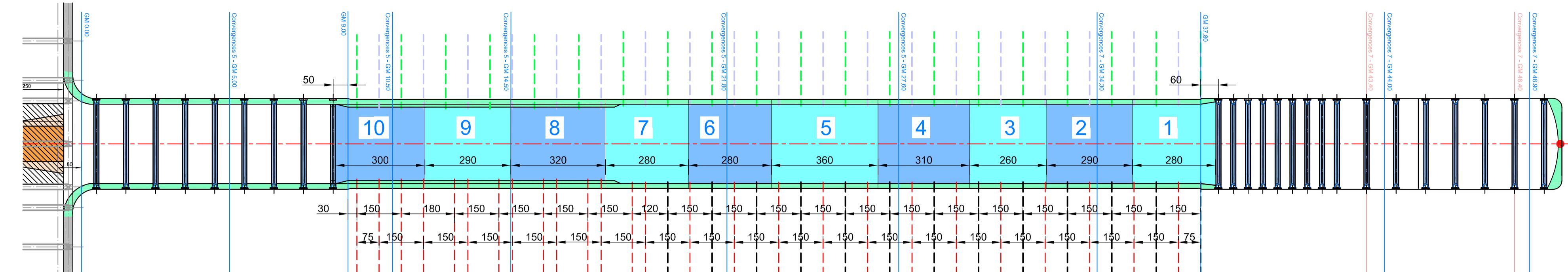
Indice de version	Modifications apportées
a	
b	
c	
d	
e	
f	
g	
h	

Disposition des tirants d'ancrages 1:50

Développé de la partie inférieure de la galerie FE



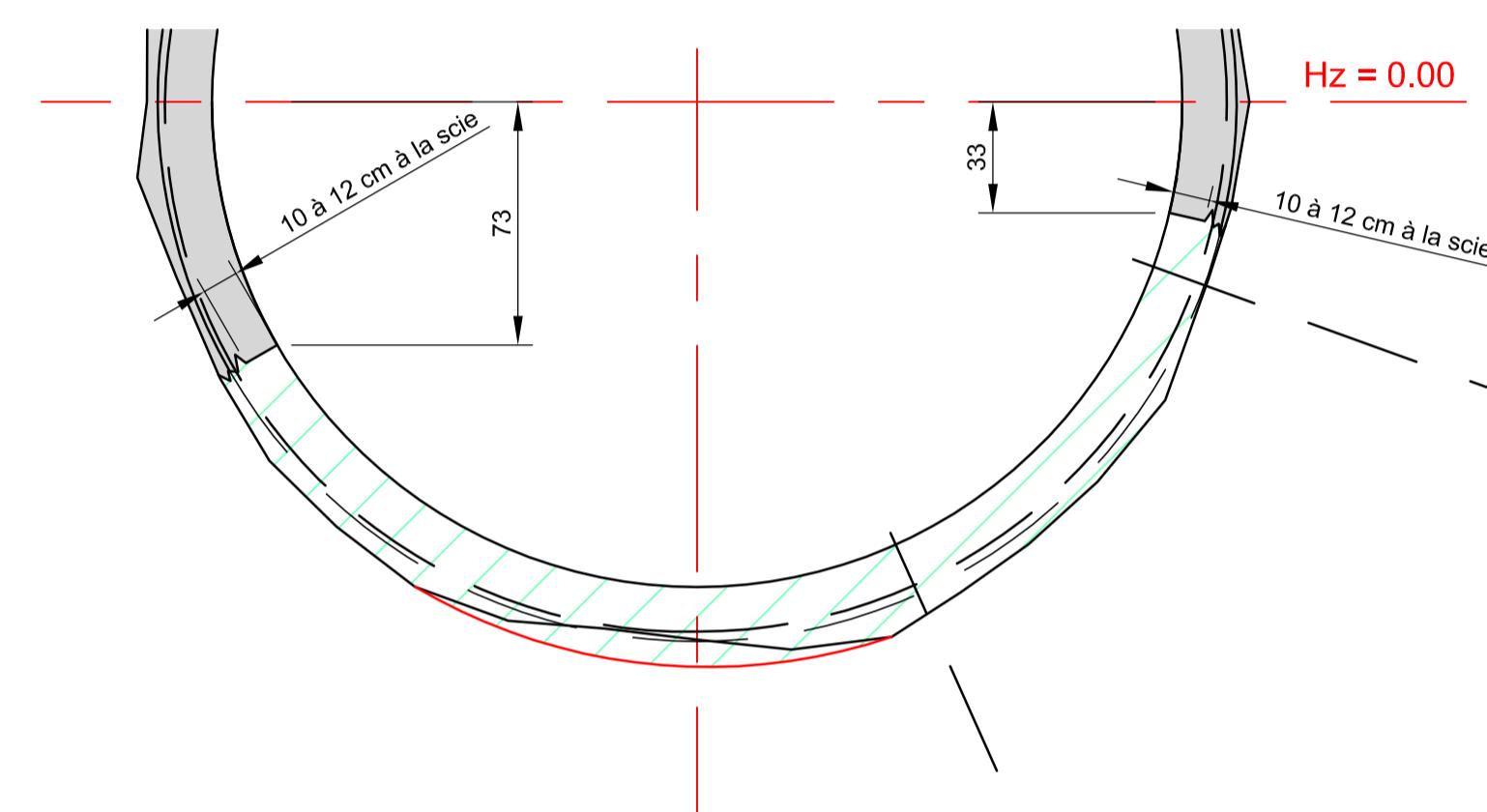
Etape d'excavation 1:100



Coupe type 1:20

Phase 1:

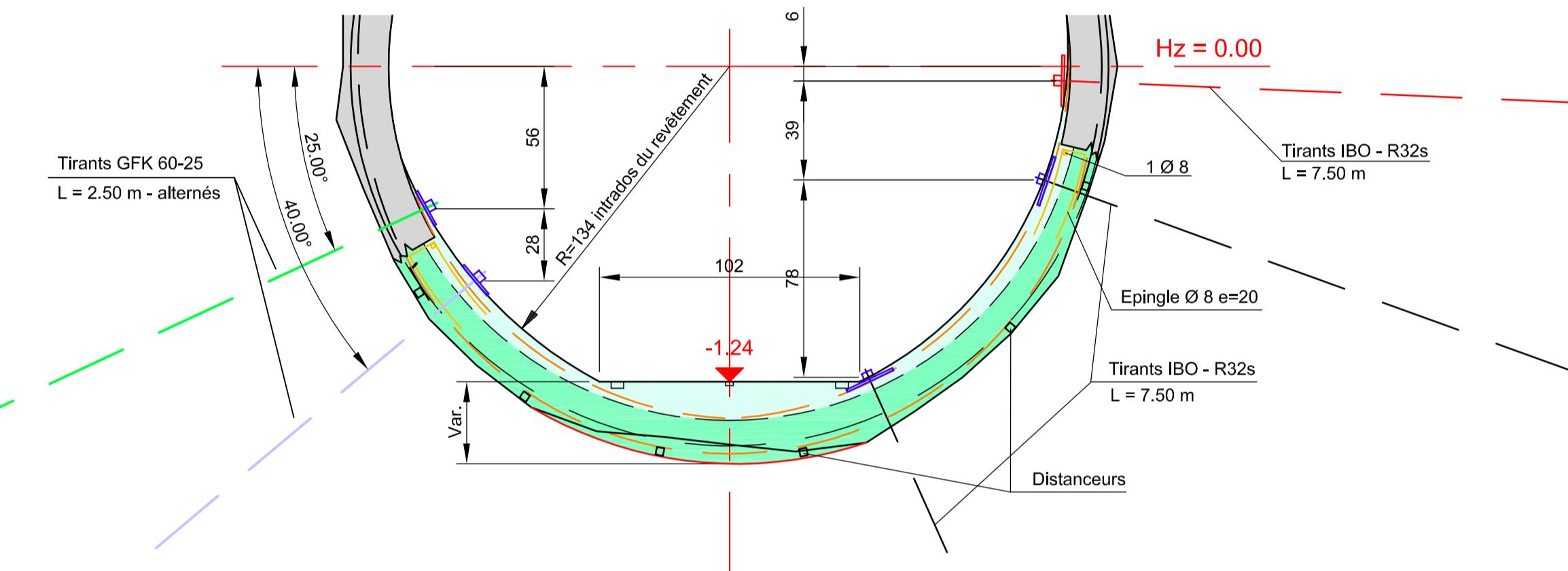
- Coupe du béton projeté
- Destruction du béton projeté
- Récupération des têtes d'ancrages
- Excavation matériel altéré et reprofilage



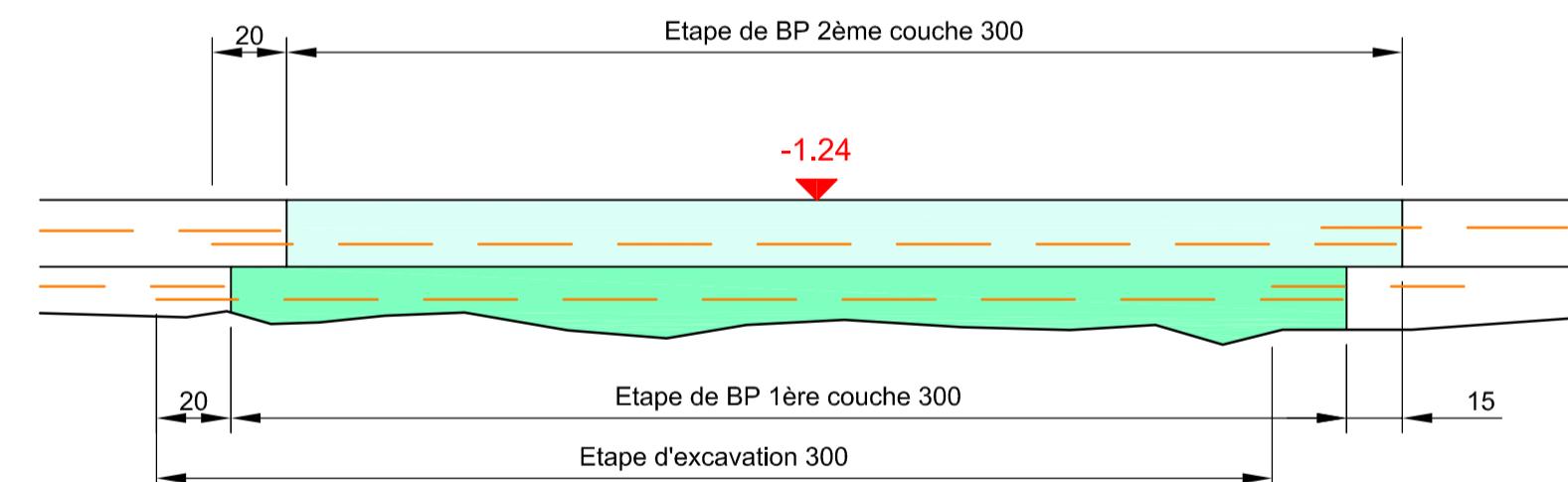
Coupe type 1:20

Phase 2:

- Pose de deux treillis K196
- Nouveau BP ép. min. 16 cm
- Scellement des plaques des tirants dans BP
- Mise en place de nouveaux ancrages IBO - R32



Etape longitudinale du radier 1:20



LEGENDE :

Liste des ancrages selon cahier de coordonnée n° 009

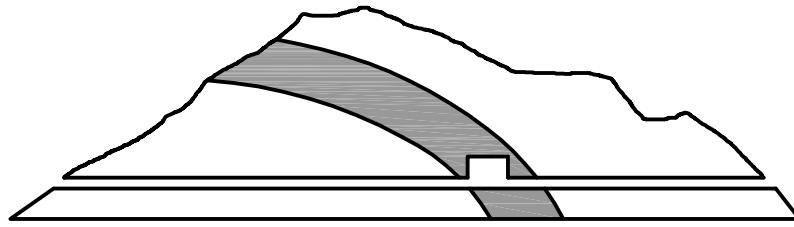
- Tirants d'ancrage IBO-R32s 7.5m existant (26 pcs)
- Tirants d'ancrage IBO-R32s 7.5m exécutés après l'assainissement (53 pcs)
- Tirants d'ancrage GFK 60-25 2.5m endommagé (10 pcs)
- Tirants d'ancrage GFK 60-25 2.5m exécutés après l'assainissement (20 pcs)
- Tirants d'ancrage GFK 60-25 2.5m exécutés après l'assainissement (19 pcs)

Nouvelle pos. 19 selon liste des coordonnées
Nouvelle pos. 20 selon liste des coordonnées

Pos. 3 selon liste des coordonnées

Pos. 2 selon liste des coordonnées
Nouvelle pos. 18 selon liste des coordonnées

ANDRA BGR CHEVRON CRIEPI DOE ENRESA ENSI GRS
IRSN JAEA NAGRA NWMO OBAYASHI SCK-CEN SWISSTOPO



Mont Terri Project

DOSSIER DE L'OUVRAGE

Laboratoire souterrain

FE - Experiment

GALERIE FE

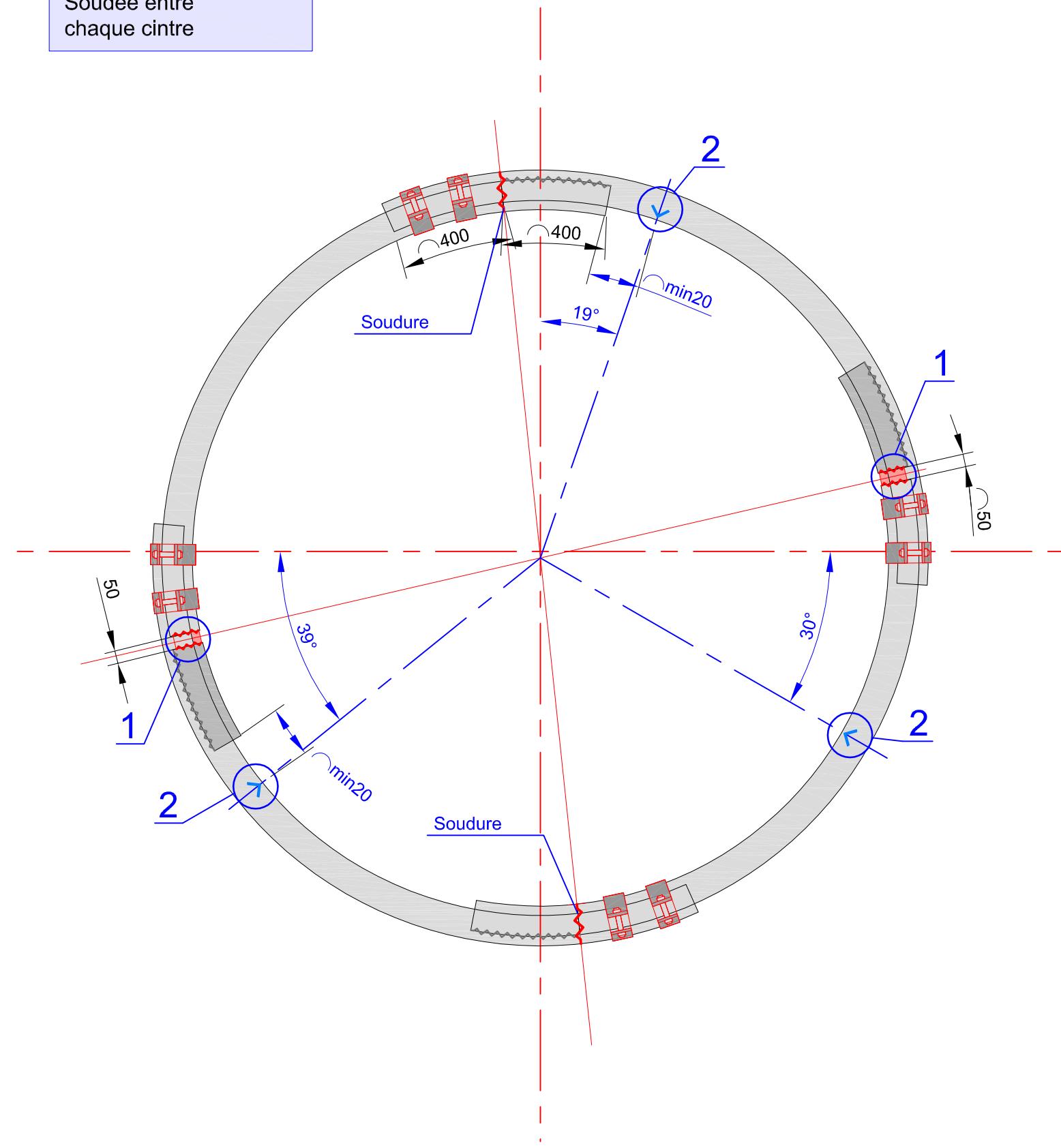
CINTRES TH, ENTRETOISES ET CALES

N°	2011_01	008	Date	Dess.	Contr.	Appr.	Format
			20.05.13	TKL	RD		A3
Auteur du projet :	a	b	c	d	e	f	g
 G R O U P E G R A N D S T R A V A U X	g	h	i	j	k	l	m
RUE DE L'AVENIR 2 CH-2800 DELEMONT TEL. 032 423 19 11 FAX 032 423 19 12							
swissstopo							
+ + +							

Section type 1:20 Géométrie TH 25

1 Cale soudée,
réalisée avec un
fer plat plié, ép. 10 mm

2 Cornière LNP 50x6
Soudée entre
chaque cintre



Appendix 2

Preliminary tests
(technical sheet Rombold & Gfröhrer)



BUILDING RESEARCH INSTITUTE
CERTIFICATION DEPARTMENT
ul. Filtrowa 1, 00-611 Warsaw
tel.: (0 22) 57 96 167, 168, (0 22) 826 52 29, fax: (0 22) 57 96 295,
e-mail:certyfikacja@itb.pl



CE CERTIFICATE OF CONFORMITY 1488-CPD-0078/W

Pursuant to the European Community Council Directive no. 89/106/EEC of 21 December 1988 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions of the Member States relating to construction products and the amendments introduced by the European Community Council Directive no. 93/68/EEC of 22 July 1993 it is hereby confirmed that

SILICA FUME FOR CONCRETE SILIMIC

produced and placed on the market by

HUTA ŁAZISKA S.A.
ul. Cieszyńska 23
43-170 Łaziska Górne

has the performances described in appendix ZA:

PN-EN 13263-1:2006

The manufacturer meets all the requirements concerning assessment of conformity: he implemented an internal production control system and conducts tests of samples of the products taken from the production plant in accordance with the testing schedule.

The notified body – Building Research Institute – as part of the conformity assessment system 1+, conducted preliminary tests of the type for the purpose of determining the product's properties and an audit of the production plant and the internal production control system, exercises on-going supervision, assesses and accepts the internal production control system and collects samples for random testing at the production plant, on the market and at the construction site.

The CE Certificate of Conformity 1488-CPD-0078 was issued for the first time 05.03.2008 and is valid as long as the reference document for the aforementioned product is valid, the product meets the requirements of that document and as long as the following have not changed: the product type, the production conditions and location, as well as the internal production control system.

DEPUTY HEAD
of the Certification Department

Piotr Maciejak



Warsaw, 23.05.2008

Deputy DIRECTOR
of the Building Research Institute

Jan Bobrowicz



SCHWENK

SCHWENK Zement KG

Werksgruppe Süd - Mergelstetten
Hainenbachstr. 30
89522 Heidenheim-Mergelstetten

ÜBEREINSTIMMUNGSERKLÄRUNG

entsprechend § 9 des Bauproduktengesetzes

Wir erklären auf der Grundlage des Übereinstimmungszertifikates Nr.

ÜZ-BWU03-I 11.10.30

der Materialprüfanstalt der Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 4, 70569 Stuttgart,
dass unser

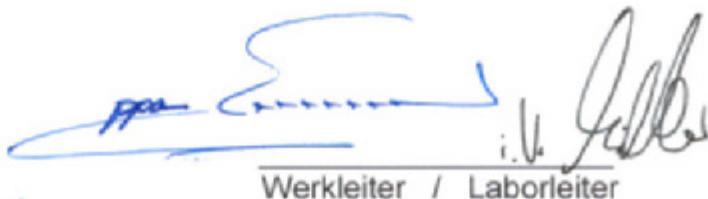
Portlandzement DIN 1164 - CEM I 42,5 R-SE

den Bestimmungen der in der Bauregelliste A Teil 1 in der gültigen Ausgabe
bekanntgemachten technischen Regeln der

DIN 1164 Teil 11

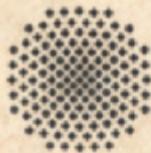
entspricht.

Mergelstetten, 01.08.2005



A blue ink signature of a person's name is written over the line, followed by a black ink signature of another name. Below the signatures is a horizontal line with the text "Werkleiter / Laborleiter" written in black ink.

Werkleiter / Laborleiter



ÜBEREINSTIMMUNGZERTIFIKAT

Nr.: ÜZ-BWU03-I 11.10.30

Hiermit wird gemäß § 22, Abs. 2, Nr. 2 der Landesbauordnung für Baden-Württemberg (LBO) vom 08. Aug. 1995 bestätigt, dass

das Bauprodukt: **Portlandzement DIN 1164 - CEM I 42,5 R-SE**

des Herstellwerks: **Mergelstetten**

der Firma: **SCHWENK Zement KG**
Hainenbachstraße 30
89522 Heidenheim

nach den Ergebnissen der werkseigenen Produktionskontrolle und der von der Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart durchgeführten Fremdüberwachung den Bestimmungen

- der in der Bauregelliste A Teil 1 in der jeweils gültigen Ausgabe bekanntgemachten technischen Regeln

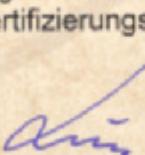
der DIN 1164 Teil 11

entspricht. Die Firma ist somit berechtigt, für das Herstellwerk **Mergelstetten** das Bauprodukt mit dem Übereinstimmungszeichen (Ü-Zeichen) gemäß der Übereinstimmungszeichen-Verordnung zu kennzeichnen.

Stuttgart, 01.08.2005



Materialprüfungsanstalt
Universität Stuttgart
Abteilung Mineralische Baustoffe
Zertifizierungsstelle


(Akad. Dir. Dipl.-Ing. Zeus)
Leiter der Zertifizierungsstelle



EG-Konformitätserklärung

Der Hersteller

Ha-Be Betonchemie GmbH & Co. KG
Stüvestraße 9
31785 Hameln

erklärt nach § 9 Bauproduktengesetz (Umsetzung der EG-Bauproduktenrichtlinie 89/106/EWG), dass das Produkt

Dynamon SP1 (FM)

hergestellt im

Werk Hameln

Kuhlmannstraße 16-18
31785 Hameln

den Bestimmungen der EN 934-2:2001/A2:2005 (D) entspricht und die Voraussetzungen für die CE-Kennzeichnung gemäß Anhang ZA von EN 934-2:2001/A2:2005 (D) erfüllt. Für die Bewertung der Konformität wurden die in Tabelle ZA.3 angegebenen Verfahren durchgeführt.

Zur Zertifizierung der werkseigenen Produktionskontrolle wurde die notifizierte Stelle



QUALITÄTSGEMEINSCHAFT DEUTSCHE BAUCHEMIE e.V.
Karlstraße 21
60329 Frankfurt am Main
(Kenn-Nr. 0921)

eingeschaltet. Das beigelegte Zertifikat über die werkseigene Produktionskontrolle mit der Registrier-Nr.

0921-BPR-2002

ist am 30.09.2005 unbefristet ausgestellt worden.

Hameln, den 30.03.2009

(Ulrich Meyer, Geschäftsführer)

Anlagen:

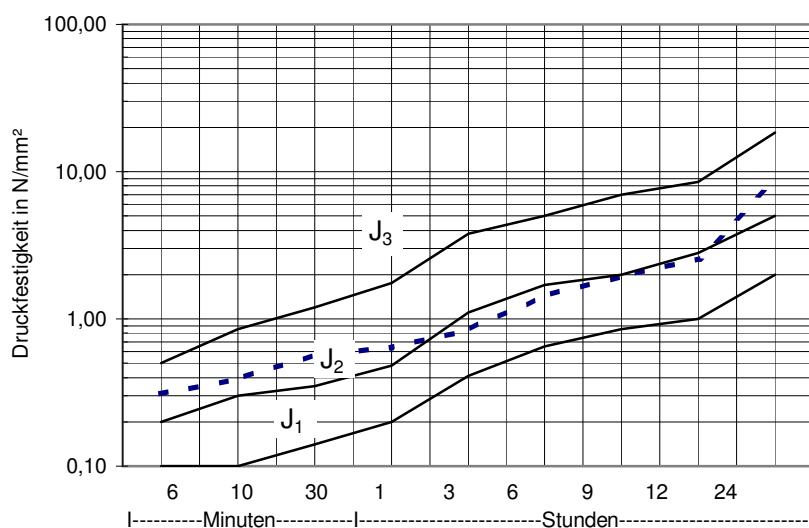
Technisches Merkblatt
Zertifikat der werkseigenen Produktionskontrolle

Darstellung der Früh-/Druckfestigkeiten tabellarisch / graphisch

Betonsorte	SB 22873 T- MS	Zementart	CEM I 42,5 R-SE
Firma	Allgemein	Baustelle	für BV mit Low-ph-shotcrete
Bauteil	Tunnel-/Stollenbau CH	Probestelle	Spritzkiste ¹⁾

¹⁾ Hergestellt im Rahmen der Erstprüfung am Spritzstand Hirschlanden

Betonalter min. / Std. / Tage	Nadelpenetration N/mm ²	Bolzensetz-Verfahren N/mm ²	Bohrkerne N/mm ²
6 min.	0,31		
10 min.	0,39		
30 min.	0,57		
60 min.	0,64		
3 Std.	0,84	-	-
6 Std.		1,4	-
9 Std.		1,9	-
12 Std.		2,6	-
24 Std.		8,5	-
7 Tage		-	30,6
28 Tage		-	46,0



Festigkeitsanforderungen aus der DIN EN 14487-1 2006, für Spritzbeton in jungem Alter.

J₁ - in dünnen Lagen auftragen; ohne besondere statische Anforderungen.

J₂ - in dicken Lagen auftragen; bei rasch auftretendem Gebirgsdruck.

J₃ - nur für besondere Anforderungen

Bemerkungen: Wassergehalt durch Darren bestimmt: 185 l / m³, Kernfeuchte der Gesteinskörnung 0,8 M.-% => 13 l/m³, d.h.: wirksamer Wasser/Zementwert : 0,57



Spritzbeton - Druckfestigkeit an Bohrkernen nach DIN EN 12390-3

Betonsorte SB 22873 T- MS **Zementart** CEM I 42,5 R-SE
Firma Allgemein **Baustelle** Allgemein
Bauteil Tunnel-/Stollenbau CH **Probestelle** Spritzkiste ¹⁾

1) Hergestellt im Rahmen der Erstprüfung am Spritzstand Hirschlanden

Probekörper	Nummer	4	5	6			
gespritzt	am	08.03.	08.03.	08.03.			
eingeliefert	am	08.03.	08.03.	08.03.			
Prüfdatum		05.04.	05.04.	05.04.			

Betonalter	Tage	28	28	28			
Probenhöhe	mm	94,8	94,9	94,3			
Probendurchmesser	mm	94,7	94,7	94,7			
Druckfläche	mm ²	7044	7044	7044			

Masse	kg	1,449	1,445	1,443			
Volumen	dm ³	0,668	0,668	0,664			

Rohdichte	einzel	2,170	2,162	2,173			
	kg/dm ³	mittel	2,168				

Druckfestigkeit	einzel	45,2	45,9	47,0			
	N/mm ²	mittel	46,0				

Bemerkungen:



Hirschlanden, 11.04.2012

Prüfstellenleiter

Appendix 3

**Sliding arch TH 25
from Bochumer Eisenhütte
(technical sheet Belloli)**

VALIDO PER ESECUZIONE
KONSTRUKTIONSFREIGABE

BELLOLI SA

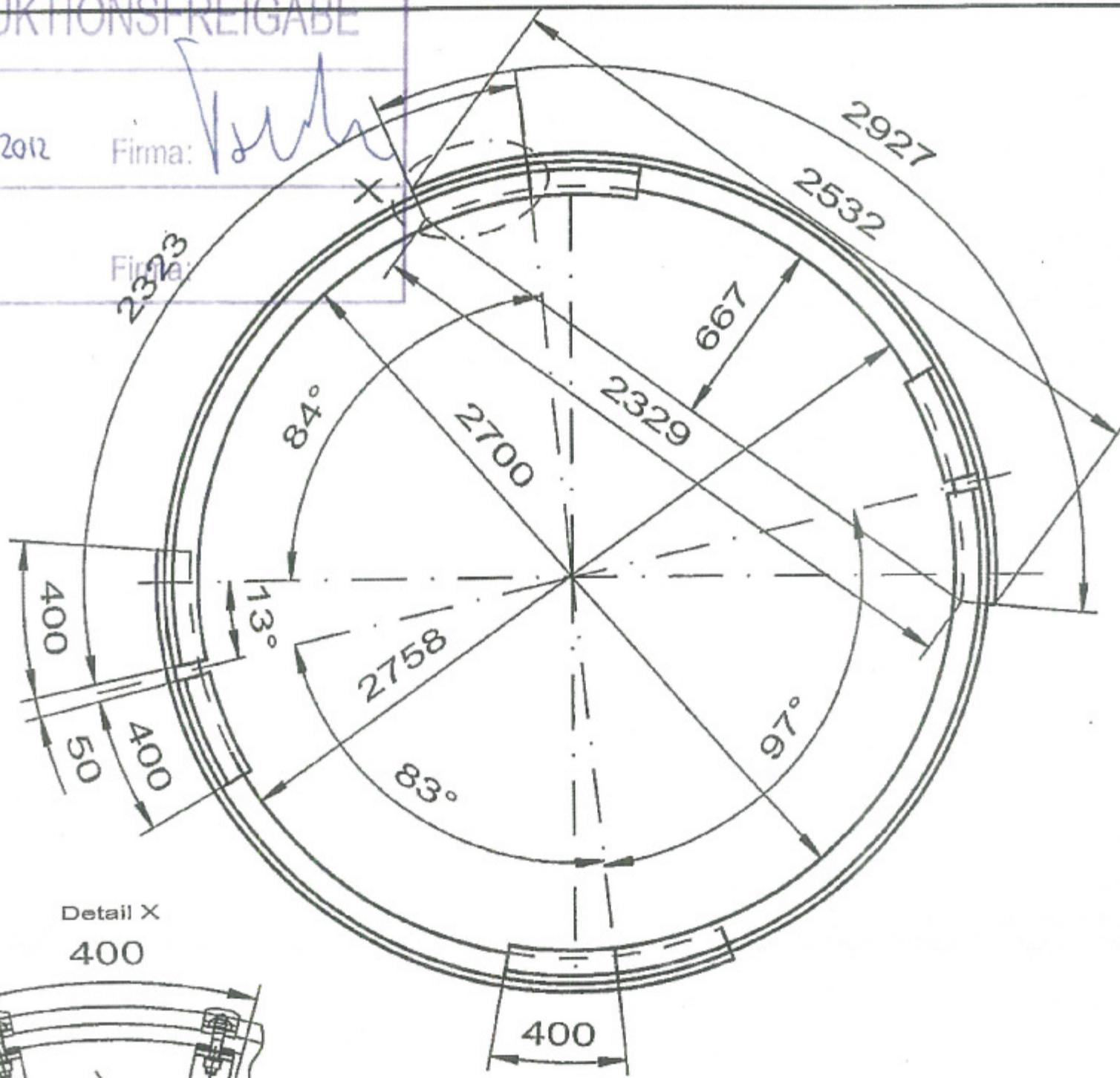
Data: 10.04.2012

Firma:

CLIENTE

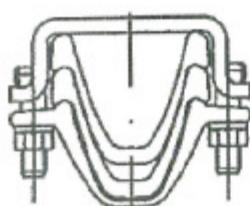
Data:

Firma:



TH-Profil

Schelle G40 verstärkt für TH 25



Profil kg/m	Schrauben-typ	Schlüsselweite	Anzugsmoment: Nm
TH 25	M 20	SW 30	350

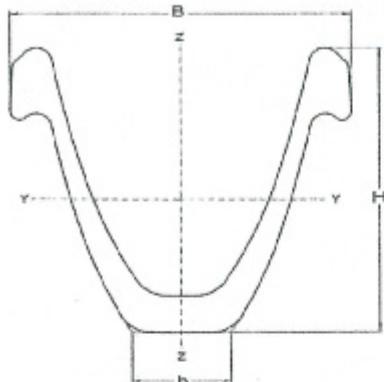
Lichtbogenschweiß-verbindungen an Stahl:
Ausführung nach
DIN EN ISO 5817 Gruppe C

Konstruktion und Fertigung
von zugelassenen Ausbauteilen
nach DIN 21530
unter Einhaltung der Richtlinie
89/18/EG-1-2004-2 vom 21.12.2004
der Bez. Reg. des Landes NRW

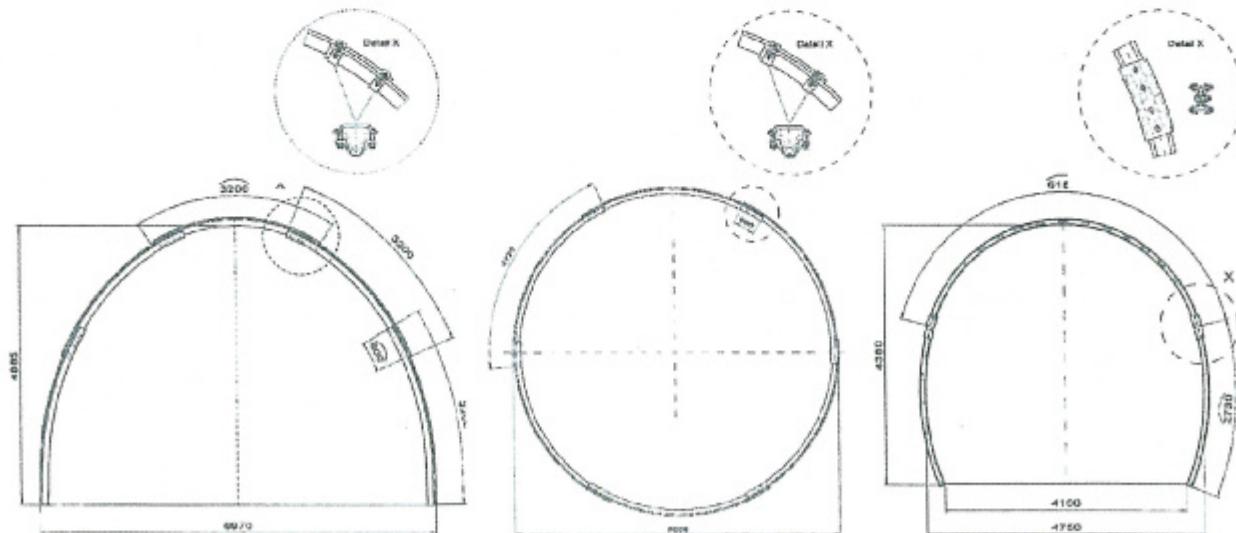
Urheberrechtsvorbehalten nach DIN 34:	Für diese Zeichnung behalten wir uns die Rechte vor, auch für den Fall der Patenterteilung oder Gebrauchsmusterantragung. Ohne unsere vorherige Zustimmung darf diese Zeichnung weder vervielfältigt noch Dritten zugänglich gemacht werden, und sie darf durch den Empfänger oder Dritte auch nicht in anderer Weise maßstäblich verwendet werden. Zur Verhinderung von Verstechen ist eine Abreißkante zu schaffen. Schadensersatz und keine strophentliche Folgen haben!"	Index kommt vor	Änderung			Datum	Name			
			<input type="checkbox"/> Diese Maße werden bei der Abnahme bspw. geprüft			Werkstoff 31Mn4+AR				
						Gewicht				
Maßstab		Datum		Name						
1:25		gez. 11.04.12 Wes								
		gepr. 11.04.12 Wa								
		norm.gepr.								
bello CH-6537 GRONO										
Rohmaß		Ersetzt für		Ersetzt durch		Ablage				
Abmaß										

TH-Profil

TH-sections

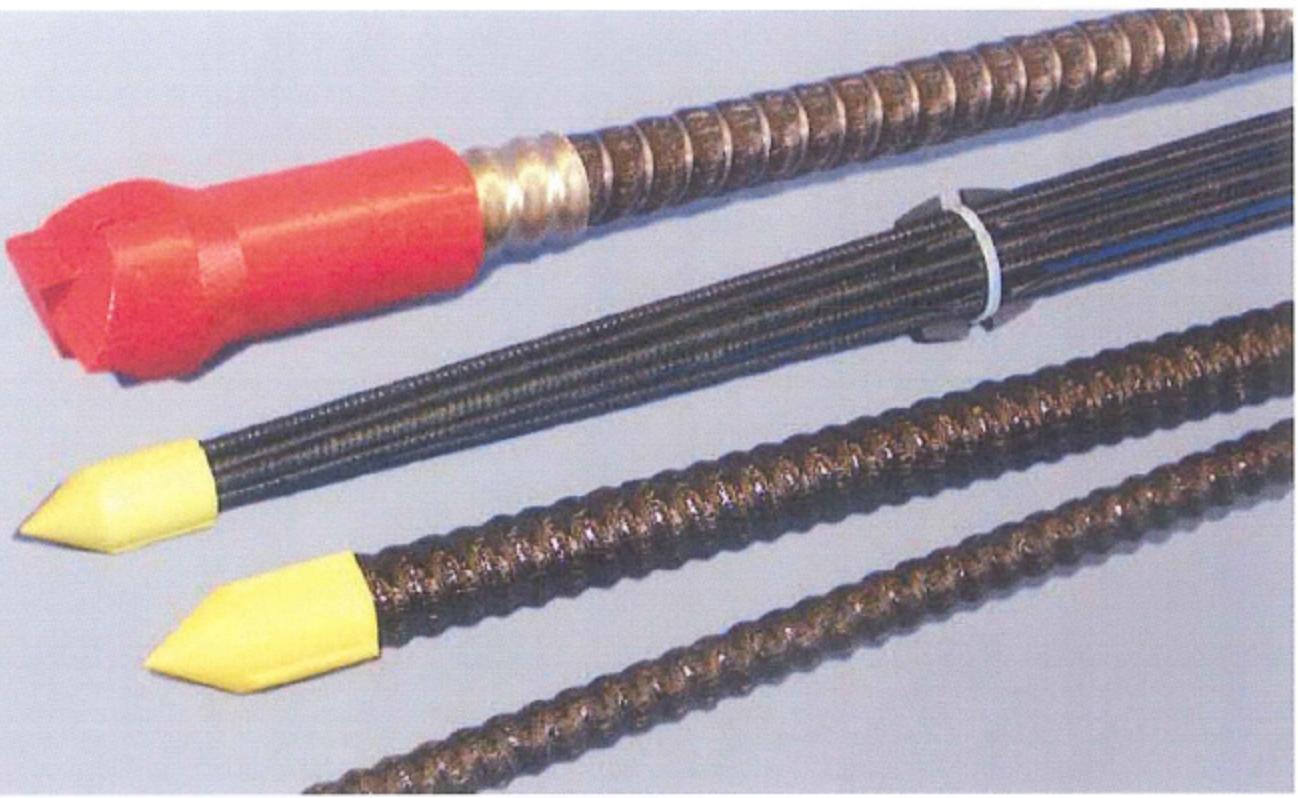


TH-Profilklasse / TH Section Class	Profilmaße / Section measurement					Statische Werte / Static values			
	Gewicht/Weight in kg/m	Höhe/Height in mm	B/WB in mm	B/WB in mm	A (cm ²)	I _y (cm ⁴)	I _z (cm ⁴)	W _y /S _y (cm ³)	W _z /S _z (cm ³)
13	85	98	36	16	16	137	150	32	31
16	89	98	36	20	20	176	196	40	40
21	108	124	35	27	27	341	398	61	64
25	118	135	38	32	32	484	560	80	83
29	124	151	44	37	37	616	775	94	103
34	137	171	51	43	43	892	1205	128	141
36	138	171	51	46	46	969	1265	136	148
40	145	172	50	51	51	1125	1446	155	168
42	146	172	50	53	53	1197	1505	164	175
44	148	172	50	56	56	1265	1564	171	182



Appendix 4

**Fiberglass anchor rods, GFK K60-25
with chemical sealing
(technical sheet Minova)**



WEIDMANN® Technische Daten GFK-Anker

WEIDMANN® Technical Data GRP bolts



Einheit Unit	Vollgewinde-Anker All-thread Bolts						Selbstbohr- anker Self-drilling Bolt	Bündelanker Cable Bolt		
	Vollstab Solid bar				Rohranker Tubular bolt					
	K60 - 25	K60 - 27	K60 - 30	K60 - 32						
Außendurchmesser Outer diameter	mm	25	27	30	32	25	27	50		
Kerndurchmesser Inner diameter	mm	22	24	27	28	12	25			
Querschnittsfläche Cross section	mm ²	430	490	630	700	310				
Spannungsquerschnitt Stress at cross section	mm ²	346	400	490	580	230				
Bruchlast (Zug) Ultimate load	kN	> 350	> 400	> 490	> 560	250	> 350	210 - 420		
Bruchfestigkeit (Zug) Ultimate strength	N/mm ²	> 1 000	> 1 000	> 1 000	> 960	> 1 000	> 1 000	> 1 200		
Bruchlast (Scherung 90°) Ultimate load (shearing 90°)	kN	160	190	210	250	120				
Scherfestigkeit Shear strength	N/mm ²	> 460	> 460	> 430	> 430	460				
Bruchdehnung Ultimate strain	%	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5		
E-Modul (Zug) E-Modulus	N/mm ²	40 000	40 000	40 000	40 000	40 000	35 000	35 000		
Gewicht Weight	g/m	900	1 040	1 350	1 500	630	700	300 - 600		

Weitere Durchmesser (18 mm bis 25 mm) auf Anfrage. More diameters (18 mm to 25 mm) on request.

Bergbau

LOKSET SiS-PATRONEN TYP SF

Technisches Merkblatt

Zulassung 62.18.43.22-6-19



Minova CarboTech GmbH
Am Technologiepark 1
D-45307 Essen

Tel: +49 (0) 201/1 72-10 49
Fax: +49 (0) 201/1 72-13 17

Email: info.de@minovaint.com
www.minova-ct.com



Anwendungsbereich

Klebepatrone mit verschiedenen Abbindezeiten zum Befestigen von Felsankern im Gebirge

- **Ankern von Strecken mit Bogen- oder Rechteck-Querschnitt**
- **Ankern in Aufhauen, Abhauen und Streben**
- **Aufhängen von Lasten**
- **Verankern von schweren Maschinen u. a.**

Technische Daten

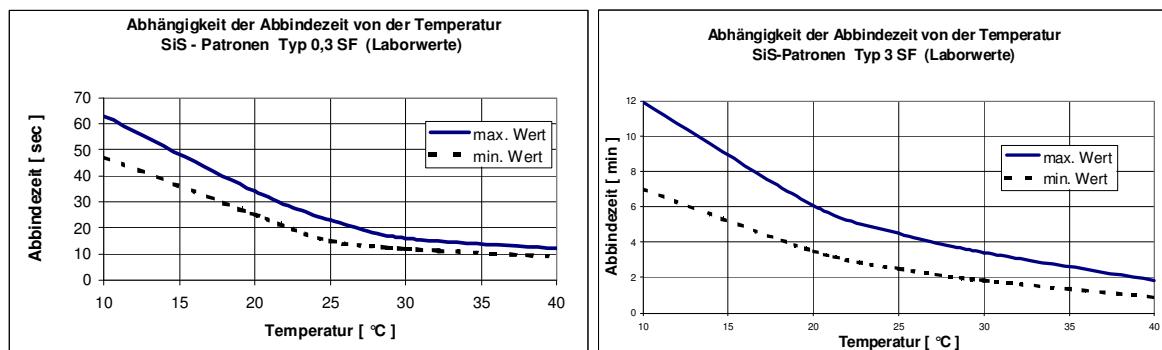
Die angegebenen Daten sind Laborwerte. Sie können sich bei der Anwendung durch den Wärmeaustausch zwischen Harz und Gebirge, Oberfläche des Gesteins, Reibung und andere Faktoren verändern.

Reaktionskenndaten

		0,3-SF-Patrone	3,0 SF-Patrone
Abbindezeit (25 °C)*		15 s – 25 s	2 min 30 s – 6 min 00 s
Druckfestigkeit nach 24 h / 25 °C	MPa	nicht bestimmbar	> 70
Druckfestigkeit nach 24 h / 40 °C	MPa	nicht bestimmbar	> 75
E-Modul (dynamisch) nach 24 h	GPa	nicht bestimmbar	> 15
Durchschnittsdichte der Patrone	kg/m³	ca. 2000	ca. 2000
Farbkennzeichnung des Härters, des Kartons und des Rückhalteelements (RHE)		rot	weiß

* Andere Abbindezeiten auf Anfrage

* Bei einer Temperatur von nur 15 °C anstatt 25 °C, kann die Abbindezeit bis auf das Doppelte (200 %) zunehmen, während sie bei einer Temperatur von 30 °C auf etwa 70 % abnimmt (s. auch Diagramm).



Abmessungen folgender Typen stehen zur Verfügung:

Durchmesser 25 mm		Durchmesser 28 mm		Durchmesser 32 mm	
Länge (mm)	Volumen (ml)	Länge (mm)	Volumen (ml)	Länge (mm)	Volumen (ml)
300	147	300	185	300	241
500	245	500	308	500	402
600	294	600	370	600	482
750	368	750	462	750	604

Zusammensetzung und Eigenschaften

LOKSET SiS-Patronen sind Zweikomponenten-Patronen. Sie enthalten Harzmörtel und Härter in getrennten Kammern, die durch eine entsprechend gefaltete und verschweißte Mehrschichtfolie gebildet werden. Der Harzmörtel enthält ein ungesättigtes Polyesterharz, Füllstoffe und Antiabsetzmittel. Der farblich gekennzeichnete Härter enthält ein verdünntes organisches Peroxid. Die Patrone ist verschlossen mit Klammern. Standardmäßig sind die Patronen mit einem farblich gekennzeichneten Rückhalteelement ausgerüstet, das in senkrechten Bohrlöchern das Herausrutschen der Patrone verhindert.

LOKSET SiS-Patronen sind in verschiedenen Abbindezeiten von 20 s - 4 min, Durchmessern und Längen erhältlich.

Verarbeitung

An einem Beispiel soll die Anwendung der Patronen beschrieben werden, d. h. der Vollverklebung eines Ankers mit einem Kerndurchmesser von 25 mm und von 2,15 m Länge in einem Bohrloch von 32 mm Durchmesser und 2 m Länge.

In das Bohrloch werden drei Patronen, und zwar eine vom Typ 0,3 SF 25/600 und zwei vom Typ 3,0 SF 28/500, bis ins Bohrlochtiefste eingeführt, das Rückhaltelement zeigt zum Bohrlochmund. Rechnerisch ergibt sich so ein Mörtelüberschuss von 40 %. In einem Gebirge, das keine Risse und Klüfte aufweist, kann mit einem geringeren Überschuss gearbeitet werden. Um die Setzzeit zu optimieren, empfehlen wir als erste Patrone, also im Bohrlochtiefsten, eine 0,3-SF-Patrone zu verwenden. Der Rest des Bohrloches wird mit 3,0 SF-Patronen besetzt.

Der Anker, der eine meißelartige Spitze hat, wird vorzugsweise mit einem hydraulischen Bohrgerät eingedreht. Um eine optimale Durchmischung der Patronenkomponenten zu gewährleisten, empfehlen wir eine Drehzahl von mindestens 450 U/min und eine Vorschubgeschwindigkeit von max. 4 m/min, entspricht 15 sec/m Vorschub im Bohrloch.

Der Eindrehvorgang dauert somit 30 Sekunden bei 2,0 m Ankerlänge im standfesten Bohrloch. Austreten von Harzmörtel am Bohrlochmund zeigt eine vollständige Verfüllung des Bohrloches an.

Gefahrenhinweise und Sicherheitsratschläge für den Umgang mit SiS-Klebepatronen

Die beim Umgang mit Chemikalien üblichen Vorsichtsmaßnahmen sind zu beachten.

Nach der Gefahrstoffverordnung sind LOKSET SiS-Patronen nicht kennzeichnungspflichtig. Jedoch sollte jeder Hautkontakt mit der nicht ausgehärteten Patronenmasse vermieden werden.

R10 Entzündlich. S23 Gas/Dampf nicht einatmen. S24/25 Berührung mit den Augen und der Haut vermeiden. S26 Bei Berührung mit den Augen sofort gründlich mit Wasser abspülen und Arzt konsultieren. S27/28 Bei Berührung mit der Haut beschmutzte, getränkte Kleidung sofort ausziehen und Haut sofort mit viel Wasser und Seife abwaschen. S29 Nicht in die Kanalisation gelangen lassen. S36/37/39 Bei der Arbeit geeignete Schutzkleidung, Schutzhandschuhe und Schutzbrille/ Gesichtsschutz tragen.
(s. Sicherheitsdatenblatt LOKSET SIS-PATRONEN).

Verpackung

LOKSET SiS-Patronen sind in verschiedenen Abbindezeiten, Durchmessern und Längen erhältlich. Der Produktcode setzt sich zusammen aus der Abbindezeit, dem Durchmesser und der Länge. Die Patronen sind in robusten Kartons verpackt, die den deutschen und europäischen Vorschriften entsprechen (s. Tabelle Standardtypen). Die Rückhalteelemente für 0,3 SF sind rot, für 1,0 SF gelb (wie auch für SF-L Patronen), für 1,5; 2,0 und 3,0 SF weiß.

Abbindezeit SF	Durchmesser /Länge (mm) / (mm)	Verpackung L x B x H (cm)	Verpackungseinheit (St.)	Gewicht Verpackung (kg)
0,3	3,0*	25 / 300	66 x 17 x 16	40**/50
0,3	3,0	25 / 500	56 x 17 x 16	20**/25
0,3	3,0	25 / 600	66 x 17 x 16	20**/25
0,3	3,0	25 / 750	81 x 17 x 16	20**/25
0,3	3,0*	28 / 300	66 x 17 x 16	40
0,3	3,0	28 / 500	56 x 17 x 16	20
0,3	3,0	28 / 600	66 x 17 x 16	20
0,3	3,0	28 / 750	81 x 17 x 16	20
0,3	3,0*	32 / 300	66 x 17 x 16	30
0,3	3,0	32 / 500	56 x 17 x 16	15
0,3	3,0	32 / 600	66 x 17 x 16	15
0,3	3,0	32 / 750	81 x 17 x 16	15

Die Standardtypen sind fettgedruckt

*Sonderanfertigung auf Anfrage

** Patronen mit zwei RHE

Lagerung, Haltbarkeit:

6 Monate bei trockener Lagerung zwischen 0 °C und 20 °C. Insbesondere bei einer Lagerung ≥ 25 °C kann es zu geringen Masseverlusten durch Diffusion kommen, wodurch die Patrone an Formstabilität verliert und so das Einbringen ins Bohrloch erschwert werden kann. Das Härtungsverhalten sowie die mechanischen Eigenschaften des ausgehärteten Harzes werden jedoch dadurch nicht beeinträchtigt. Grundsätzlich wird deshalb abgeraten, die Patronen länger als 3 Monate und über 25 °C zu lagern. Mehrstündige Lagerung in der Sommerzeit im Freien mit starker Sonneneinstrahlung ist zu vermeiden. Eine Bereithaltung in der Höhe des betriebsbedingten Bedarfs für 3 Tage ist auch bei Temperaturen bis 36 °C möglich. Bei kalter Lagerung sind die Patronen rechtzeitig nach unter Tage zu bringen oder einem anderen warmen Ort, damit die Patronen vor der Verarbeitung eine Temperatur von mindestens 15 °C angenommen haben.

Entsorgung

Beschädigte LOKSET SiS-PATRONEN sollten durch Mischen der Komponenten ausgehärtet werden. Ausgehärteter Harzmörtel ist umweltneutral und kann hausmüllähnlich entsorgt werden (EU-Abfallschlüsselnr. 20 01 39 „Kunststoffabfälle“). Nicht ausgehärtetes Produkt ist als Sondermüll zu entsorgen (EU-Abfallschlüsselnr. 080409 „Abfalldicht- und- klebstoffe mit org. Lösungsmitteln“).

Vorliegende Zeugnisse und Gutachten

- Zulassungen 62.18.43.22-6-19

Die Angaben dieses Merkblatts entsprechen unserem Wissensstand und unseren Erfahrungen zum Zeitpunkt der Drucklegung, der unten angegeben ist. Der Wissens- und Erfahrungsstand entwickelt sich ständig weiter. Bitte achten Sie deshalb darauf, stets die aktuelle Fassung dieses Merkblatts zu verwenden.

Die Beschreibung der Produktverwendung in diesem Merkblatt kann besondere Bedingungen und Verhältnisse, die sich im Einzelfall ergeben, nicht berücksichtigen. Bitte prüfen Sie deshalb unser Produkt in jedem Fall vor der Verwendung auf seine Eignung für den konkreten Verwendungszweck. Anwendung, Verwendung und Verarbeitung unseres Produkts erfolgen naturgemäß außerhalb unserer Kontrollmöglichkeiten. Sie unterliegen daher ebenso wie das aufgrund unserer anwendungstechnischen Informationen erzielte Verarbeitungsergebnis ausschließlich Ihrer Verantwortung.

Keine Angabe in diesem Merkblatt stellt eine Garantie im rechtlichen Sinn dar. Klargestellt wird, dass wir nur im Rahmen der vertraglichen Vereinbarungen zum Erwerb des Produkts haften.

181005/181003/SiS SF#d13 von Oktober 2010

Appendix 5

**Metal anchor rods, IBO R-32s
with chemical sealing 2 components
(technical sheet, Minova)**

Technische Daten • Caractéristiques techniques

MAI SDA Ankerstangen/Barres d'ancrage

Beschreibung/Caractéristiques	R32 L	R32 N	R32 S	R38 N	R51 L	R51 N	T76 N	T76 S	T111 L	T 111 N	Einheit/Unité
Außendurchmesser/Diamètre extérieur	32.0	32.0	32.0	38.0	51.0	51.0	76.0	76.0	111.0	111.0	mm
Innendurchmesser/Diamètre intérieur	20.6	18.5	15.0	19.0	33.3	30.2	51.0	44.0	85.0	75.5	mm
Querschnittsfläche/Section	350	430	520	750	900	1070	1870	2400	3185	4395	mm ²
Bruchlast/Charge de rupture	210	280	360	500	550	800	1600	1900	2640	3650	kN
Fliessgrenze/Limite élastique	160	230	280	400	450	630	1200	1500	2000	2750	kN
Streckgrenze/Contrainte à la limite élastique	460	530	530	530	500	590	640	630	630	630	N/mm ²
Zugfestigkeit/Résistance à la traction	600	650	690	660	610	750	860	790	830	830	N/mm ²
Gewicht/Poids	2.8	3.4	4.1	5.9	7.0	8.4	14.7	18.9	25.0	34.5	kg/m

MAI SDA Verlängerungsmuffen/Manchons d'accouplement

Beschreibung/Caractéristiques	R32 L	R32 N	R32 S	R38 N	R51 L	R51 N	T76 N	T76 S	T111 L	T 111 N	Einheit/Unité
Durchmesser/Diamètre	42.4	42.4	42.4	51.0	63.5	63.5	95.0	95.0	140.0	140.0	mm
Länge/Longueur	145.0	145.0	190.0	220.0	170.0	220.0	220.0	220.0	250.0	250.0	mm
Gewicht/Poids	0.8	0.8	1.0	1.7	1.7	2.2	4.7	4.7	11.5	11.5	kg

MAI SDA Muttern/Ecrous

Beschreibung/Caractéristiques	R32 L	R32 N	R32 S	R38 N	R51 L	R51 N	T76 N	T76 S	T111 L	T 111 N	Einheit/Unité
Schlüsselmaß/Clé	46.0	46.0	46.0	50.0	75.0	75.0	100.0	100.0	150.0	150.0	mm
Länge/Longueur	45.0	45.0	45.0	60.0	70.0	70.0	80.0	80.	120.0	120.0	mm
Gewicht/Poids	0.4	0.4	0.4	0.5	1.6	1.6	2.7	2.7	9.0	9.0	kg

MAI SDA Ankerplatten/Plaques d'ancrage

Beschreibung/Caractéristiques	R32 L	R32 N	R32 S	R38 N	R51 L	R51 N	T76 N	T76 S	T111 L	T 111 N	Einheit/Unité
Gewölbte Ankerplatten/Plaques d'ancrage bombées											
Dimension/Dimension	150x150	200x200	200x200	200x200	-	-	-	-	-	-	mm
Dicke/Epaisseur	8.0	8.0	10.0	12.0	-	-	-	-	-	-	mm
Lochdurchmesser/Diamètre du trou central	35.0	35.0	35.0	41.0	-	-	-	-	-	-	mm
Gewicht/Poids	1.4	2.6	3.2	3.8	-	-	-	-	-	-	kg
Flache Ankerplatten/Plaques d'ancrage planes											
Dimension/Dimension	-	95x95	120x120	140x140	150x150	180x180	250x250	250x250	300x300	350x350	mm
Dicke/Epaisseur	-	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	60.0	60.0	80.0	90.0	mm
Lochdurchmesser/Diamètre du trou central	-	35.0	35.0	41.0	56.0	56.0	90.0	90.0	130.0	130.0	mm
Gewicht/Poids	-	1.6	3.2	5.0	6.2	10.5	26.4	26.4	47.8	76.8	kg

MAI SDA Abstandhalter/Centreurs

Beschreibung/Caractéristiques	R32 L	R32 N	R32 S	R38 N	R51 L	R51 N	T76 N	T76 S	T111 L	T 111 N	Einheit/Unité
Außendurchmesser/Diamètre extérieur	72.0	72.0	72.0	78.0	91.0	91.0	130.0	130.0	170.0	170.0	mm
Länge/Longueur	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	40.0	40.0	50.0	50.0	mm
Gewicht/Poids	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.9	0.9	1.6	1.6	kg

Novobolt – Self-Drilling Injection Bolt

As the recognised world leader in strata support injection chemicals, Minova utilised a global resource to complete development of the Carbothix pumpable chemical system utilised in the Novobolt. Carbothix is a revolutionary system offering significant performance, safety and logistical benefits over traditional styrene based polyester resin systems, which are unable to be used for bulk pumping in underground mines.

Underground and surface trials have confirmed the performance of the Novobolt system. Novobolt will successfully move mining operations even closer to the pinnacle of bolting safety and efficiency. Novobolt is not just another bolt, it's the future.

Bar

NovoBolt is a 32 mm diameter 38 tonne hollow steel rock bolt. The outer surface of the bolt has a cold rolled R32 spiral right hand rope thread profile, which not only enables high load transfer through the encapsulating resin into the rock mass, but is also a very robust thread resistant to damage. No fine thread is rolled into the sinusoidal rope thread bar meaning no introduced stress raisers and higher stress corrosion cracking resistance. This R32 bar is a standard product that has over 20 years historical use for rock bolting in tunnelling and hard rock applications throughout the world.

Drive Nut

The nut consists of a unique designed two stage system providing initial take up through the coarse thread of the NovoBolt bar before enabling higher torque tension to be applied via the fine 1.5 mm pitch thread within the nut. The fine thread is totally protected inside of the nut at all times and cannot be fouled or damaged prior to installation.

This unique drive nut enables drilling installation of the bolt and pre-tensioning using a two stage breakout pin. Drilling is undertaken using left hand rotation and the nut is tightened using right hand rotation.

Drill Tip

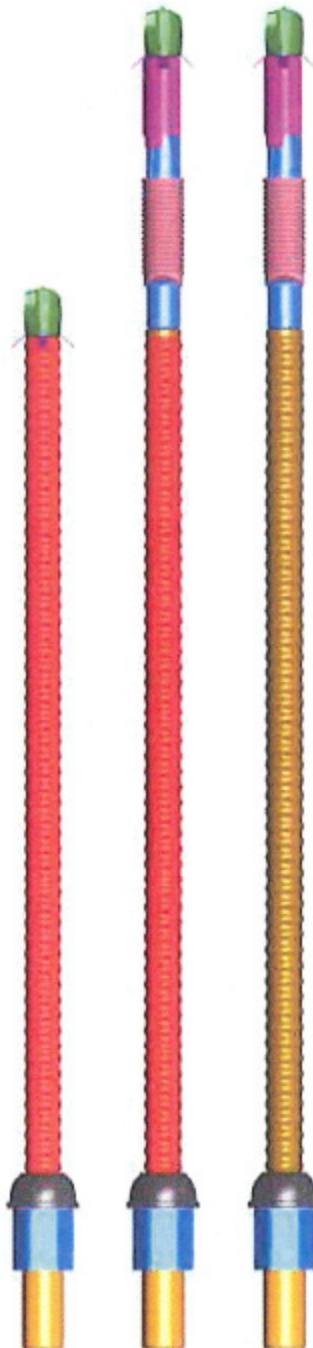
The NovoBolt incorporates an interchangeable 38 mm tungsten carbide drill tip. This drill tip can be changed to best suit the particular strata type and conditions at each individual customer site.

Cam Anchor

The pre-tensionable NovoBolt is anchored in place using a revolutionary Cam Anchor system, which provides immediate anchorage of the bolt. The Cam Anchor provides over 200 mm of anchorage length and can support up to 15 tonnes of tensile load depending on rock conditions. Up to 8 tonnes of torque tension can be applied to the NovoBolt via the Cam Anchor using the unique two stage drive nut.

Resin Mixing

The bolt has an internal diameter of 16 mm and includes a series of specially designed mechanisms to enable the two resin components to be perfectly mixed to guarantee effective anchorage and encapsulation. These internal mechanisms also ensure repeatability of the injection process and prevent the escape of resin from within the NovoBolt, ensuring that installed bolts are effectively filled internally and encapsulated externally with reacted resin. A major advantage of the Carbothix pumped resin systems is that 100% encapsulation is guaranteed every time, with the additional benefit of filling all cracks and cavities in the roof to maximise load transfer capacity and minimise corrosion.



Novobolt – Self-Drilling Injection Bolt



Advantages – Novobolt

The Novobolt range currently includes four separate bolt options. In addition to the well recognised safety and productivity advantages associated with self-drilling bolts the specific advantages of each individual Novobolt option include:

Standard

- rapid installation with excellent quality and consistency for bolting applications where pre-tension may not be required

Pre-tensionable

- rapid installation and pre-tension with guaranteed encapsulation in all roof conditions. The cam anchor system provides immediate anchorage and is not subject to the variability of resin mix and set times or storage and shelf life issues.

Extendable

- telescopic bolt designed to automatically unwind during installation and extend up to 4 metres for additional primary support in gate roads and intersections

Cuttable

- a GRP version of the Standard bolt for guaranteed installation quality and effectiveness in rib bolting applications

Technical Data – Novobolt

Mechanical Properties	Standard	Pre-tensioned	Extendable	Cuttable
Ultimate Tensile Stress (strength MPa)	850	850	850	500
Tensile Force Typical (MT)	38	38	38	25
Yield Stress (strength MPa)	550	550	550	N/A
Yield Force Typical (MT)	24	24	24	N/A
Elongation (minimum)	15%	15%	15%	1%
Nominal external diameter	32 mm	32 mm	46 mm	32 mm
Central hole diameter	16 mm	16 mm	16 mm	16 mm
Drill bit size	38 mm	38 mm	50 mm	38 mm

Note: Metric Tonne (MT)

Cuttable version, 7mm pitch rope thread, Thread load > 10 tonnes

Novobolt – Self-Drilling Injection Bolt



Carbothix Pumpable Resin System

Historically resin encapsulated rock bolting has been undertaken using polyester based resin capsules. Whilst contained in capsule form the polyester based resin mastic and organic peroxide catalyst are a safe and effective bolt anchorage medium, these components are generally not permitted for bulk handling and pumping applications in underground mines.

Carbothix is a fast curing two component silicate resin system designed specifically for injection bolts. When the two components are adequately mixed they form a tough elastic and non-porous resin that will not mix with water and be diluted in wet holes. Carbothix provides superior strengths to typical polyester resin systems, and is considerably lower in viscosity enabling easier handling and long distance pumping.

Advantages – Carbothix

Carbothix has several benefits over traditional polyester resin systems including:

Resin to Catalyst ratio

- 2:1 or 1.5:1

Low Viscosity

- Long distance pumping, up to 500 metres

High Flash Point

- Component A N/A , Component B > 100°C

Long Shelf Life

- 12 months

Easy Storage

- Carbothix does not require cool room storage and can be safely stored at temperatures up to 40°C

Technical Data – Carbothix

Carbothix – @ 2:1 ratio	2 minutes	3 minutes	5 minutes	10 minutes	30 minutes	1 hour	24 hours
Punched Shear Strength (MPa)		4.8	14.2			25.7	
UCS (MPa)						70	75
Shore D Hardness	42		55	62	70		
@ 25°C							
Gel Time (seconds)		10					
Cure Time – Hardness Test (seconds)		33					
Viscosity (mPa*s) Component A		320 – 420					
Viscosity (mPa*s) Component A		300 – 400					

Novobolt – Self-Drilling Injection Bolt

Installation Equipment

Development of the complete Novobolt system included the design and commissioning of specific drilling and injection equipment. An important design parameter of the project was a system to enable drilling and resin injection without the need to change equipment or to detach and reattach the bolt.

The drilling and injection system ensures that the two separate resin components do not actually come into contact until they are inside the bolt, allowing repeatability of the drilling and injection process. A linked dual pumping system ensures that the correct ratio of Part A and B Carbothix resin components can be injected into the installed Novobolt. A resin supply and pumping system can be setup on the continuous miner or at an out by pumping station.

The system has been developed for ease of installation on individual

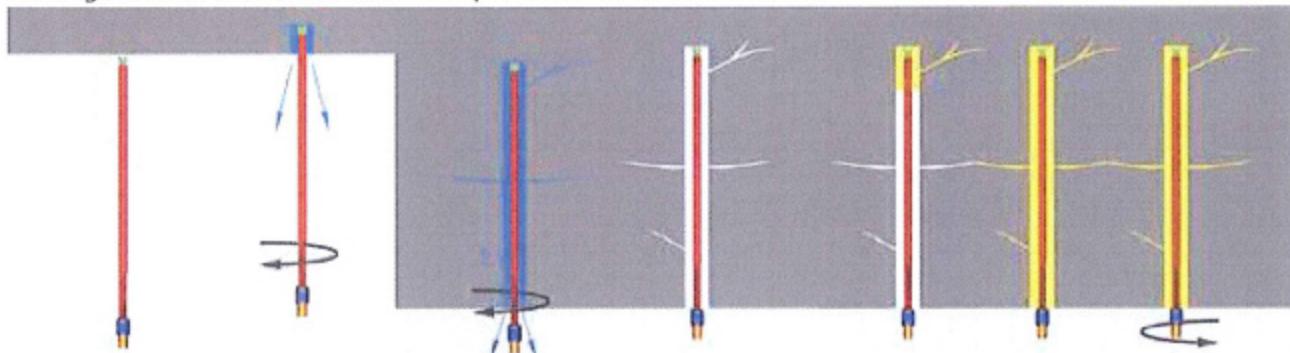
or multiple feed frames. All driven equipment is hydraulic. Recognizing the type and configuration of numerous continuous miners, the resin pumping station is designed specifically to house standard components, yet not restrict operation of the continuous miner. The unique chuck drive and injection units are available in a kit form to facilitate efficient installation to either Joy or Sandvik Mining feed frames.

Alminco supports a large fleet of customer owned and hired drilling and bolting equipment with a team of qualified personnel located at bases in the Illawarra, Hunter Valley and Bowen Basin coal fields. Alminco can provide full installation, commissioning and scheduled service support of the Novobolt drilling, pumping and grouting equipment to ensure safe, consistent and efficient rock bolting quality and efficiency.

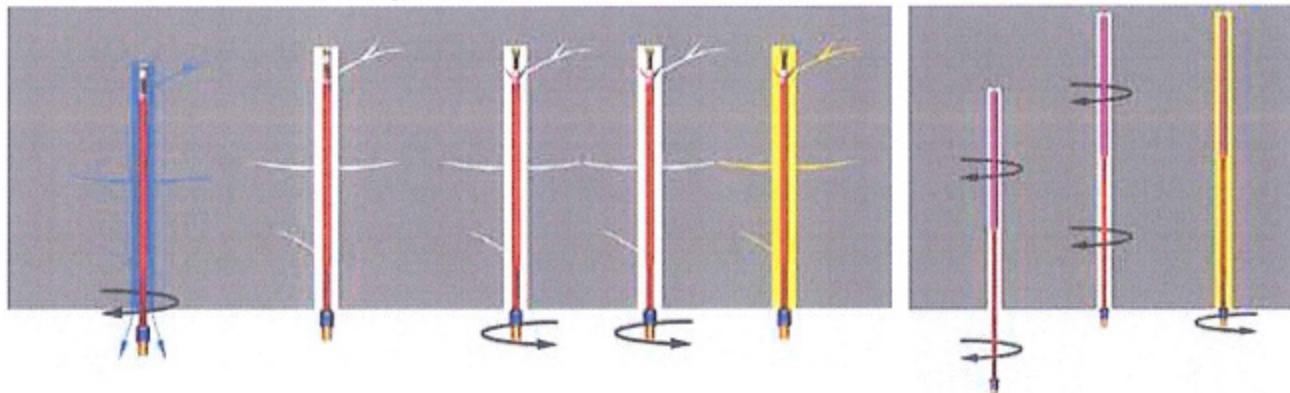
Installation Process

The Novobolt installation process is very simple. The Novobolt and plate is placed into the drill chuck and is then drilled into the roof or rib using standard left and rotation. The drilling stage should take approximately 30 seconds to complete for a standard 1.8m bolt. At this point using the pre-tension bolt the mechanical anchor can be set in place using right hand rotation. Once sufficient load is applied to the mechanical anchor the breakout pin will shear in the nut allowing the plate to be tightened against the roof and pre-tension to be applied to the bolt. Injection of the bolt can then commence with resin being pumped until reacted resin is visible around the plate. Using a standard bolt sufficient time should be allowed for the resin to set (approximately 15 seconds) before the nut can be tightened against the plate using right hand rotation.

The diagram below indicates the installation process for the standard Novobolt.



The diagrams below indicate the installation process for the pre-tensioned Novobolt on the left, and the drilling installation of the extendable Novobolt on the right.



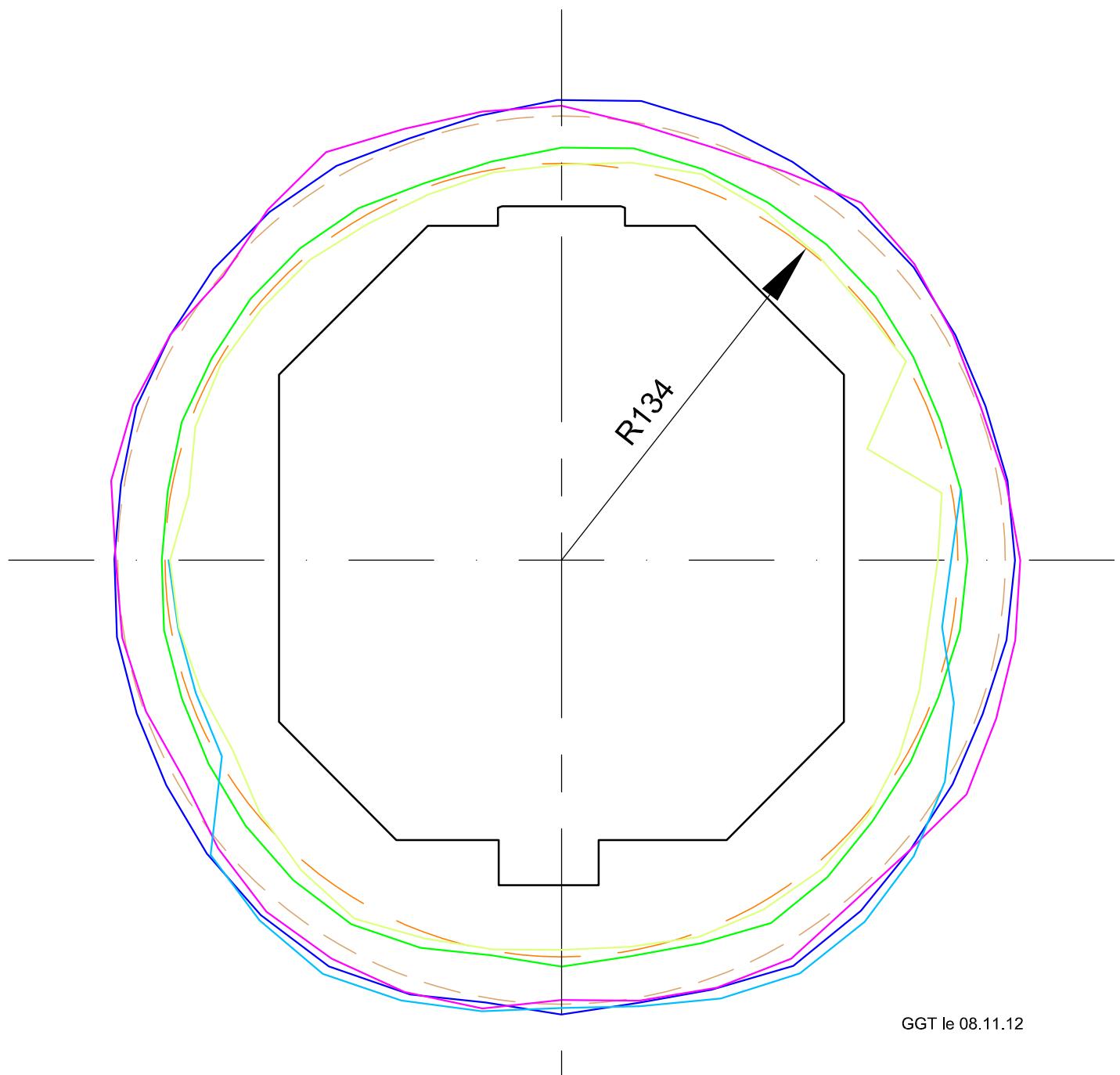
Appendix 6

**Excavation line before and after
shotcrete application
(Amberg profile GGT)**

GM 9.00

- Ligne d'excavation
- Position BP après exécution 2ème couche.
- Position de la ligne d'exécution fictive assurant l'épaisseur théorique attendue 5+11 cm
- Position théorique intrados du revêtement
- Position théorique ligne théorique d'excavation
- Ligne d'excavation de l'assainissement
- Position du BP finale après assainissement

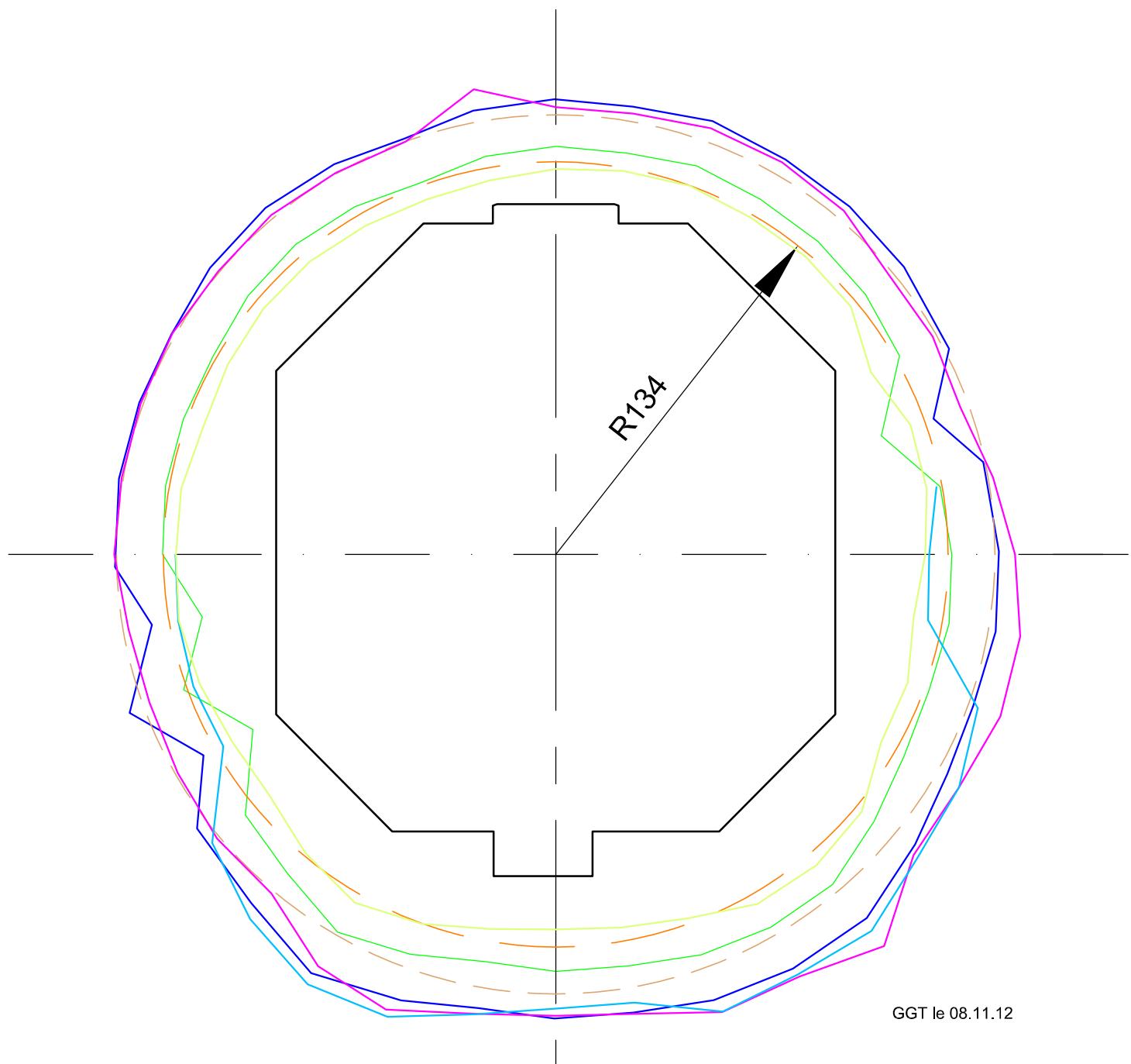
Echelle 1:20



GM 10.00

- Ligne d'excavation
- Position BP après exécution 2ème couche.
- Position de la ligne d'exécution fictive assurant l'épaisseur théorique attendue 5+11 cm
- Position théorique intrados du revêtement
- Position théorique ligne théorique d'excavation
- Ligne d'excavation de l'assainissement
- Position du BP finale après assainissement

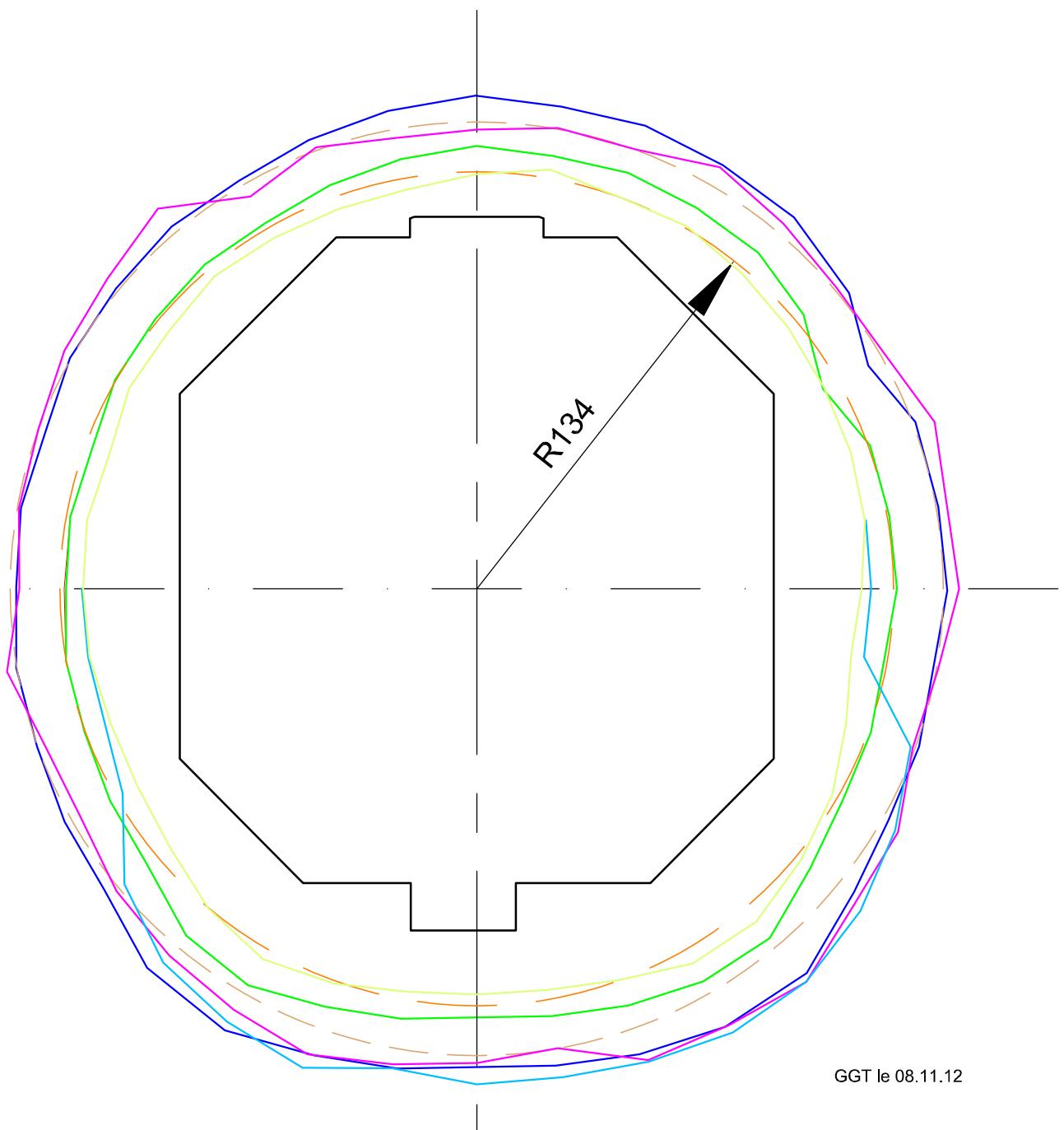
Echelle 1:20



GM 11.00

- Ligne d'excavation
- Position BP après exécution 2ème couche.
- Position de la ligne d'exécution fictive assurant l'épaisseur théorique attendue 5+11 cm
- Position théorique intrados du revêtement
- Position théorique ligne théorique d'excavation
- Ligne d'excavation de l'assainissement
- Position du BP finale après assainissement

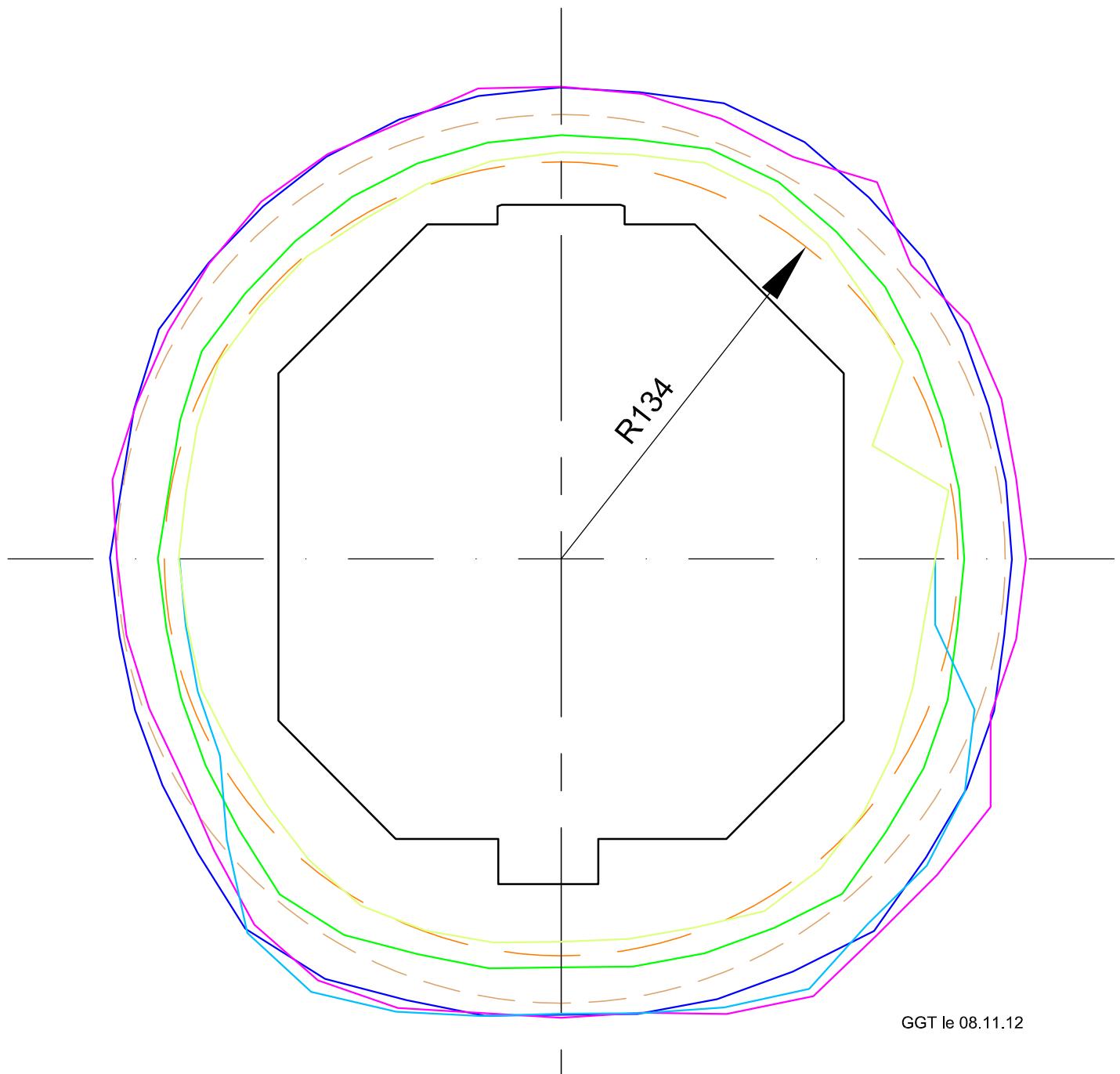
Echelle 1:20



GM 12.00

- Ligne d'excavation
- Position BP après exécution 2ème couche.
- Position de la ligne d'exécution fictive assurant l'épaisseur théorique attendue 5+11 cm
- Position théorique intrados du revêtement
- - - Position théorique ligne théorique d'excavation
- Ligne d'excavation de l'assainissement
- Position du BP finale après assainissement

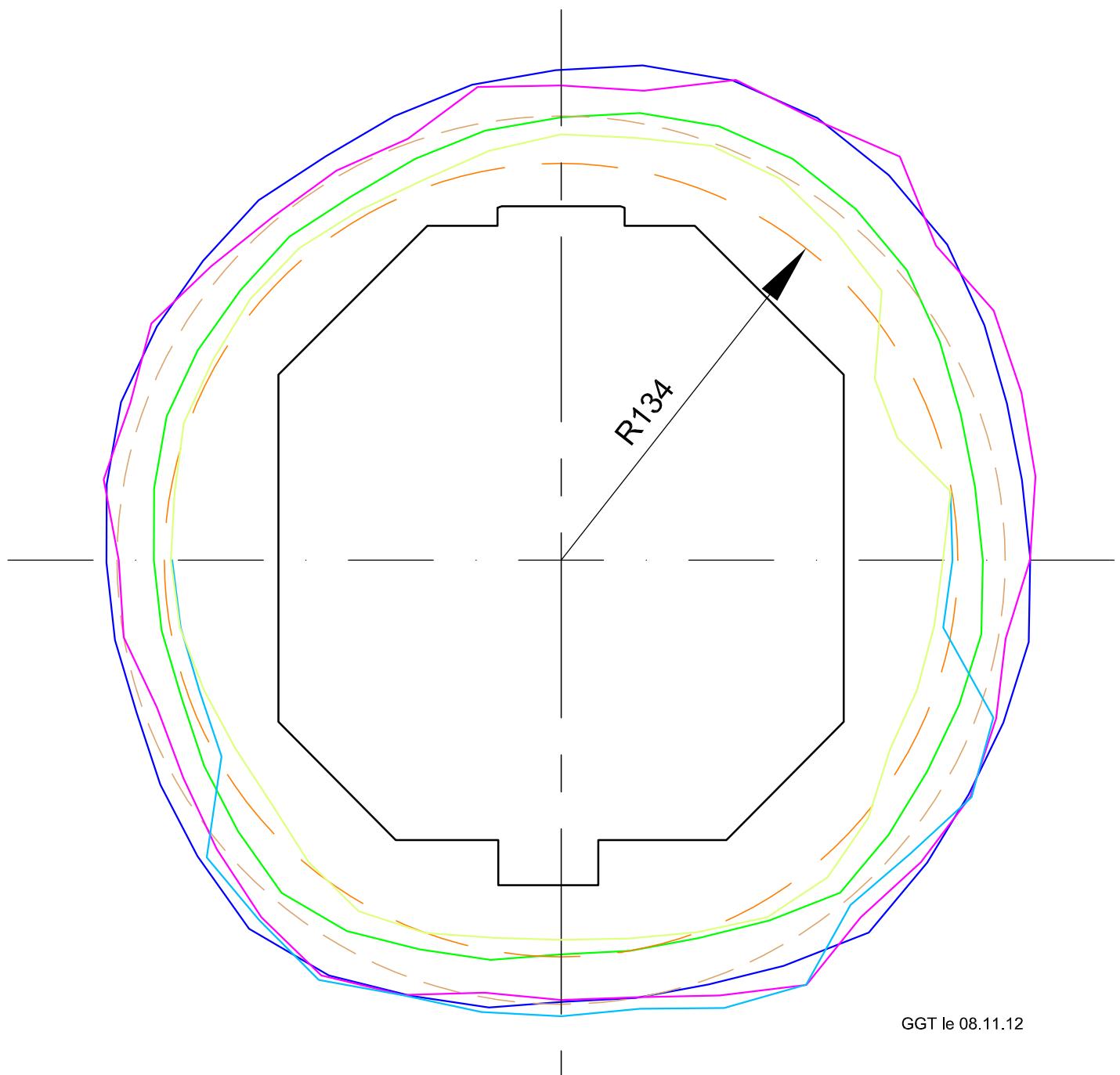
Echelle 1:20



GM 13.00

- Ligne d'excavation
- Position BP après exécution 2ème couche.
- Position de la ligne d'exécution fictive assurant l'épaisseur théorique attendue 5+11 cm
- Position théorique intrados du revêtement
- - - Position théorique ligne théorique d'excavation
- Ligne d'excavation de l'assainissement
- Position du BP finale après assainissement

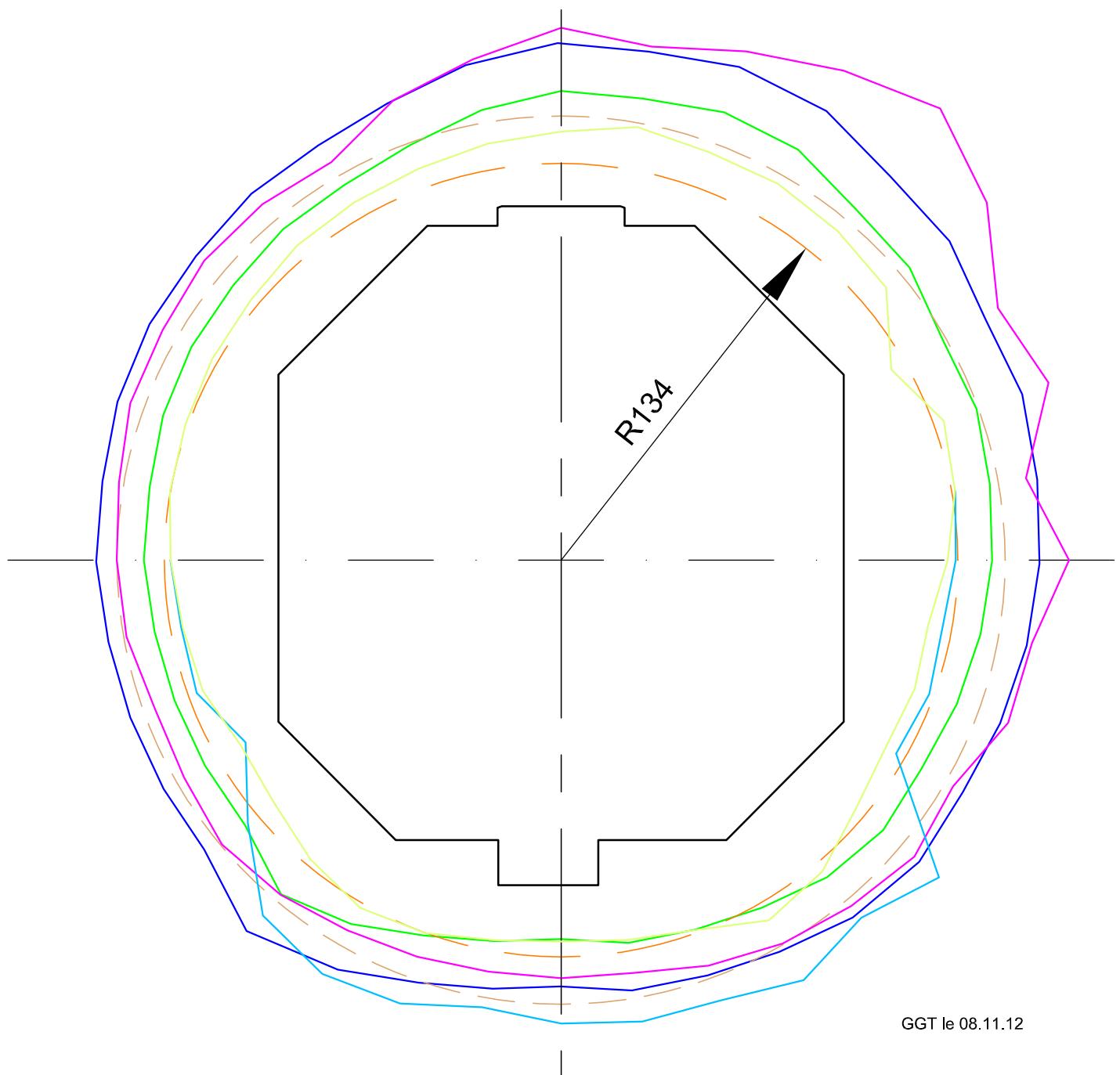
Echelle 1:20



GM 14.00

- Ligne d'excavation
- Position BP après exécution 2ème couche.
- Position de la ligne d'exécution fictive assurant l'épaisseur théorique attendue 5+11 cm
- Position théorique intrados du revêtement
- Position théorique ligne théorique d'excavation
- Ligne d'excavation de l'assainissement
- Position du BP finale après assainissement

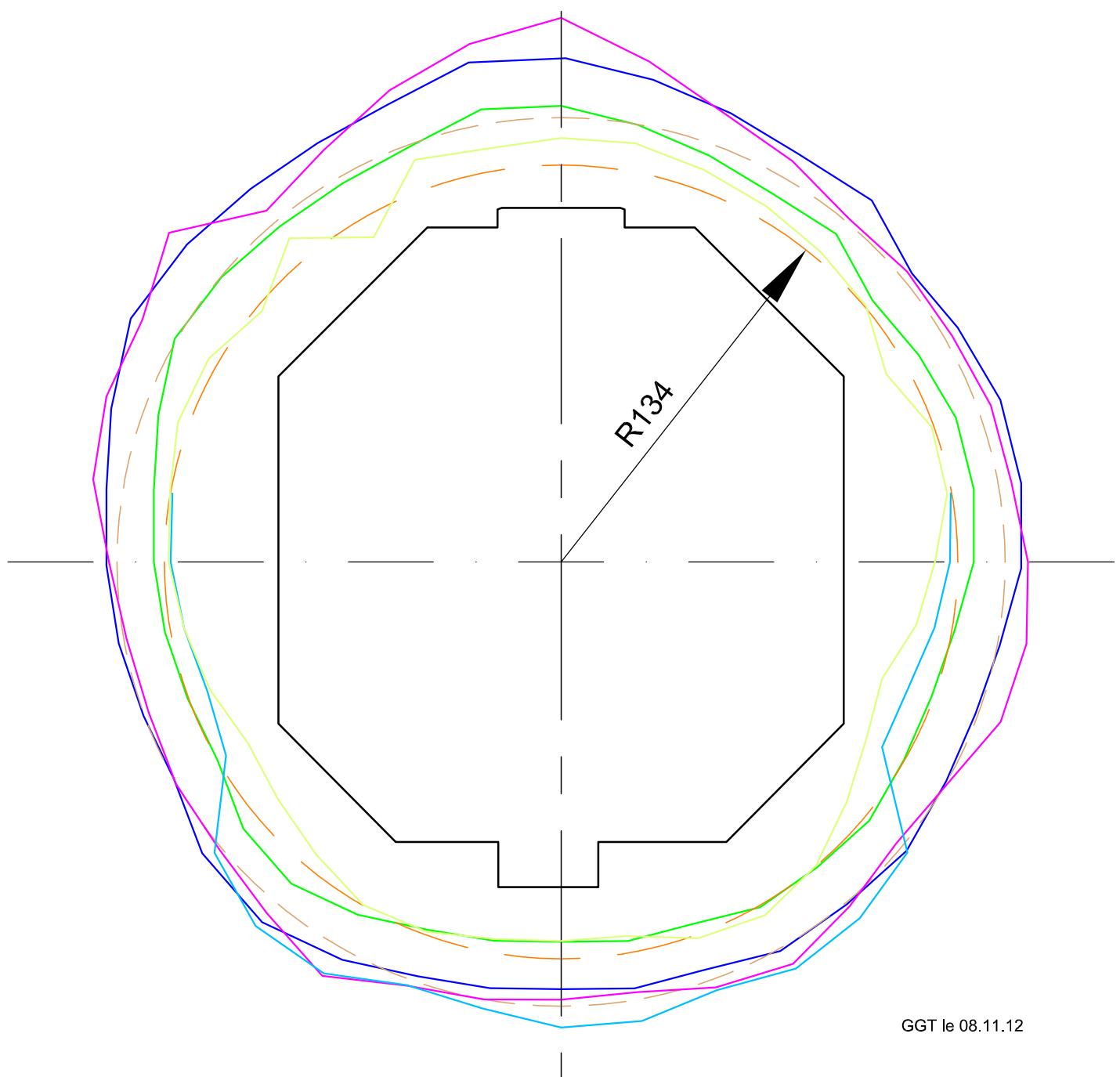
Echelle 1:20



GM 15.00

- Ligne d'excavation
- Position BP après exécution 2ème couche.
- Position de la ligne d'exécution fictive assurant l'épaisseur théorique attendue 5+11 cm
- Position théorique intrados du revêtement
- Position théorique ligne théorique d'excavation
- Ligne d'excavation de l'assainissement
- Position du BP finale après assainissement

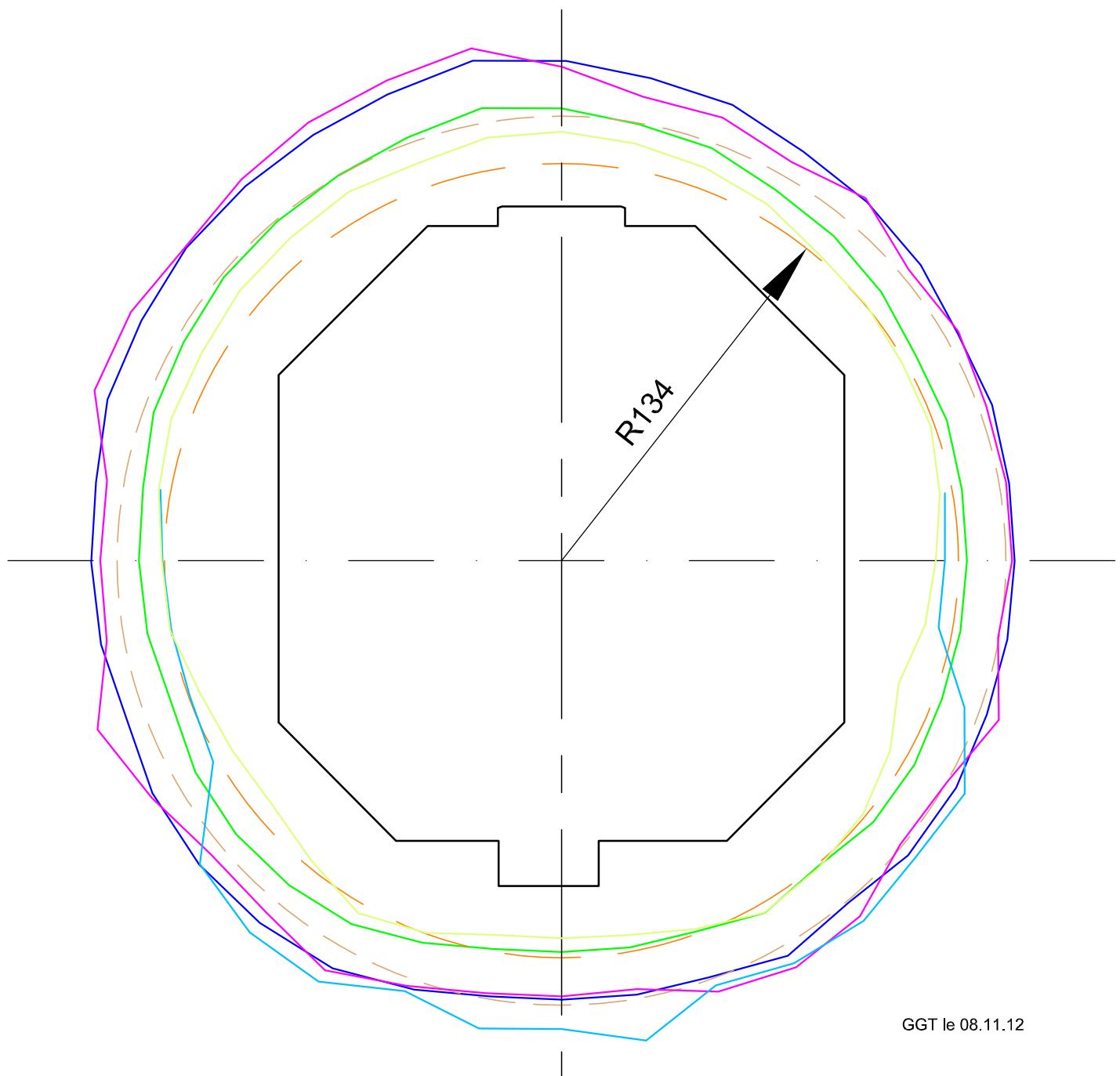
Echelle 1:20



GM 16.00

- Ligne d'excavation
- Position BP après exécution 2ème couche.
- Position de la ligne d'exécution fictive assurant l'épaisseur théorique attendue 5+11 cm
- Position théorique intrados du revêtement
- Position théorique ligne théorique d'excavation
- Ligne d'excavation de l'assainissement
- Position du BP finale après assainissement

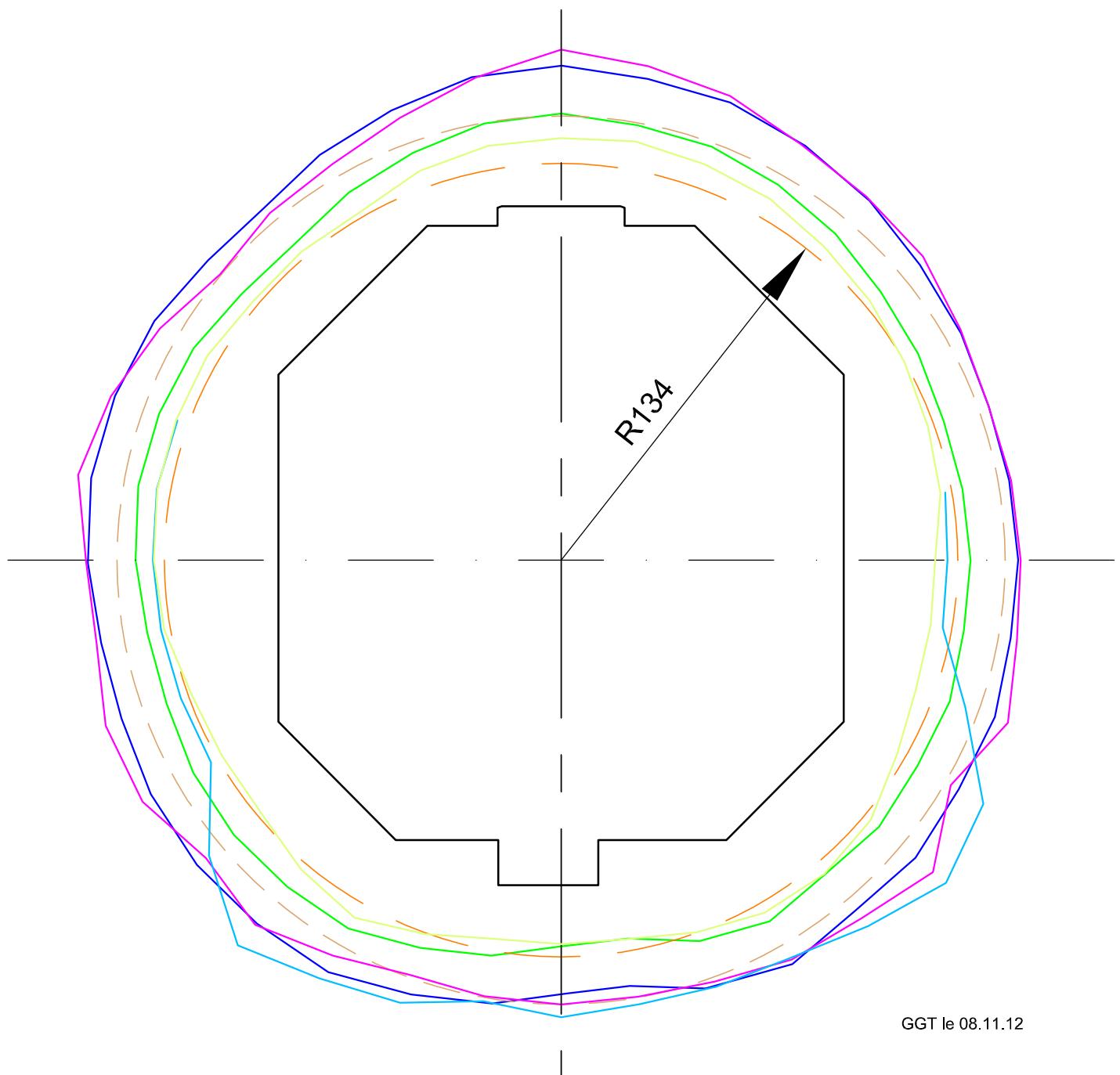
Echelle 1:20



GM 17.00

- Ligne d'excavation
- Position BP après exécution 2ème couche.
- Position de la ligne d'exécution fictive assurant l'épaisseur théorique attendue 5+11 cm
- Position théorique intrados du revêtement
- - - Position théorique ligne théorique d'excavation
- Ligne d'excavation de l'assainissement
- Position du BP finale après assainissement

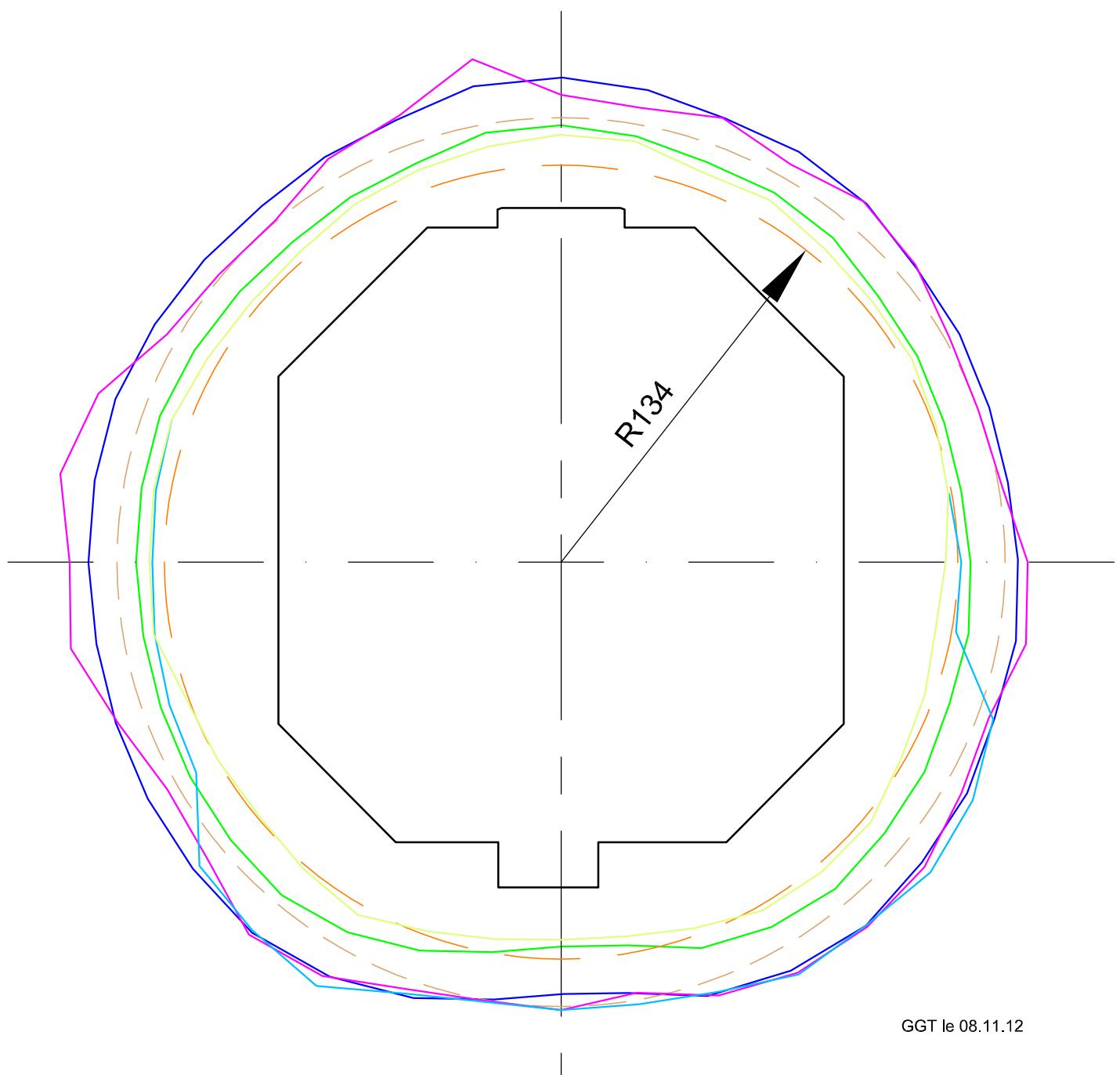
Echelle 1:20



GM 18.00

- Ligne d'excavation
- Position BP après exécution 2ème couche.
- Position de la ligne d'exécution fictive assurant l'épaisseur théorique attendue 5+11 cm
- Position théorique intrados du revêtement
- Position théorique ligne théorique d'excavation
- Ligne d'excavation de l'assainissement
- Position du BP finale après assainissement

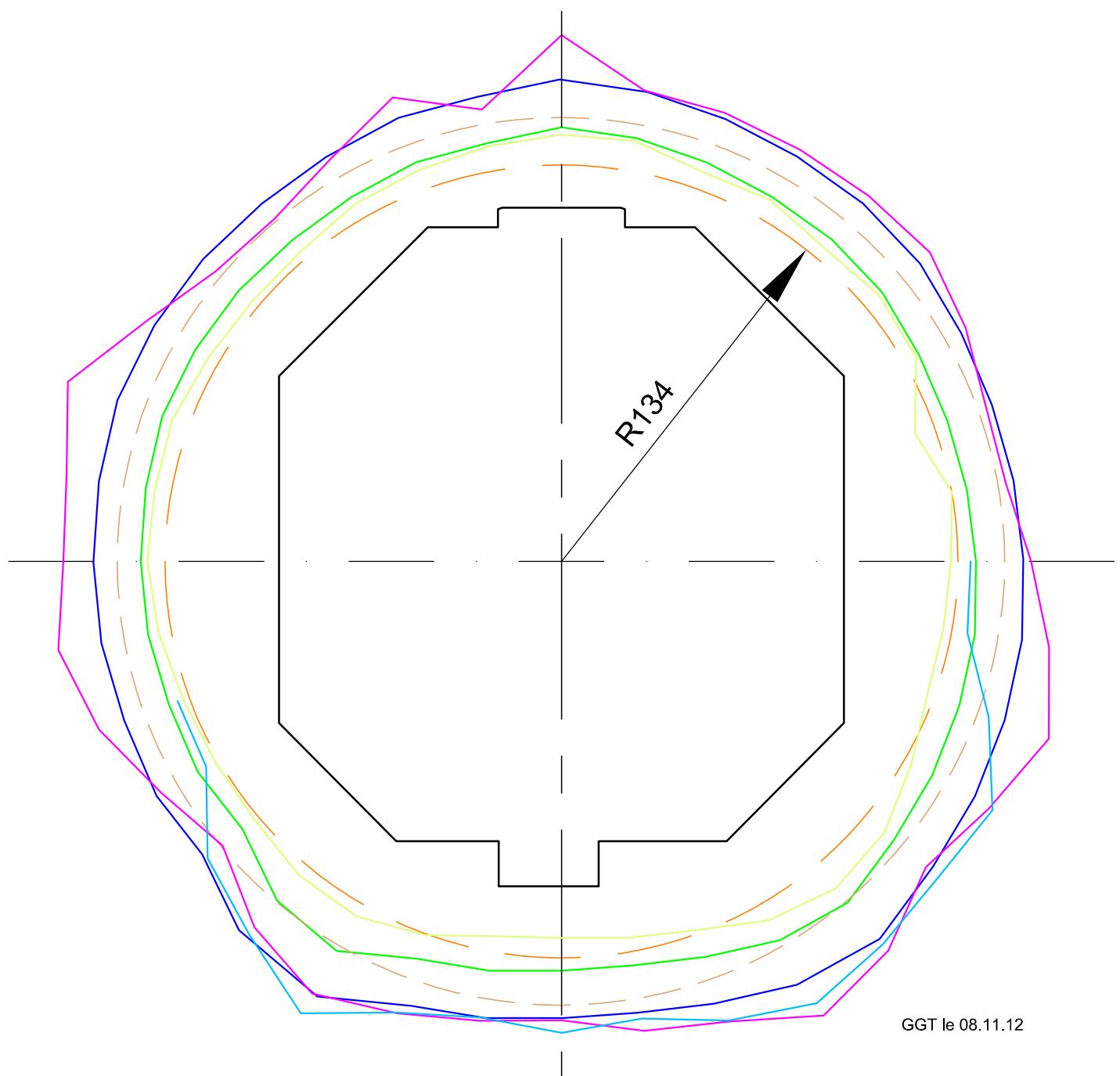
Echelle 1:20



GM 19.00

- Ligne d'excavation
- Position BP après exécution 2ème couche.
- Position de la ligne d'exécution fictive assurant l'épaisseur théorique attendue 5+11 cm
- Position théorique intrados du revêtement
- - - Position théorique ligne théorique d'excavation
- Ligne d'excavation de l'assainissement
- Position du BP finale après assainissement

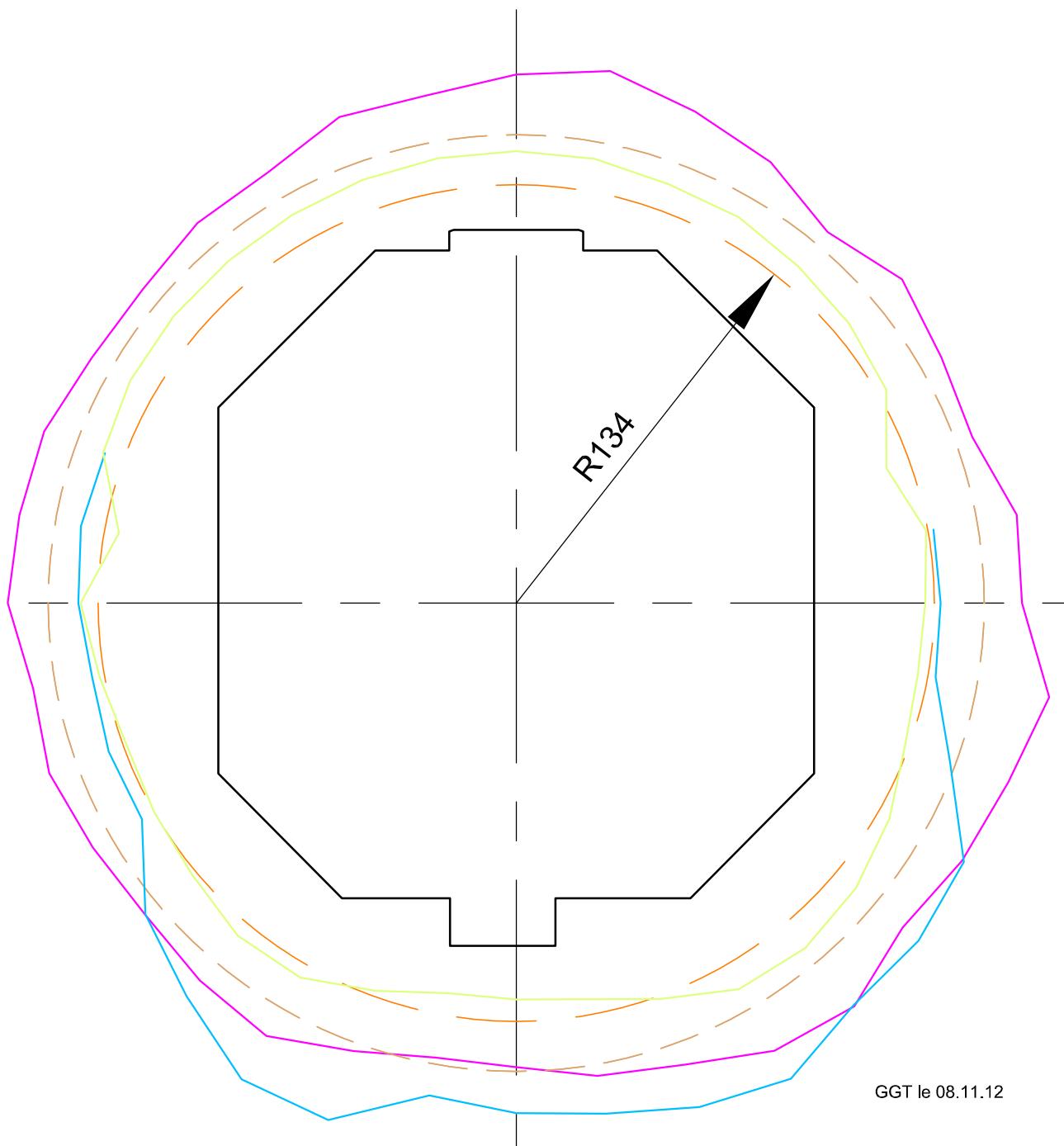
Echelle 1:20



GM 20.00

- Ligne d'excavation
- Position BP après exécution 2ème couche (pas relevé).
- Position de la ligne d'exécution fictive assurant l'épaisseur théorique attendue 5+11 cm (pas relevé)
- Position théorique intrados du revêtement
- - - Position théorique ligne théorique d'excavation
- Ligne d'excavation de l'assainissement
- Position du BP finale après assainissement

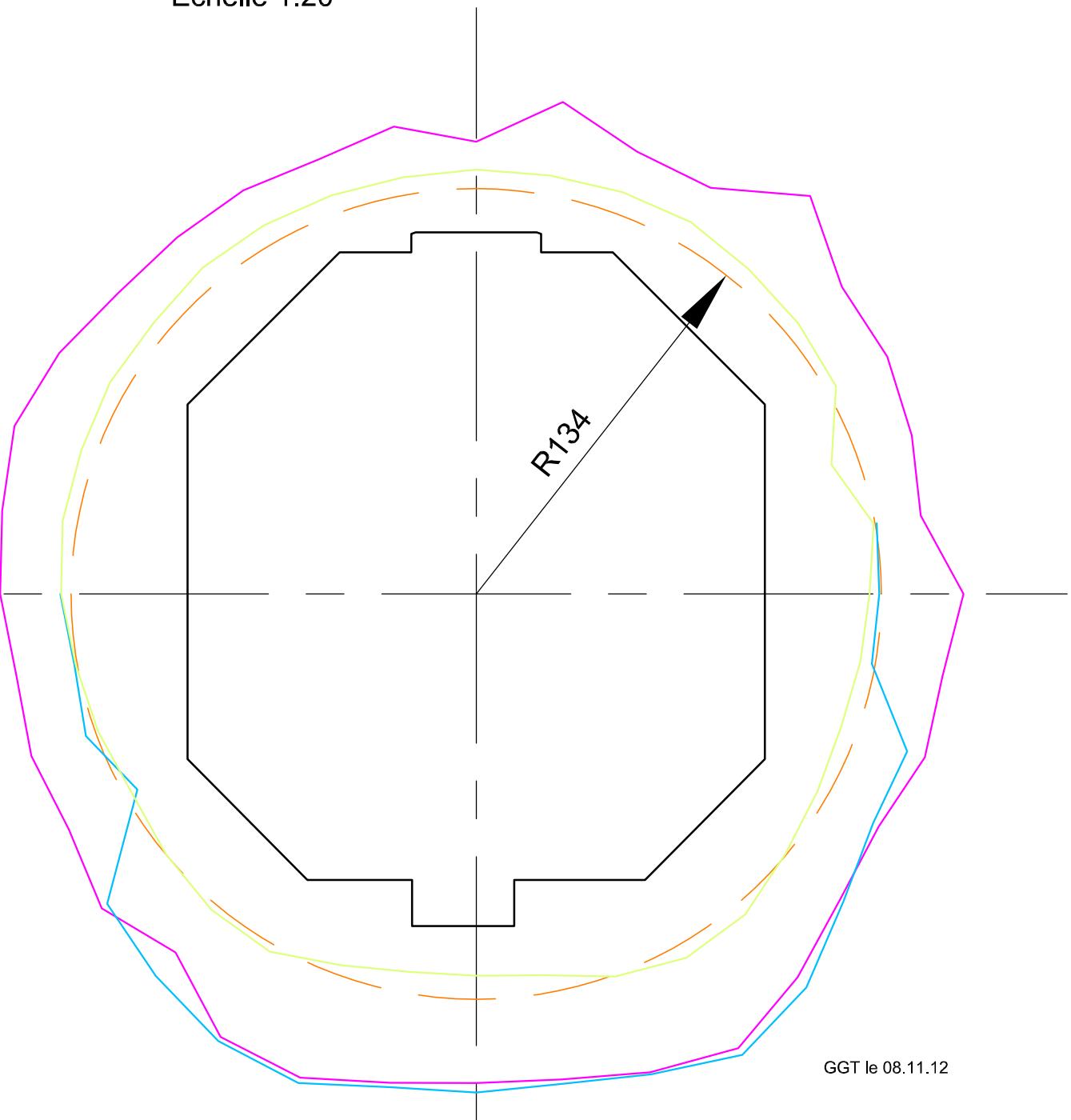
Echelle 1:20



GM 21.00

- Ligne d'excavation
- Position BP après exécution 2ème couche (pas relevé).
- Position de la ligne d'exécution fictive assurant l'épaisseur théorique attendue 5+11 cm (pas relevé)
- Position théorique intrados du revêtement
- - - Position théorique ligne théorique d'excavation
- Ligne d'excavation de l'assainissement
- Position du BP finale après assainissement

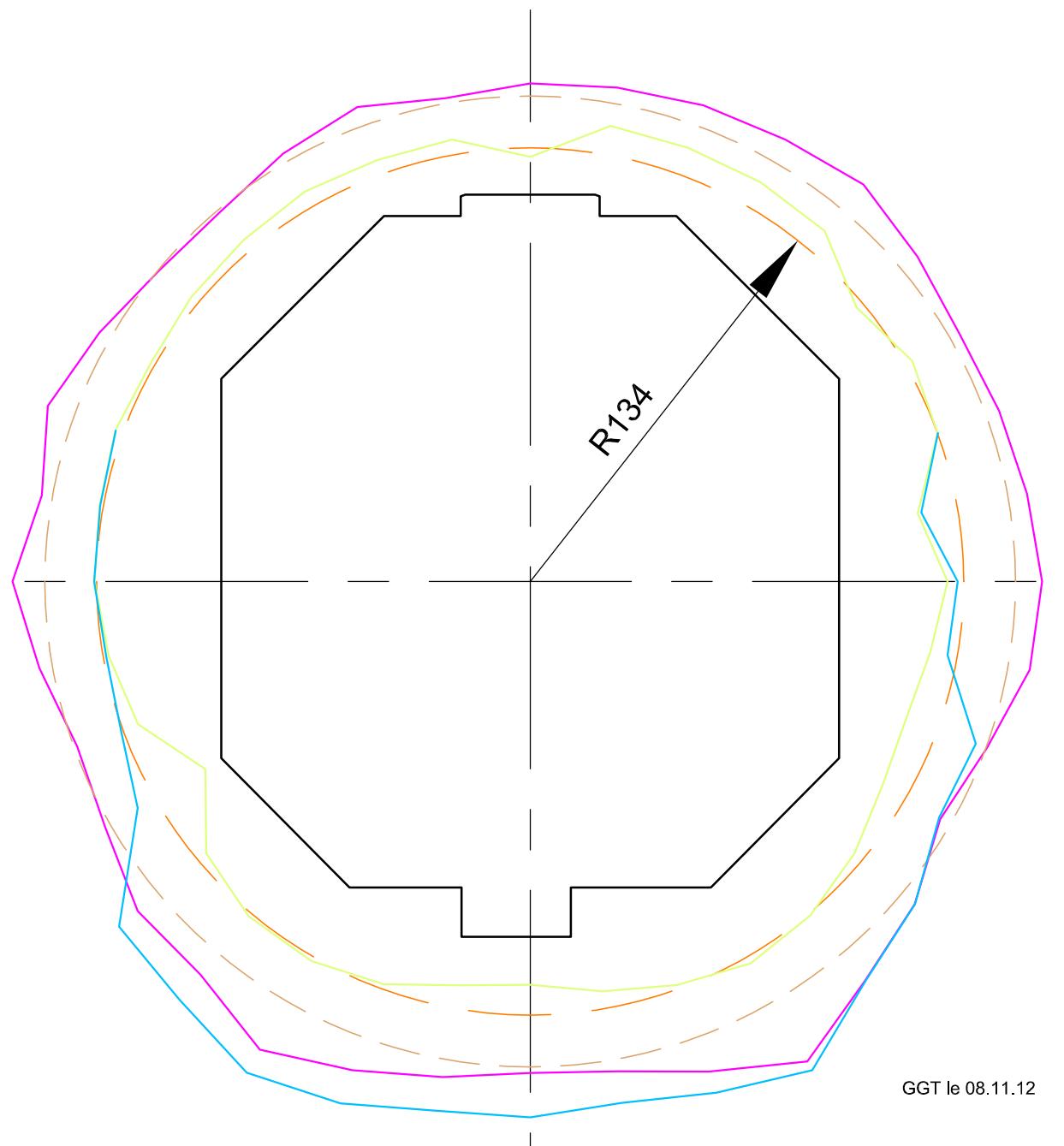
Echelle 1:20



GM 22.00

- Ligne d'excavation
- Position BP après exécution 2ème couche (pas relevé).
- Position de la ligne d'exécution fictive assurant l'épaisseur théorique attendue 5+11 cm (pas relevé)
- Position théorique intrados du revêtement
- - - Position théorique ligne théorique d'excavation
- Ligne d'excavation de l'assainissement
- Position du BP finale après assainissement

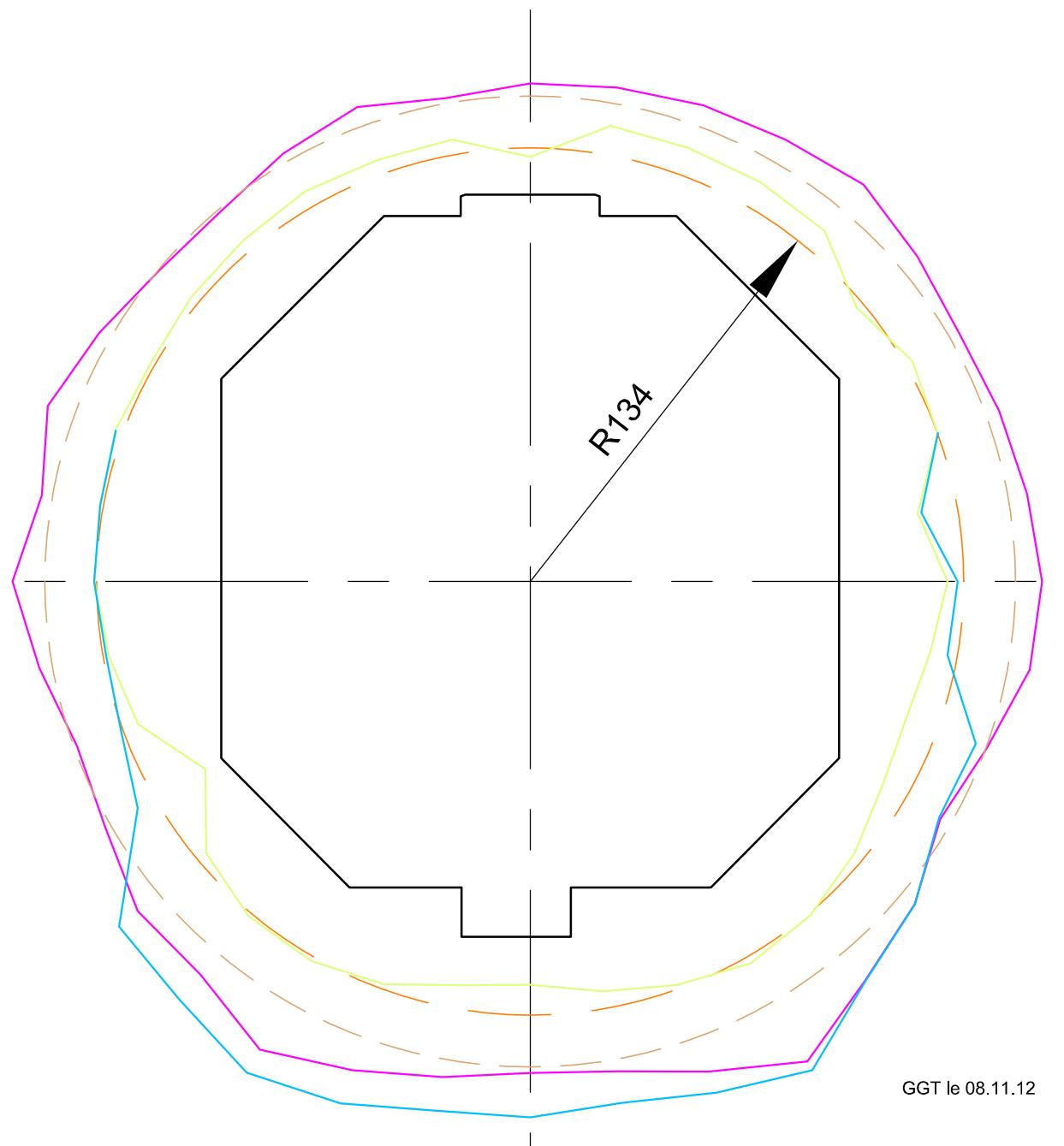
Echelle 1:20



GM 22.00

- Ligne d'excavation
- Position BP après exécution 2ème couche (pas relevé).
- Position de la ligne d'exécution fictive assurant l'épaisseur théorique attendue 5+11 cm (pas relevé)
- Position théorique intrados du revêtement
- Position théorique ligne théorique d'excavation
- Ligne d'excavation de l'assainissement
- Position du BP finale après assainissement

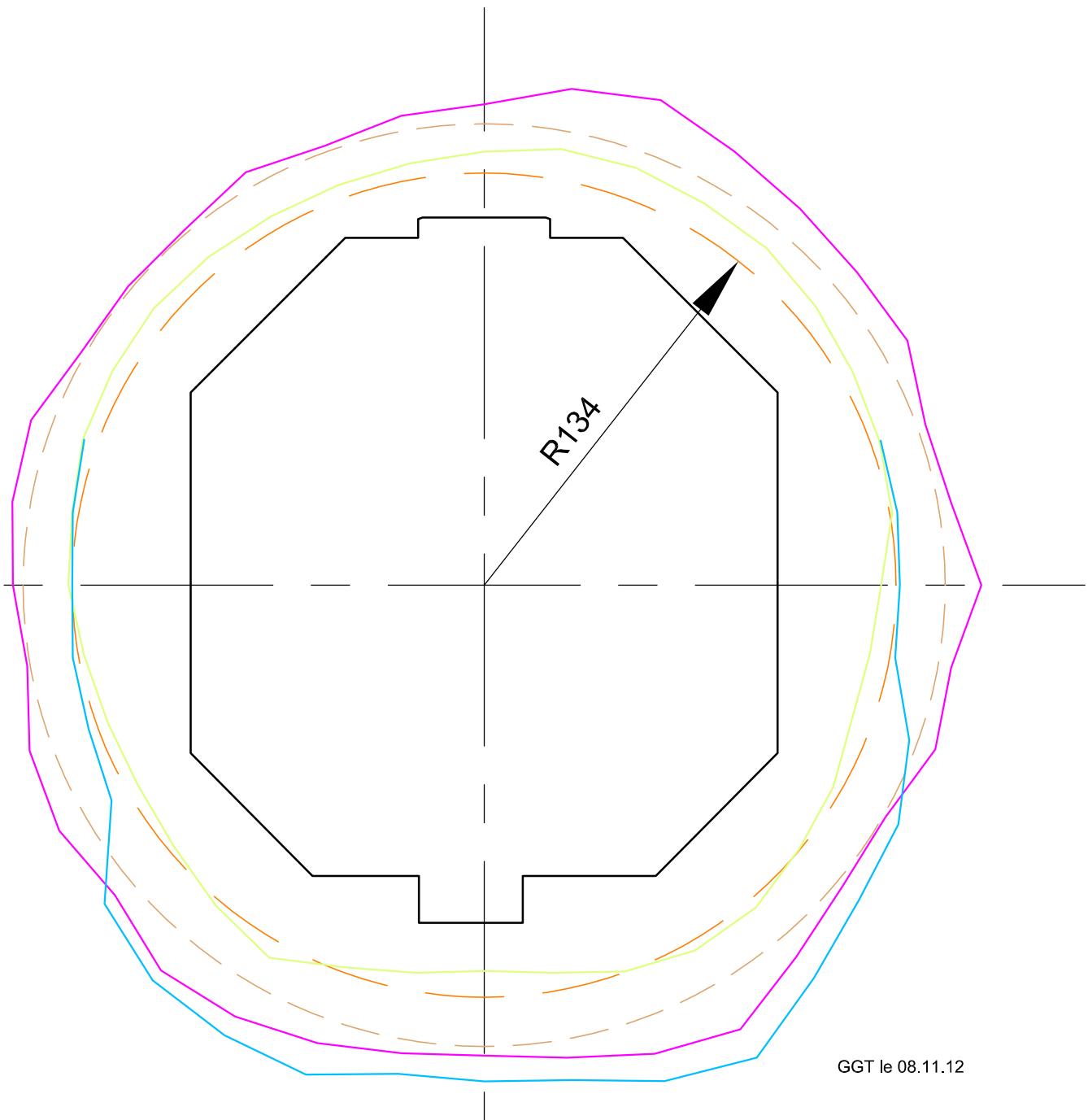
Echelle 1:20



GM 23.00

- Ligne d'excavation
- Position BP après exécution 2ème couche (pas relevé).
- Position de la ligne d'exécution fictive assurant l'épaisseur théorique attendue 5+11 cm (pas relevé)
- Position théorique intrados du revêtement
- Position théorique ligne théorique d'excavation
- Ligne d'excavation de l'assainissement
- Position du BP finale après assainissement

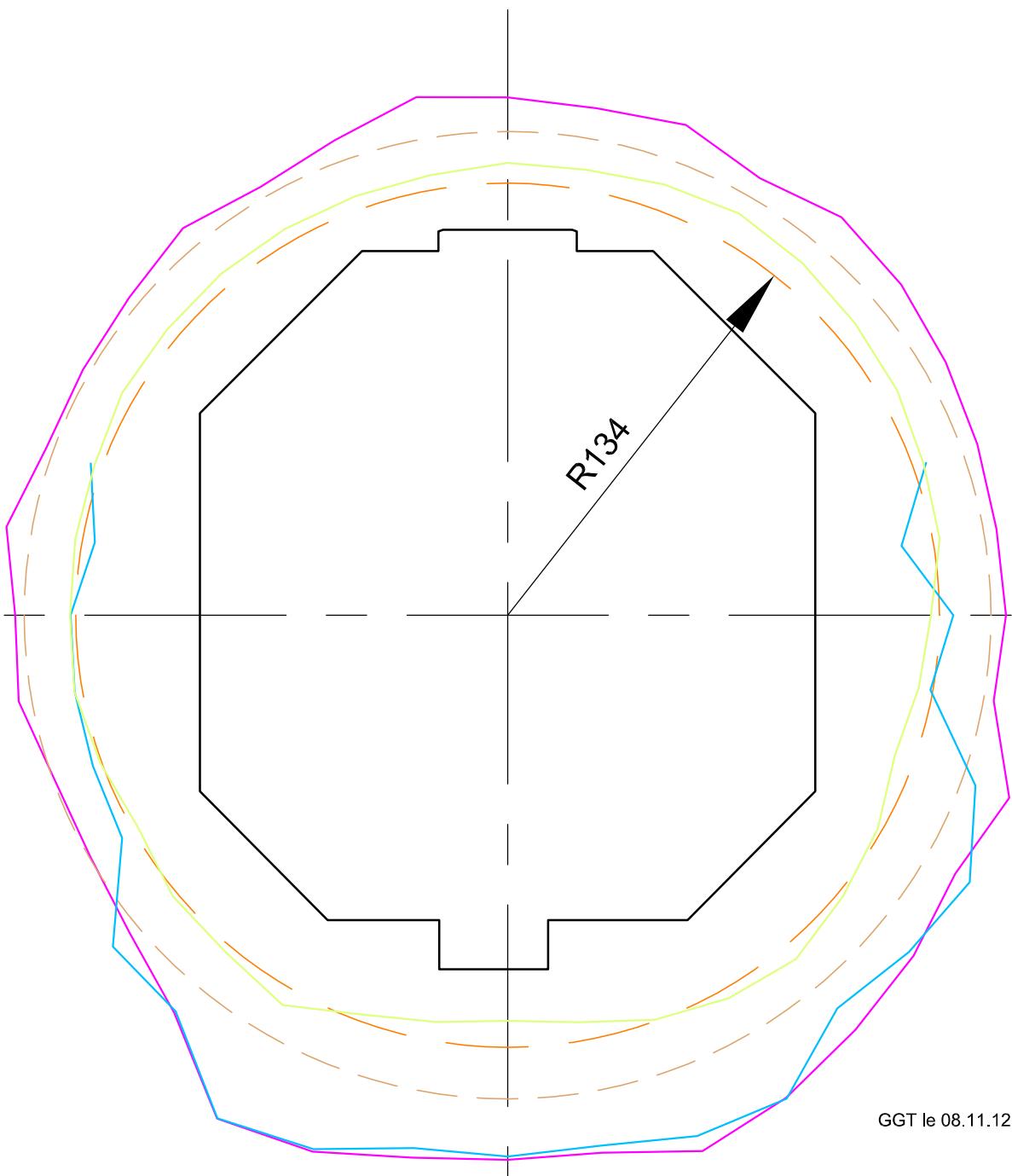
Echelle 1:20



GM 24.00

- Ligne d'excavation
- Position BP après exécution 2ème couche (pas relevé).
- Position de la ligne d'exécution fictive assurant l'épaisseur théorique attendue 5+11 cm (pas relevé)
- Position théorique intrados du revêtement
- - - Position théorique ligne théorique d'excavation
- Ligne d'excavation de l'assainissement
- Position du BP finale après assainissement

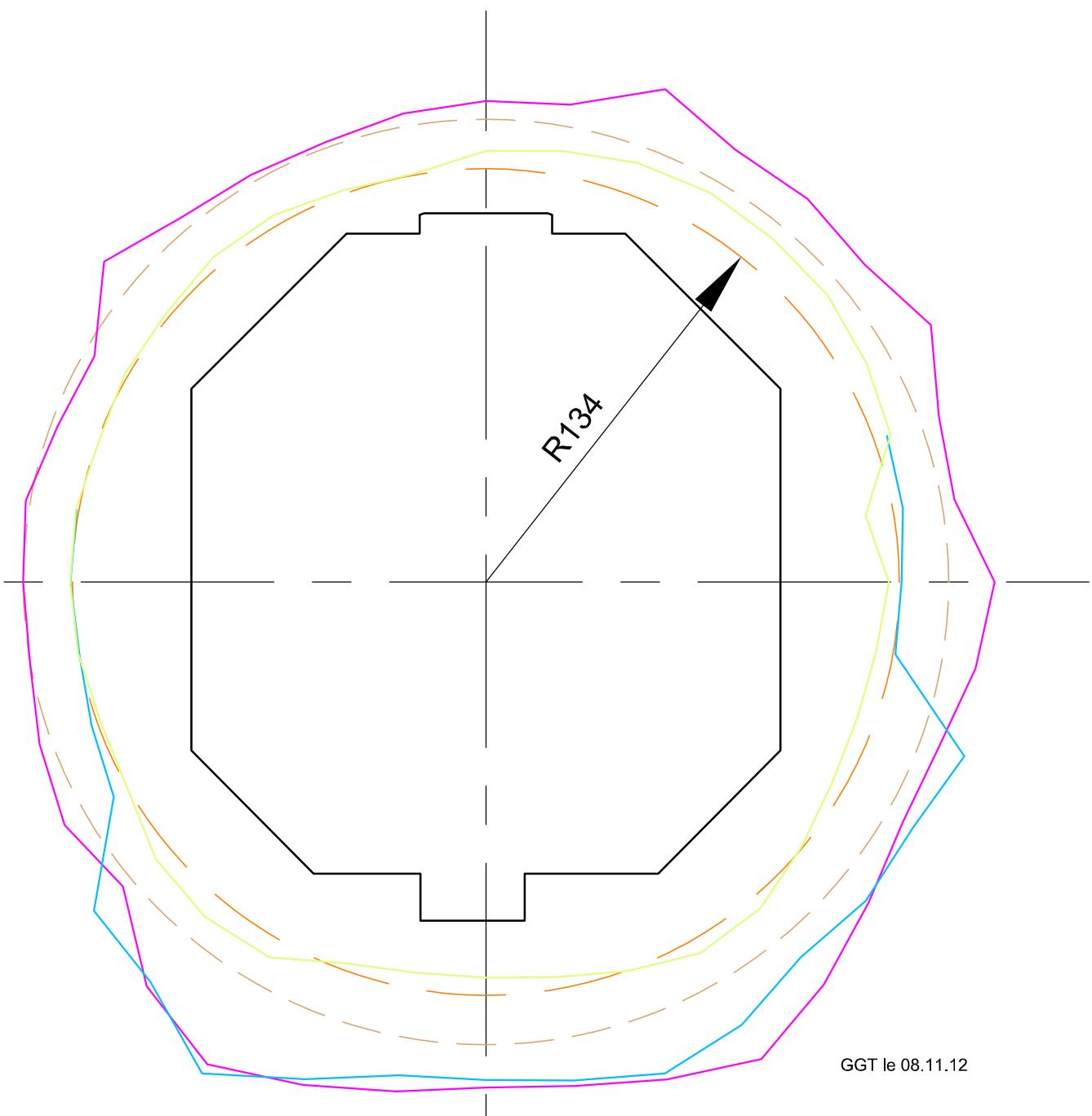
Echelle 1:20



GM 25.00

- Ligne d'excavation
- Position BP après exécution 2ème couche (pas relevé).
- Position de la ligne d'exécution fictive assurant l'épaisseur théorique attendue 5+11 cm (pas relevé)
- Position théorique intrados du revêtement
- - - Position théorique ligne théorique d'excavation
- Ligne d'excavation de l'assainissement
- Position du BP finale après assainissement

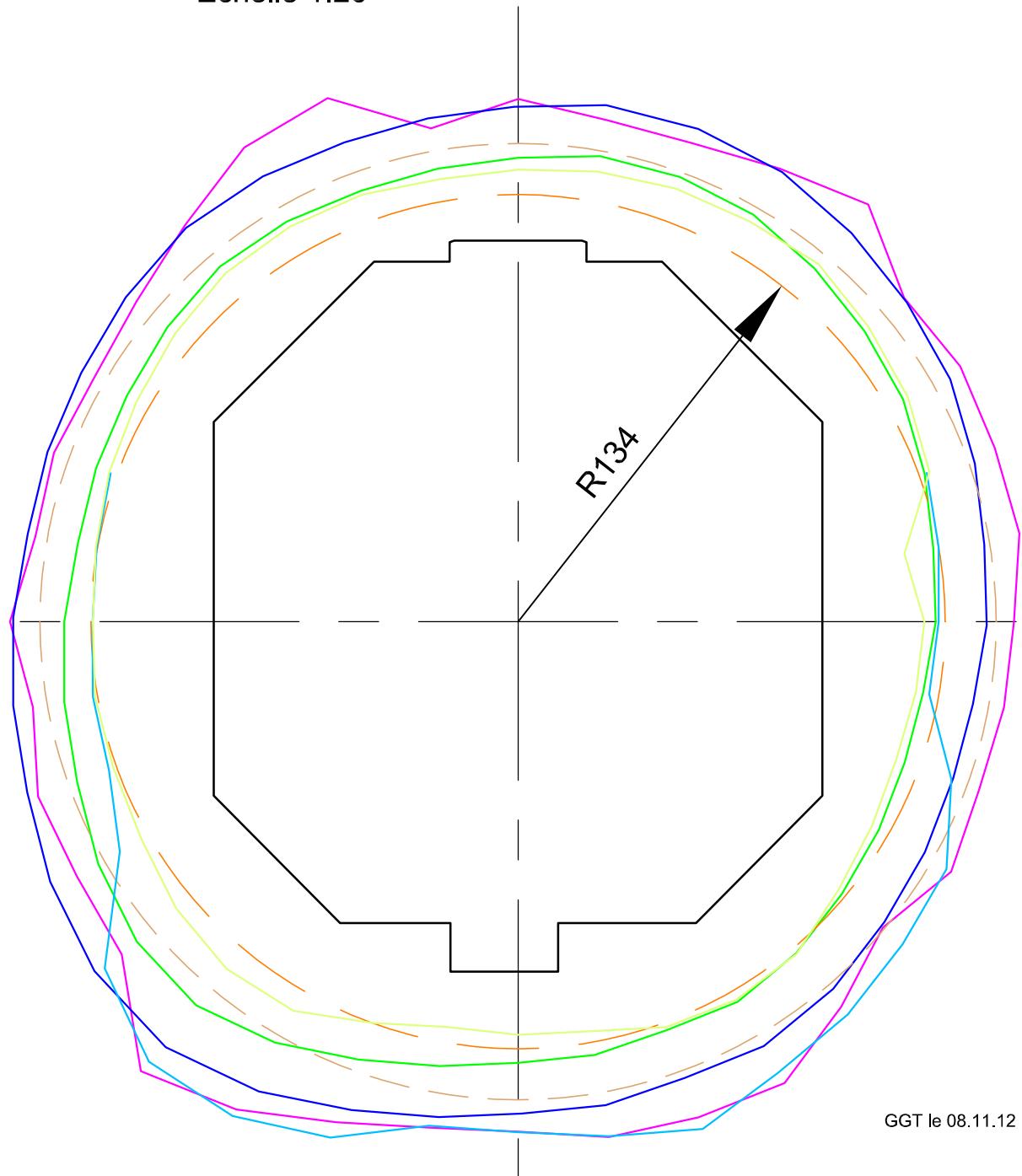
Echelle 1:20



GM 26.00

- Ligne d'excavation
- Position BP après exécution 2ème couche.
- Position de la ligne d'exécution fictive assurant l'épaisseur théorique attendue 5+11 cm
- Position théorique intrados du revêtement
- - - Position théorique ligne théorique d'excavation
- Ligne d'excavation de l'assainissement
- Position du BP finale après assainissement

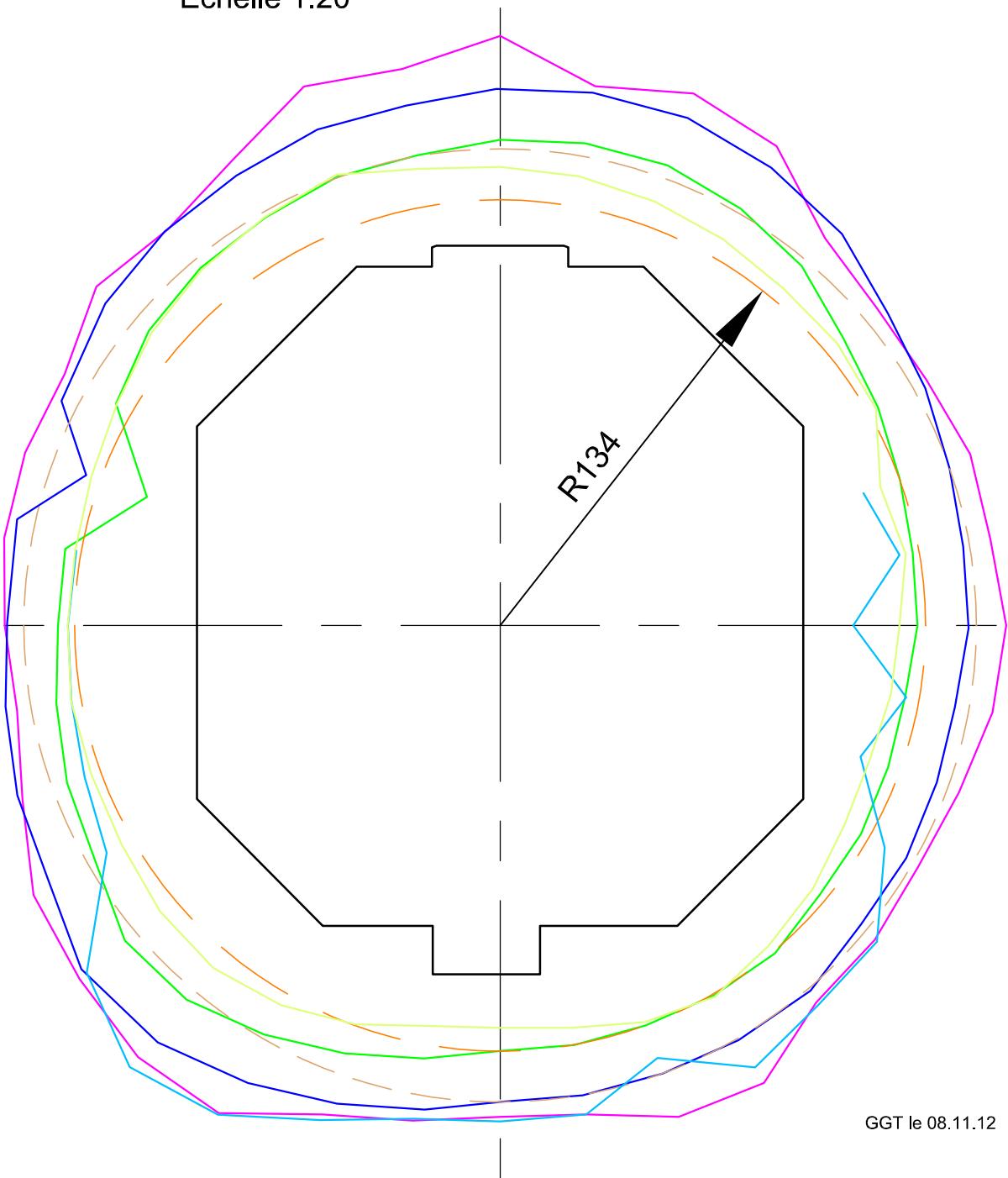
Echelle 1:20



GM 27.00

- Ligne d'excavation
- Position BP après exécution 2ème couche.
- Position de la ligne d'exécution fictive assurant l'épaisseur théorique attendue 5+11 cm
- Position théorique intrados du revêtement
- - - Position théorique ligne théorique d'excavation
- Ligne d'excavation de l'assainissement
- Position du BP finale après assainissement

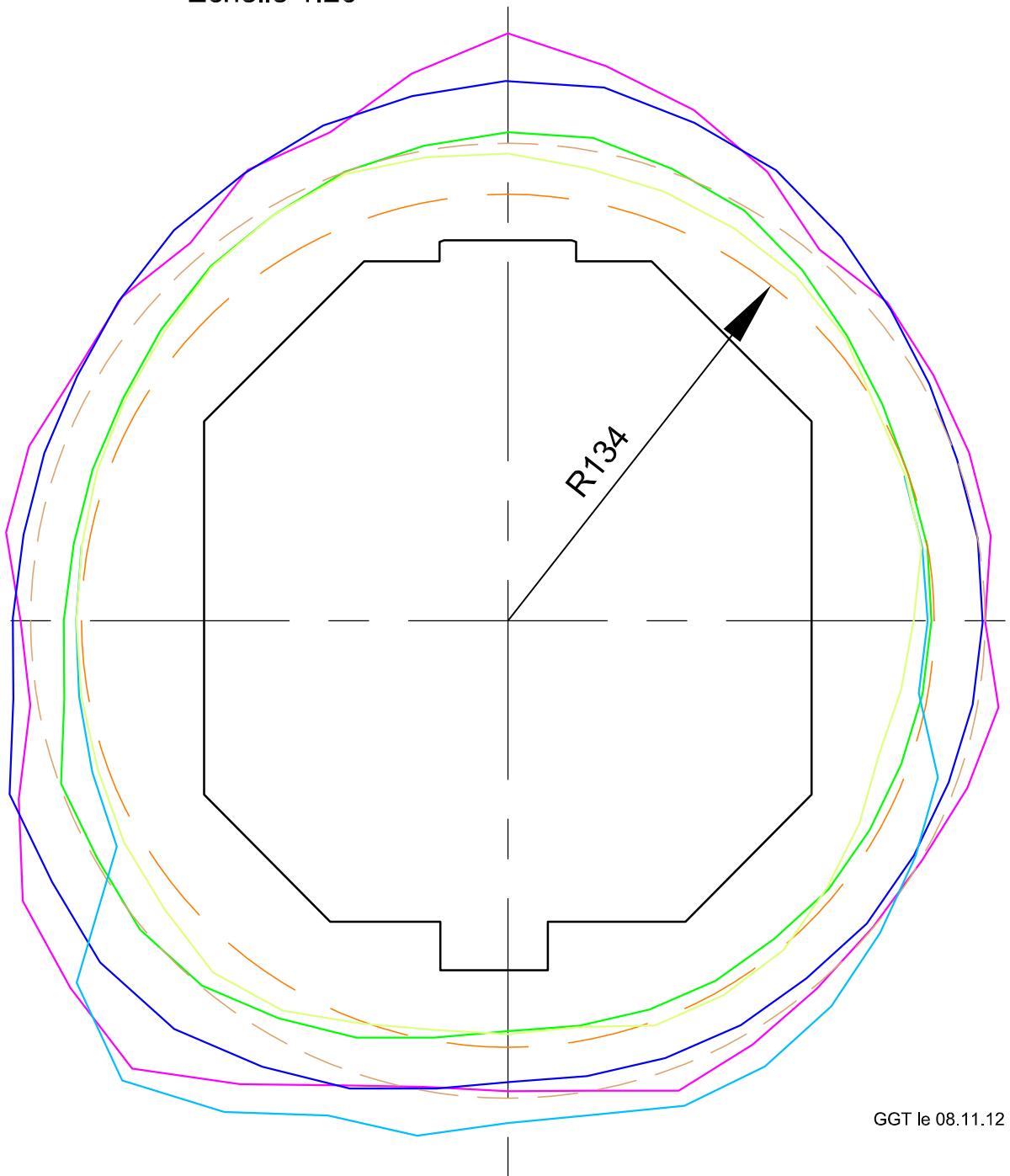
Echelle 1:20



GM 28.00

- Ligne d'excavation
- Position BP après exécution 2ème couche.
- Position de la ligne d'exécution fictive assurant l'épaisseur théorique attendue 5+11 cm
- Position théorique intrados du revêtement
- Position théorique ligne théorique d'excavation
- Ligne d'excavation de l'assainissement
- Position du BP finale après assainissement

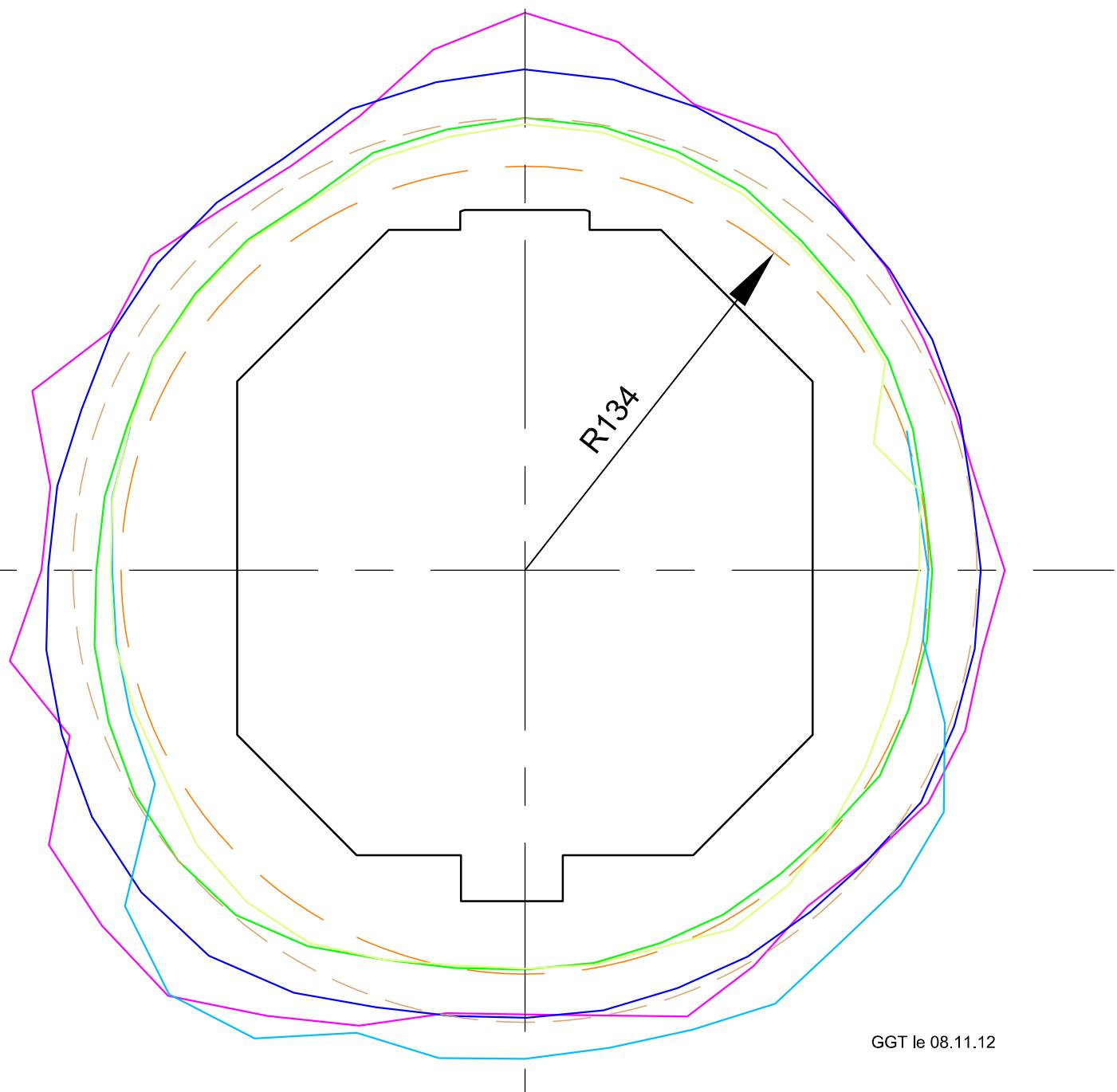
Echelle 1:20



GM 29.00

- Ligne d'excavation
- Position BP après exécution 2ème couche.
- Position de la ligne d'exécution fictive assurant l'épaisseur théorique attendue 5+11 cm
- Position théorique intrados du revêtement
- - - Position théorique ligne théorique d'excavation
- Ligne d'excavation de l'assainissement
- Position du BP finale après assainissement

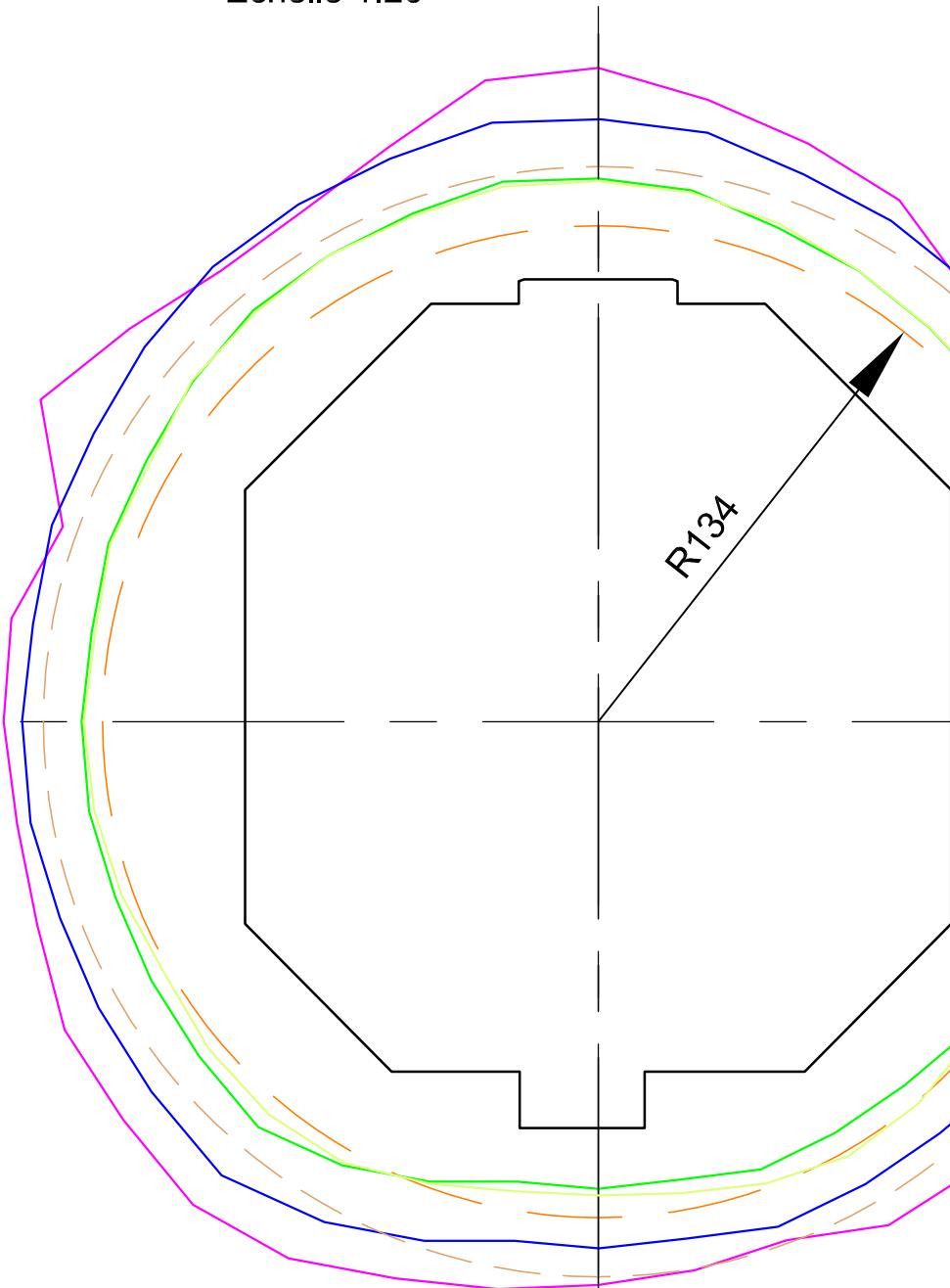
Echelle 1:20



GM 30.00

- Ligne d'excavation
- Position BP après exécution 2ème couche.
- Position de la ligne d'exécution fictive assurant l'épaisseur théorique attendue 5+11 cm
- Position théorique intrados du revêtement
- - - Position théorique ligne théorique d'excavation
- Ligne d'excavation de l'assainissement (pas de relevé)
- Position du BP finale après assainissement

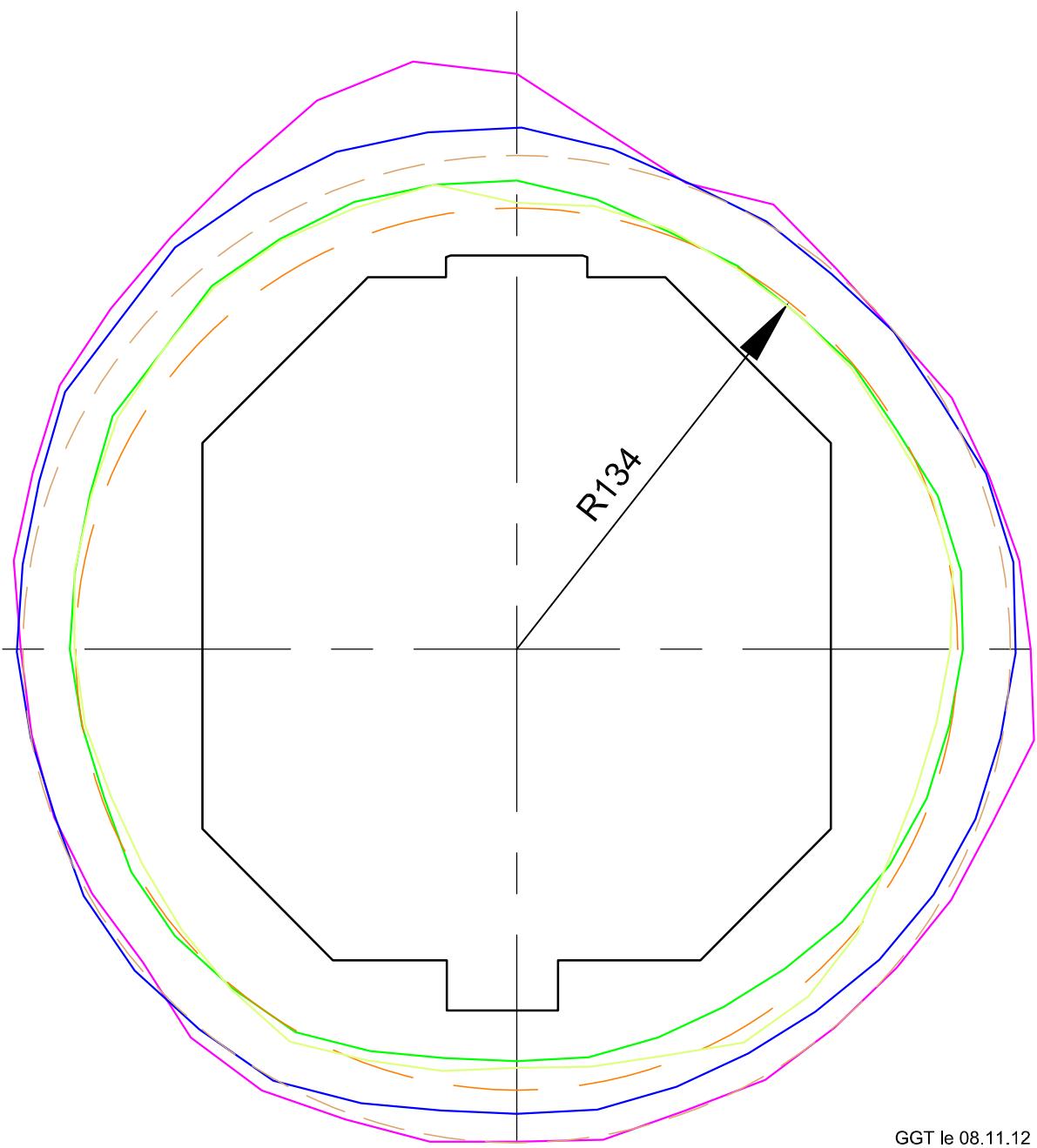
Echelle 1:20



GM 31.00

- Ligne d'excavation
- Position BP après exécution 2ème couche.
- Position de la ligne d'exécution fictive assurant l'épaisseur théorique attendue 5+11 cm
- Position théorique intrados du revêtement
- - - Position théorique ligne théorique d'excavation
- Ligne d'excavation de l'assainissement (pas de relevé)
- Position du BP finale après assainissement

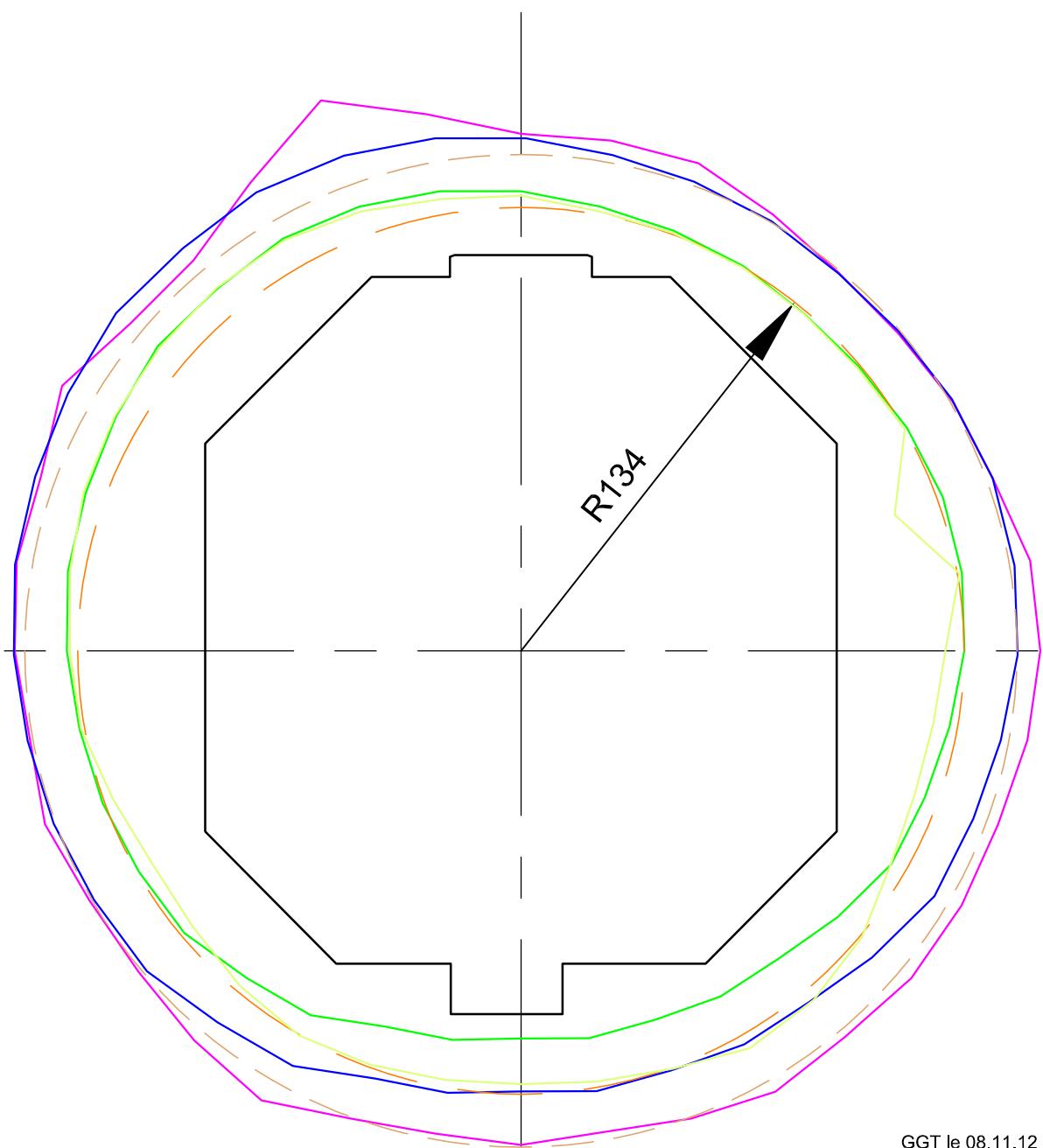
Echelle 1:20



GM 32.00

- Ligne d'excavation
- Position BP après exécution 2ème couche.
- Position de la ligne d'exécution fictive assurant l'épaisseur théorique attendue 5+11 cm
- Position théorique intrados du revêtement
- - - Position théorique ligne théorique d'excavation
- Ligne d'excavation de l'assainissement (pas de relevé)
- Position du BP finale après assainissement

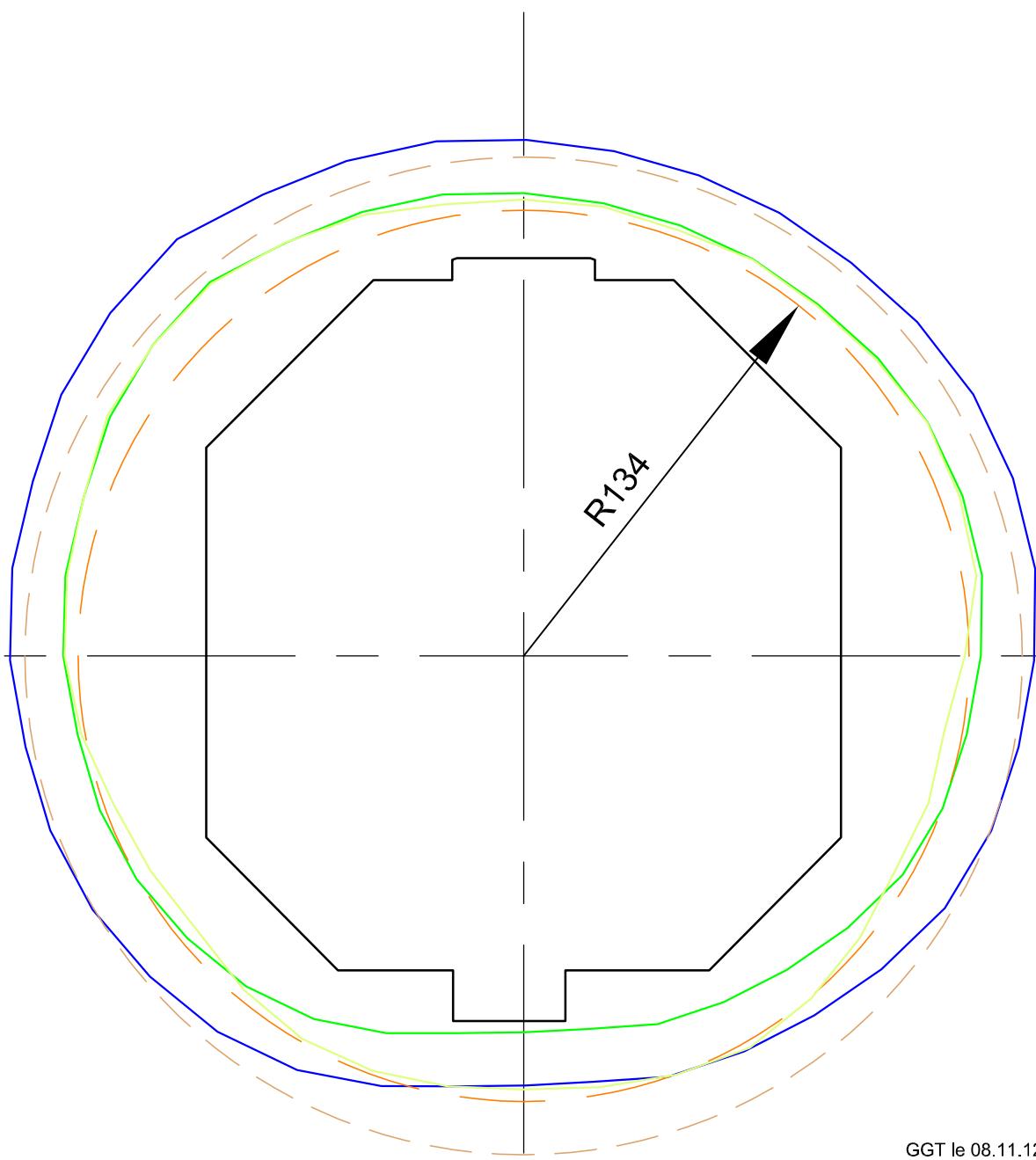
Echelle 1:20



GM 33.00

- Ligne d'excavation
- Position BP après exécution 2ème couche.
- Position de la ligne d'exécution fictive assurant l'épaisseur théorique attendue 5+11 cm
- Position théorique intrados du revêtement
- - - Position théorique ligne théorique d'excavation
- Ligne d'excavation de l'assainissement (pas de relevé)
- Position du BP finale après assainissement

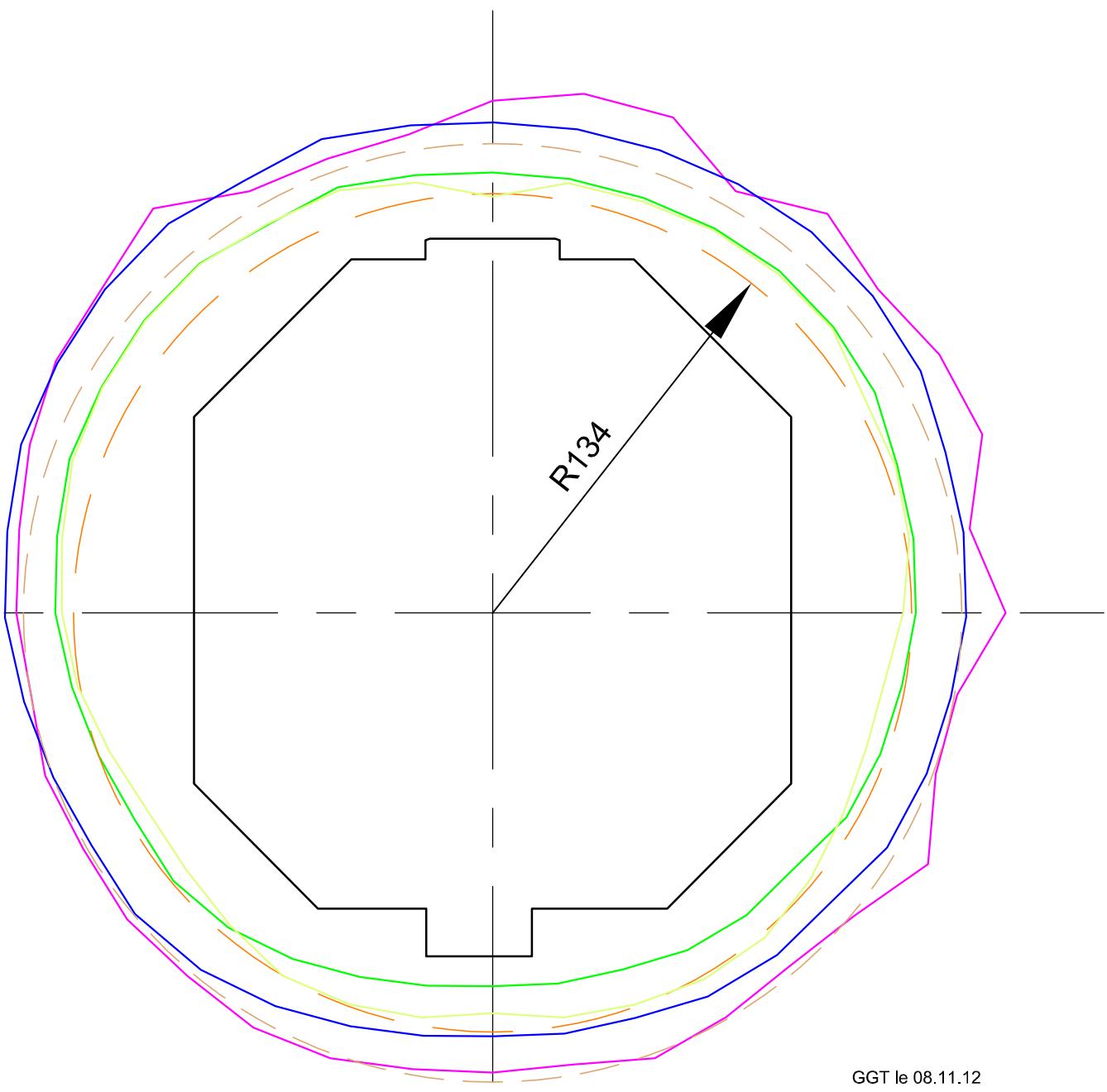
Echelle 1:20



GM 34.00

- Ligne d'excavation
- Position BP après exécution 2ème couche.
- Position de la ligne d'exécution fictive assurant l'épaisseur théorique attendue 5+11 cm
- Position théorique intrados du revêtement
- - - Position théorique ligne théorique d'excavation
- Ligne d'excavation de l'assainissement (pas de relevé)
- Position du BP finale après assainissement

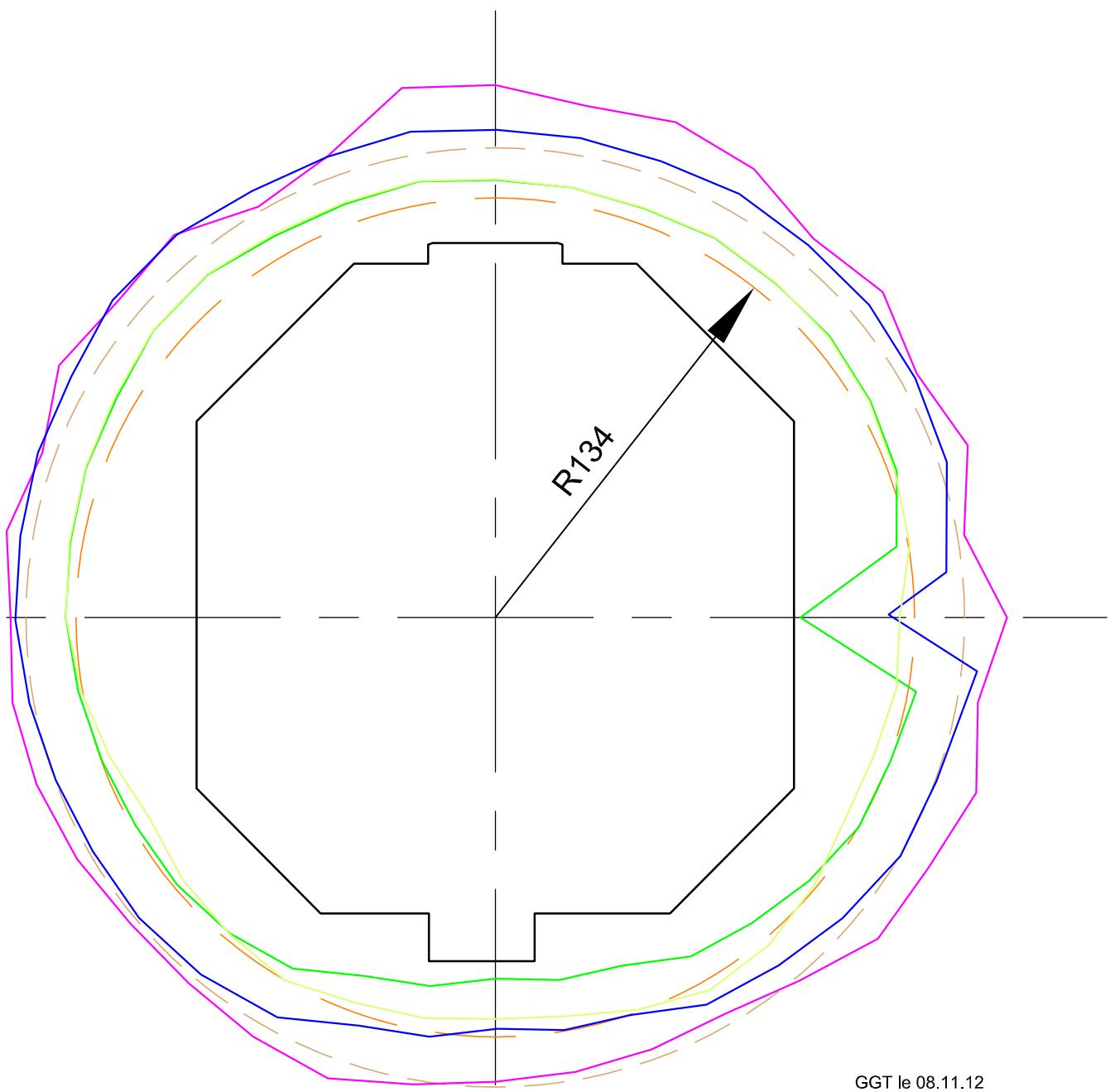
Echelle 1:20



GM 35.00

- Ligne d'excavation
- Position BP après exécution 2ème couche.
- Position de la ligne d'exécution fictive assurant l'épaisseur théorique attendue 5+11 cm
- Position théorique intrados du revêtement
- - - Position théorique ligne théorique d'excavation
- Ligne d'excavation de l'assainissement (pas de relevé)
- Position du BP finale après assainissement

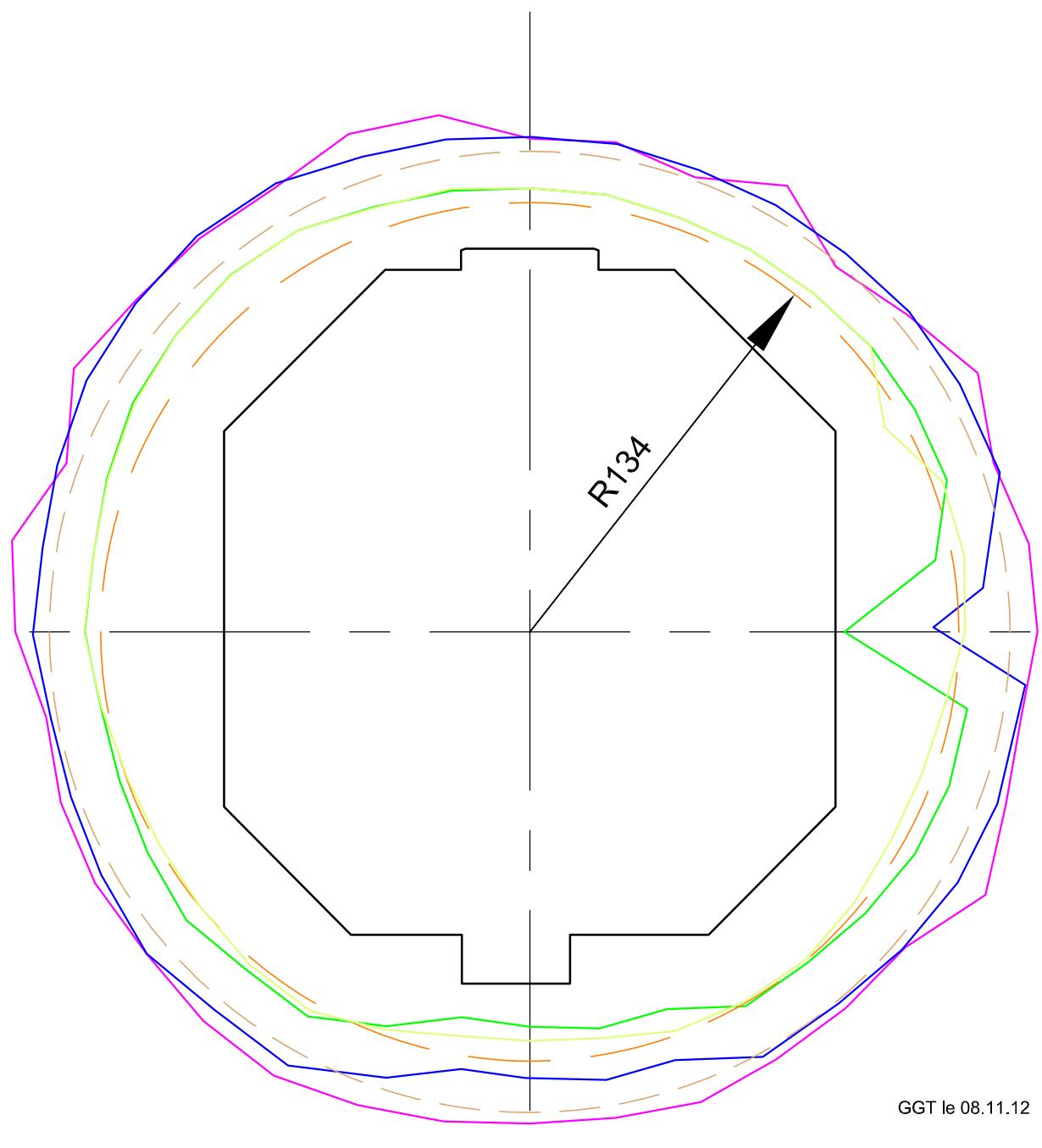
Echelle 1:20



GM 36.00

- Ligne d'excavation
- Position BP après exécution 2ème couche.
- Position de la ligne d'exécution fictive assurant l'épaisseur théorique attendue 5+11 cm
- Position théorique intrados du revêtement
- - - Position théorique ligne théorique d'excavation
- Ligne d'excavation de l'assainissement (pas de relevé)
- Position du BP finale après assainissement

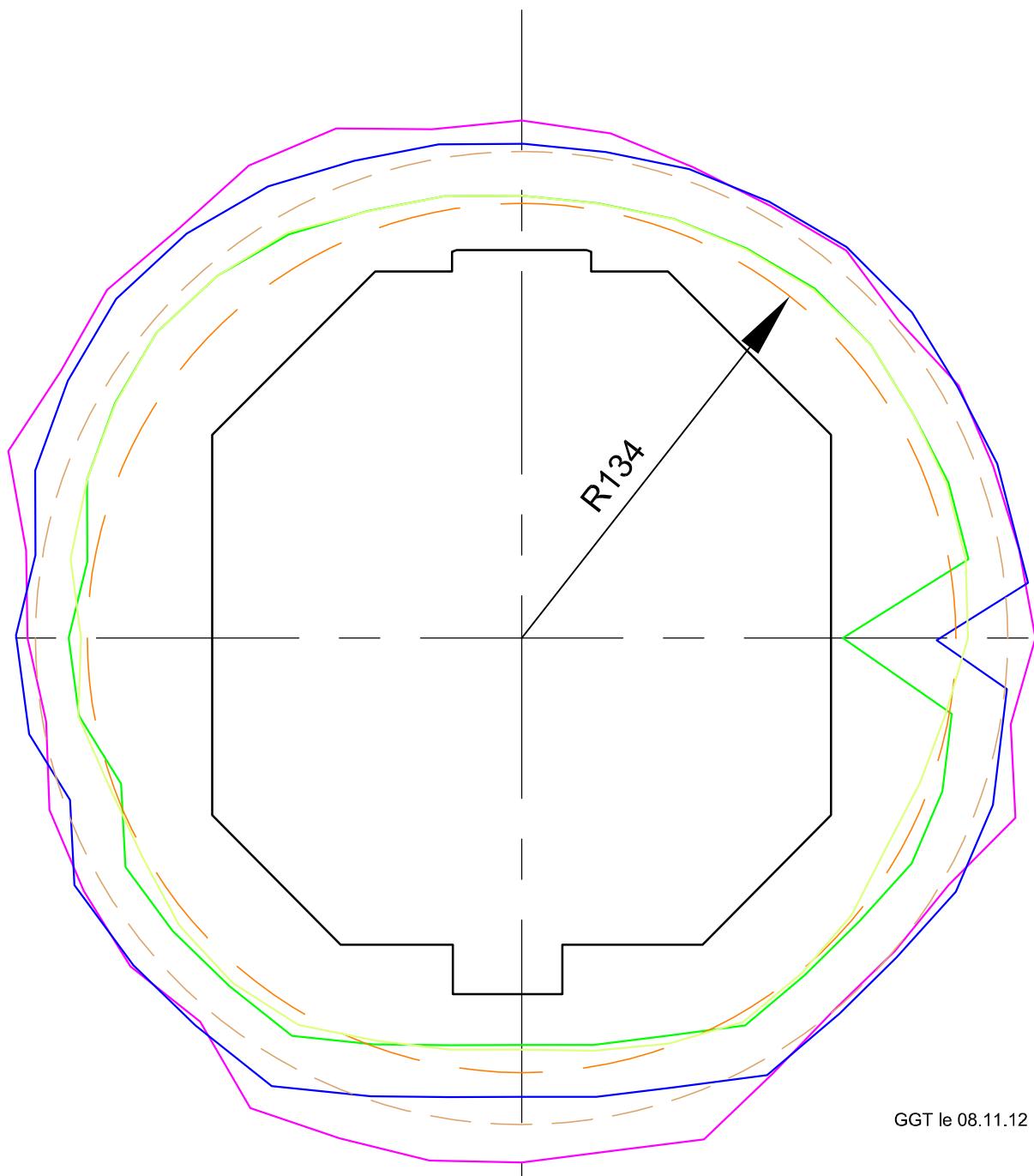
Echelle 1:20



GM 37.00

- Ligne d'excavation
- Position BP après exécution 2ème couche.
- Position de la ligne d'exécution fictive assurant l'épaisseur théorique attendue 5+11 cm
- Position théorique intrados du revêtement
- Position théorique ligne théorique d'excavation
- Ligne d'excavation de l'assainissement (pas de relevé)
- Position du BP finale après assainissement

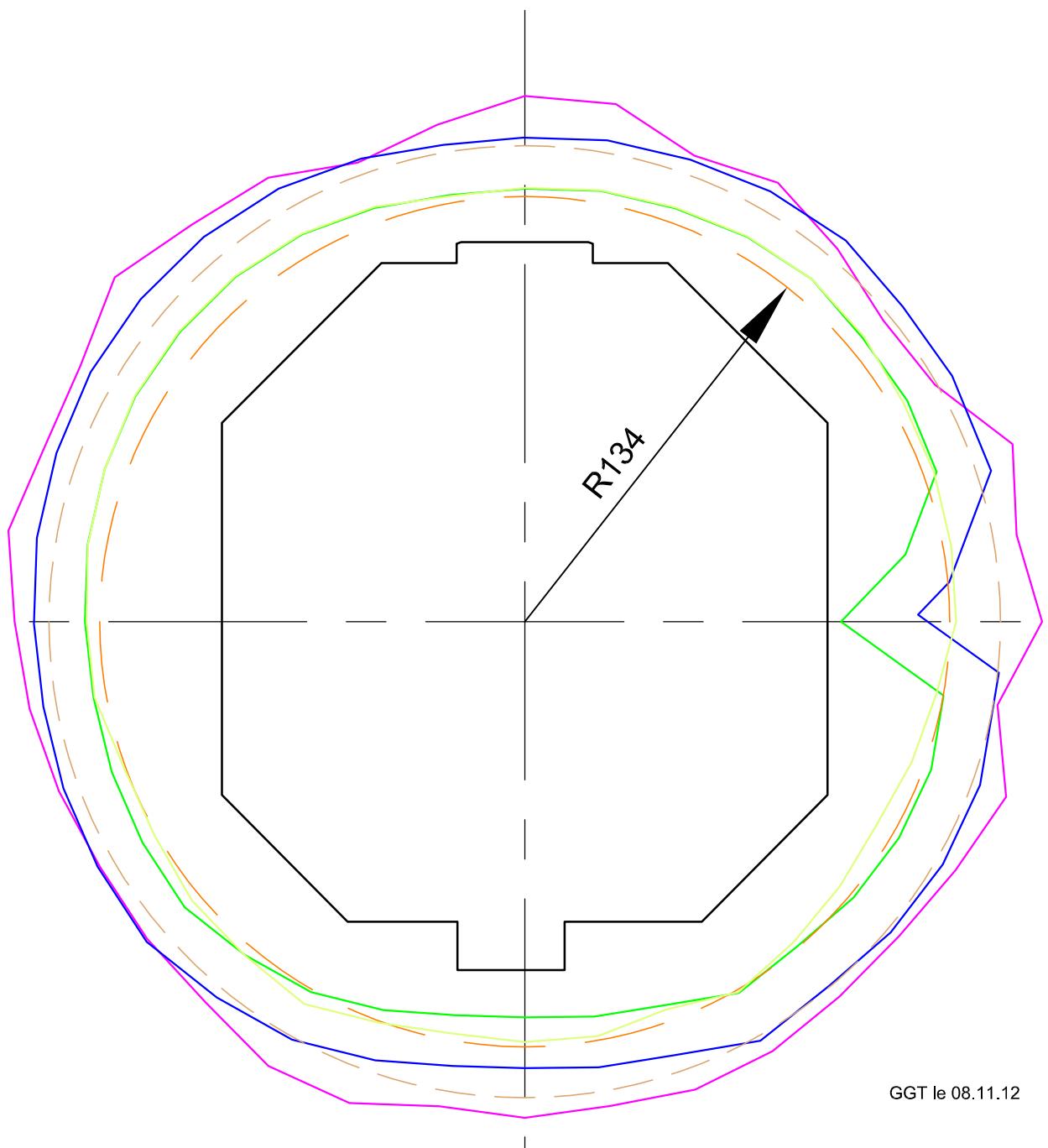
Echelle 1:20



GM 38.00

- Ligne d'excavation
- Position BP après exécution 2ème couche.
- Position de la ligne d'exécution fictive assurant l'épaisseur théorique attendue 5+11 cm
- Position théorique intrados du revêtement
- - - Position théorique ligne théorique d'excavation
- Ligne d'excavation de l'assainissement (pas de relevé)
- Position du BP finale après assainissement

Echelle 1:20



Appendix 7

General siteworks follow-up (GGT)

2011_01 MTP Galerie FE

Date	Partie d'ouvrage	Station, emplacement	Activité	Temps	°C	GM début	GM fin	avancement	Mesures de soutènement	Description des travaux	OK ou non OK	Décision	Photos	Rap. Sem.	DLT Qui
07.03.12	Générale	Fabrique de chaux	Séance	Beau	5					Séance de chantier voir PV n°001	ok	Voir PV N°001	non		RD/FB/TKL
16.03.12	Générale	Galerie FE	Visite chantier	Beau	10					Visite avec R+L et Thierry. Localisation des zones à protéger contre la poussière et les incendies	ok	Selon Plan	non		TKL
29.03.12	Générale	Galerie FE	Visite chantier	Beau	12					Visite avec Thierry, vérification des protections (Fermacell 15mm) et de l'installation de chantier. 3 ouvriers	ok	aucune	oui		TKL
03.04.12	Générale	Galerie FE	Visite chantier	Pluie	15					Visite avec Thierry, vérification des protections (Flammex) et de l'installation de chantier. Arrivée du débousseur et du ventilateur. 4 ouvriers	ok	aucune	oui		TKL
05.04.12	Générale	Fabrique de chaux	Séance	Pluie	7					Séance de chantier voir PV n°002	ok	Voir PV N°002	non		RD/FB/TKL
10.04.12	Générale	Galerie de secoure du Mont Terri	Poussières	Pluie	12					Courriel de T. Theurillat du 11.04.12. (Hier, le 10 avril 2012, MM. Baehler et Lachat (PC/UTIXb) ainsi que M. Küttel (GGT) et moi-même avons procédé à l'état des lieux de la galerie de sécurité. 5 échantillons de poussière ont été prélevés le long de la galerie de sécurité, 2 autres dans la galerie technique souterraine et le dernier sur la terrasse surplombant la centrale de ventilation. Selon instructions reçues de M. Baehler, aucun échantillon n'a été prélevé sur ni dans les coffrets d'électriques parce qu'ils ont été nettoyés récemment. Ces échantillons sont stockés dans nos locaux à la Fabrique de Chaux)	ok	aucune	oui		TKL
10.04.12	Ventilation	Galerie FE	Visite chantier	Pluie	12					Suite des installations, la ventilation et le débousseur sont en place. Construction de la protection autour du front d'attaque. 3 ouvriers	ok	aucune	oui		TKL
13.04.12	PAQ	Fabrique de chaux	Séance	Pluie	3					Séance avec C. Ammon, T. Theurillat, divers explication et demande concernant le PAQ, PPE, PHS	ok	aucune	non		TKL
17.04.12	Mesure géodésique	Galerie FE	Séance / Visite	Beau	7					Séance avec MM. Müller, Köhler, Theurillat, Ehholzer (Flotron), Jaeggi. Suite à une visite sur place, M. Ehholzer propose de remplacer les câbles par des prismes et de poser ces instruments de mesure contre la paroi Est de la GA08 en face de la MB. Les données récoltées seront automatiquement mises sur le Web (15mn après la mesure) et devront être téléchargé par GGT. Ces instruments devront être avancés dans la FE le cas échéant. Un deuxième système de mesure sera mis en place dans la FE-A afin de contrôler les deux inclinomètres au-dessus de la galerie FE et quelques points supplémentaires déterminés par la Nagra et GGT. Flotron désire participer à l'implantation de la deuxième série de prismes à l'intérieur de la galerie FE.	ok	Nagra indique les points qu'elle veut contrôler, les transmets à GGT qui complète et transmet à Flotron. Puis Flotron soumet un projet à Nagra/GGT	non		TKL
17.04.12	Générale	Galerie FE	Visite chantier	Beau	7					DLT/Nagra demande à RL de déplacer la fixation de la chaussette dans FE-A 2m contre le Nord afin de dégager l'angle de prise de vue de la Webcam. Contrôle générale des protections. 3 ouvriers	ok	Déplacer la chaussette de 2m au nord dans FE-A	oui		TKL
19.04.12	Générale	Galerie FE	Essais Gunite	pluie	6					Minova a procédé aux essais de gunite. Une surface de 1m² ép. 20 cm a été projeté contre la paroi Nord de la FE-A pour des prélevements ultérieur de carottes. Après quelques problèmes de mise en route l'essai a eu lieu à 10m. La gunite durci très rapidement et s'applique correctement. Par contre l'essai a été interrompu car le mélange de gunite ne parvient pas à sortir de la citerne un bouchon se forme au départ de la vis sans fin.	KO	Minova va mettre de la gunite en sac et la livrer lundi, RL organise une machine de projection afin de garantir le début de l'excavation pour mardi 24.04.12	oui		TKL
23.04.12	Générale	Galerie FE	Mesure géodésique	Nuageux	6					L'entreprise Flotron (Lucas) viens installé ces instruments de mesure de convergence. Comme convenu le 17.04.12 un première instrument sera posé sur un support (perpendiculaire à la paroi) à l'Est de la GA08 en face de la MB. Un 2ème instrument sera posé sur un support dans l'angle Est MB/FE_A (selon visibilité). Les emplacements défini par Flotron convenable à RL. RL fera une protection des supports si nécessaire. Les 3 points de mesure sur le font d'attaque demandés par la Nagra seront déplacé contre le bas par rapport au schéma transmis par SK (avec son accord téléphonique de ce jour).	ok	Il a été convenu que Thierry Theurillat mettra en place les deux instruments tous les soirs et que RL (P-AR) les dépose tous les matins avant de débuter les travaux.	non		TKL
24.04.12	Générale	Galerie FE	dégagement du front d'attaque	Pluie	7	-0.50	0.00	0.00		RL a enlevé la gunite du front d'attaque et à commencer à couper les profils de soutènement. P-AR nous informe qu'il devra excaver entre 1.5 à 2m (en calotte) avant de pouvoir posé le 1 ^{er} cintre 50 cm pour arriver au 0 théorique + 50cm position du 1 ^{er} cintre + 50 cm de dégagement pour la pose du cintre. 2 ex des plans 002, 003, 004, 005 sont remis à P-AR	ok		oui		TKL
25.04.12	Générale	Fabrique de chaux	Séance	Nuageux	6	0.00	1.20	1.20		Séance de chantier voir PV N°003 et visite de chantier. Le 1er cintre à été assemblé à plat. Env. 1,5m d'excavation est réalisé les premiers relevés du front sur lieu aujourd'hui	ok	Voir PV N°003	oui		RD/TKL
26.04.12	Générale	Galerie FE	Pose de cintre	Beau	14	1.20	1.20	0.00	Pose du 1er cintre au GM 0.5	Le 1er cintre est mis en place ce matin (pas de problème majeur). Cet après midi injection du Bullflex et béton projeté	ok		oui		TKL
27.04.12	Générale	Galerie FE	Béton projeté	Beau	14	1.20	1.20	0.00		Confection d'une rampe en béton, sur env 3m, pour accès à l'excavation . Mesure du 1er cintre déviation entre 9 et 12h de 5cm	ok		oui		TKL
02.05.12	Générale	Galerie FE	Excavation							Pas de visite DLT					
03.05.12	Générale	Galerie FE	Bullflex	Nuageux	8	2.50	3.50	1.00	Pose du 2 ^{ème} cintre au GM 1.5	Lors de la pose du 2 ^{ème} cintre la DLT a constaté des distances pouvant aller jusqu'à 25 cm, de l'arrière du cintre à l'excavation. Pour rappel le diamètre d'excavation est de 306 cm (+5 à -3 cm selon conditions particulières). RL nous fournit les profil d'excavation relevés. Le Bullflex a été rempli (0.5 bars) et non injecté (selon conditions particulières 3 à 5 bars). Cette façon de faire ne permet pas au Bullflex de remplir sa fonction. Lors du remplissage du Bullflex de l'eau provenant du mortier injecté migre à travers les parois du Bullflex. Cette eau doit impérativement être pompée	KO	Voir PV 004	oui		TKL
04.05.12	Générale	Fabrique de chaux	Séance	Beau	8	3.50	3.50	0.00	Pose du 3 ^{ème} cintre au GM 2.5	Séance de chantier voir PV n°004 et visite de chantier	ok	Voir PV N°004	oui		RD/TKL
07.05.12	Générale	Galerie FE	Excavation	Nuageux	13	3.50	4.50	1.00	Pose du 4 ^{ème} cintre au GM 3.5	Contrôle de l'excavation: nette amélioration	ok		oui		TKL
07.05.12	Générale	Galerie FE	Béton projeté	Nuageux	14					Injection du Bullflex net amélioration	ok		oui		TKL
08.05.12	Générale	Galerie FE	convergence	Beau	17	4.50	5.50	1.00	Pose du 5 ^{ème} cintre au GM 4.5	le profil a été ouvert jusqu'au GM 5.5. Flotron intervient pour la pose des 5 points au GM 5. Le profil est contrôlé par RL 3 à 7 cm d'écart. Pose du 5 ^{ème} cintre	ok		oui		TKL
09.05.12	Générale	Galerie FE	Excavation	Pluie	14	5.50	6.50	1.00		le profil a été ouvert jusqu'au GM 6.5. Flotron intervient pour la pose des 5 point au GM 5. Le profil est contrôlé par RL 3 à 7 cm d'écart. Pose du 6 ^{ème} cintre	ok		oui		TKL
09.05.12	Générale	Galerie FE	BP	Pluie	14				Pose du 6 ^{ème} cintre au GM 5.5	pose cintre + BP	ok		oui		TKL
10.05.12	Générale	Fabrique de chaux	Séance	Beau	22					Séance avec Tobias Vogt, information sur les instrument Solexperts et simulation pour la pose des extensiomètres (GM 14.6 et GM 15)	ok		non		TKL/TV Nagra
10.05.12	Générale	Galerie FE	Excavation	Beau	22	6.50	7.50	1.00	Pose du 7 ^{ème} cintre au GM 6.5	Visite de chantier avec Tobias Vogt Excavation GM 8.5	ok		non		TKL

2011_01 MTP Galerie FE

Date	Partie d'ouvrage	Station, emplacement	Activité	Temps	C	GM début	GM fin	avancement	Mesures de soutènement	Description des travaux	OK ou non OK	Décision	Photos	Rap. Sem.	DLT Qui
11.05.12	Générale	Galerie FE	Excavation	Beau	22	7.50	8.50	1.00	Pose du 8ème cintre au GM 7.5	Visite chantier fin excavation GM 9, à suivre pose du 8ème cintre et BP sur front pour le WE Avancement .20 cm	KO		oui		TKL
14.05.12	Générale	Galerie FE	Excavation	Nuageux	9	8.50	10.00	1.50	Pose du 9ème cintre au GM 8.5	Mise au point avec PAR sur la régularité des excavations et le positionnement des machine le soir (Mesure Flotron). Profilage et pose du dernier cintre du tronçon A	ok		non		TKL
14.05.12	Générale	Galerie FE	Installation	Nuageux	15					Visite à 18h pour constater que la fraise n'est toujours pas sur le chantier. Contacte téléphonique avec PB qui à reçu la garantie de CA que la fraise sera sur le chantier demain matin	ok		non		TKL
15.05.12	Générale	Galerie FE	Excavation	Pluie	7	10.00	11.30	1.30		Excavation au marteau, arrivée d'une équipe photo/vidéo pour la Nagra (3 personnes, 2 Nagra, 1 accompagnant). La fraise arrive à 9h30 et est engagée à 10h15 début du profilage. Le résultat visuel est meilleur que sur les étapes précédentes, le dégagement de poussière reste raisonnable, mais le profilage est plus long (équipe vidéo et nouvelle machine à gérer) à voir pour la suite.	ok	Au vue du décalage en Z du point 603 (convergence) Sven m'informe qu'il désire avoir une mesure manuelle de Flotron. Je lui propose de poser une nouvelle série de points au GM 10.50-11.00 si Flotron se déplace. Proposition acceptée Flotron vient en fin de journée.	oui		TKL
15.05.12	Générale	Galerie FE	convergence	Nuageux	12					Discussion instructive avec Lukas (Flotron) sur les mesures de convergences du WE. Selon lui des véhicules de RL ont empêché la lecture de deux points de références (ce qui n'est pas visible sur le logiciel mis à notre disposition). Il en profite pour remplacer le théodolite de la GA 08. Lors des mesures manuelle un véhicule RL perturbe les lectures (je le déplace) et tous les points ont été mesuré correctement.	ok		non		TKL
16.05.12	Générale	Galerie FE	Profilage	Pluie	8	11.30	12.80	1.50		Mapping et début du profilage, le massif est relativement fracturé sur le dernier mètre d'excavation. Une machine RL (marteau) est en panne piston cassé, selon PAR la réparation est commandée et devrait être effectuée pour lundi matin. Mise au point avec PAR au sujet des véhicules qui perturbe les mesures de convergences. Je l'informe que la personne qui installe les instruments le soir contrôlera que la place dans la GA 08 soit dégagée. Si elle ne l'est pas il sera contacté pour revenir la déplacée.	ok		non		TKL
21.05.12	Générale	Tronçon B	Profilage	Nuageux	10	12.80	14.50	1.70		Comme convenu Excavation au GM 14.50 hors profil de 12h à 15h	ok		non		TKL
22.05.12	Générale	Tronçon B + C	Excavation	Nuageux	12	14.50	16.00	1.50		l'excavation est au GM 16 le Mapping est fait . Implantations des extensomètres par Landolt (RL), pose des stress cells par Solexperts ok à 17h le planning de l'annexe 2 est respecté	ok		oui		TKL
22.05.12	Générale	Tronçon B + C	BP	Pluie	12					Mesure de convergences manuelle selon Flotron (Peter) pas possible de faire des automatiques (j'ai de gros doutes) BP ok toujours dans le programme annexe 2	ok	Je demande à Flotron de faire une mesure de convergences 3x dans la nuit. Déplacement de l'extensomètre nord de 5 cm GM 14.55 du à la pose d'un câble Sol expert trop près des forages OK de TKL et TV	oui		TKL
23.05.12	Générale	Tronçon B + C	Forages	Pluie	15	16.00	16.00	0.00		Casse de compresseur et casse de la foreuse. Pièces récupérée à Aarau mais toujours dans le planning.	ok		oui		TKL
23.05.12	Générale	Tronçon B + C	Forages	Nuageux	15					Manque de compression pour forage (réparé) toujours les mêmes hommes qui travaille (limite de la part de RL) toujours dans le programme.			oui		TKL
24.05.12	Générale	Tronçon B	L2	Beau	20	16.00	16.00	0.00	L2 du GM 9.00 au GM 15.00 rempissage des ouvertures longitudinales	Au vue des mauvaises convergences pose de L2 dans tronçon B. Mise en place de nouvelles mesures de convergences automatique.	ok	Remplissage des ouverture longitudinale selon conseil de FB du 24.05.12	oui		TKL
24.05.12	Générale	Fabrique de chaux	Séance	Beau	20					Séance de chantier voir PV n°005	ok	Voir PV N°005	non		RD/TKL
25.05.12	Générale	Tronçon C	Excavation	Beau	23	16.00	17.50	1.50		Visite chantier au vue des mauvaise convergences pas de fissure du BP L2 finallement pas de pose d'ancreages	ok	Pas de pose d'ancreages RD	oui		TKL
29.05.12	Générale	Tronçon C	BP	Beau	25	17.50	19.00	1.50		Visite chantier pose du BP pas vu poire si fissure, selon P-A.R. pas de fissure. Les convergences des points 625 dépassent les 30mm.	KO	Discussion le soir avec RD. Est convenu de poser des ancreages au GM 12.30, 13.08, 15.30, 16.80, 18.30. sur les positions 2 et 3	non		TKL
30.05.12	Générale	Tronçon C	Excavation	Beau	25	19.00	20.50	1.50	Pose de 5 ancreages de 2.5m sur les positions 2 et 3 GM 12.30, GM 13.80 et GM 15.30 (uniquement pos 3)	Visite chantier, une nouvelle fraise est sur place. Je communique les ancreages à poser. Remise de 2 cahier de coordonnées (30.05.12). Les ancreages seront posés à 16h . Nouvelle visite	ok	P-A. R. me demande d'envoyer par courriel un cahier de coordonnées à Adrian Arnoffi (Geotem)	oui		TKL
30.05.12	Générale	Tronçon C	Ancreages	Beau	25					Pose de 5 ancreages 2 et 3 au GM 12.3, 13.80. Au GM 15.30 l'ancre 3 est posé, l'ancre 2 sur ordre de la DLT n'est pas posé, trop proche de la Stress cells. (les info de T. Vogt me sont parvenu trop tard.	KO	Contrôle des coordonnées transmise par T. Vogt le 30.05.12 à 17h14 (au labo) sur le plan 3D contrôle effectué le 31.05.12.	oui		TKL
31.05.12	Générale	Tronçon C	Séance de travail	Nuageux	23	20.50	22.00	1.50	L2 du GM 15.00 au GM 19.00 Pose de 5 ancreages de 2.5m sur les positions 2 et 3 GM 15.30 (uniquement pos 2), GM 18.80 et GM18.30	Suite à la déviation du point de convergence 625 une séance est organisée sur place (voir PV travail 001). Pose d'une nouvelle section de convergence au GM 21.80. et observation du massif.	KO	Séance de travail 31.05.12. Voir PV travail N°001	non		RD/TKL
01.06.12	Générale	Tronçon C	Excavation	Nuageux	21	22.00	23.50	1.50		Inspection du BP, pas de fissures apparentes après l'avancement GM 24.00. la galerie est stable.	ok		oui		TKL
04.06.12	Générale	Tronçon C	Excavation	Pluie	15	23.50	25.00	1.50		Visite chantier inspection fissures (pas de fissures) récupération des profils L2 fais par RL.	ok		non		TKL
05.06.12	Générale	Tronçon C	BP	Nuageux	15	25.00	26.70	1.70	L2 du GM 19.00 au GM 25.00	Visite chantier demande à RL de faire L1 sur excavation du jour GM 25.5 à GM 26.5 et L2 du GM 19 au GM 25, BP sur front organisation d'une 3ème couche (10cm) de BP du GM 9.00 au GM 18.00 . Les ancreages sont arrivé sur le chantier mais la pompe est faite pour de l'injection de mortier. une nouvelle pompe pour des injections chimique doit arriver lundi.	ok		non		TKL
06.06.12	Générale	Tronçon C	Séance de travail	Nuageux	13	26.70	26.70	0.00	Pose d'une 3ème couche de BP avec treillis sur tous le pourtour du GM 9.00 au GM 18.00	Suite à la déviation du point de convergence 625 et 635 une séance est organisée sur place (voir PV travail 002). Un essais de forage a été réalisé au GM 3 à 16h sur une profondeur de 0.5cm	ok	Séance de travail 06.06.12. Voir PV travail N°002	oui		TKL
11.06.12	Générale	Tronçon C	convergence	Pluie	11	26.70	28.20	1.50		Visite chantier contrôle des fissures: à 12h GM 25 (selon David) léger décrochement dans le BP à suivre. Flotron viens pour la nouvelle section de convergence au GM 27.60 (nouvelle équipe ne sais pas où son les points, passe 1h au téléphone avec Lukas)	ok		oui		TKL
12.06.12	Générale	Tronçon C	BP	Pluie	12	28.20	29.70	1.50		Visite chantier la fissure du GM 25 se dessine.	ok		oui		TKL

2011_01 MTP Galerie FE

Date	Partie d'ouvrage	Station, emplacement	Activité	Temps	°C	GM début	GM fin	avancement	Mesures de soutènement	Description des travaux	OK ou non OK	Décision	Photos	Rap. Sem.	DLT Qui
13.06.12	Générale	Tronçon C	Excavation	Nuageux	12	29.70	31.20	1.50	Fissure en calotte dans L1 du GM 24.80 au GM 26.30	Travail à la fraise, remise d'un cahier de coordonnée. Fissure au GM 25 à faire craquer le BP sur environ 1.5m par 0.3 m, et une vague de 1cm est visible dans le treillis, nettoyage de la zone et BP. Voir relevé DLT et photos	ok	Purger et BP sur fissure. Relevé à disposition.	oui		TKL
14.06.12	Générale	Tronçon C	Forages	Beau	18	31.20	31.20	0.00	Pose de 10 ancrages de 7.5m sur les positions 2 et 3 GM 19.80, GM 21.30, GM22.80, GM 24.30, et GM 25.80	Panne de la foreuse d'ancrage (10h30), un électricien sur place, 3 ancrages de 7.5m exécutés	ok	Pose de 2x5 ancrages de 7.5m sur les pos 2 et 3	oui		TKL
15.06.12	Générale	Galerie FE	Séance	Beau	15				Séance de chantier voir PV n°006		ok	Voir PV 006	non		RD/TKL
15.06.12	Générale	Galerie FE	Séance / Visite	Beau	23	31.20	32.90	1.70	L2 du GM 24.50 au GM 29.00	Séance du projet	ok	Voir courriel Erwig 18.06.12 à 16h53	non		RD/TKL
18.06.12	Générale	Tronçon D	Excavation	Beau	23	32.90	35.00	2.10	Fissure en calotte dans L1 du GM 31.50 au GM 33.80	Travail à la fraise. Fissure du GM 31.5 au GM 33.80 sur L1 (voir relevé et photos nettoyage de la zone et BP). Définir avec Flotron la pose d'une nouvelle section de convergences à 7 points à la place des 5 normaux (GM 34.30)	ok	Purger et BP sur fissure. Relevé à disposition.	oui		TKL
19.06.12	Générale	Tronçon D	Excavation	Nuageux	18	35.00	36.80	1.80	Pose de 4 ancrages de 7.5m sur les positions 2 et 3 GM 27.30 et GM 28.80	Inventaire du matériel avec P-A.R. définir la pose de 4 ancrage selon cahier coordonnées (GM27.30 et GM 28.80) visite de la zone de stock. Injection des ancrages de 7.5m, par pièce 3x28 Kg de composant A et 3x21 Kg de composant B	ok	Pose de 2x2 ancrages de 7.5m sur les pos 2 et 3.	oui		TKL
20.06.12	Générale	Tronçon D	Excavation	Nuageux	18	36.80	38.30	1.50	L2 du GM 29.00 au GM 32.00 5 caisses BP pour la Nagra	Visite chantier Pas de fissures avancement GM 38.00 pose de BP L2 du GM 29.00 au GM 32.00 (GGT RD)	ok		non		TKL
21.06.12	Générale	Tronçon E	Excavation	Beau	23	38.30	39.30	1.00	Pose du cintre au GM 38.90 L2 du GM 32.00 au GM 35.00	Visite chantier Pas de fissures avancement GM 39.00 avec pose du 1er cintre en tronçon E, treillis K 196 demi périmètre 2 couches décalées de 5 cm pose de BP L2 du GM 32.00 au GM 35.00 (GGT RD)	ok		oui		TKL
22.06.12	Générale	Tronçon E	Cintre	Beau	22	39.30	40.30	1.00	Pose du cintre au GM 39.90	Pose du 2ème cintre du tronçon E avec Bullflex au GM 39.40 treillis K 196 en 2 couches. Prise de photos à la demande de la Nagra (Sven). Le travail du Bullflex se termine à 17h00, le front vas être couvert de BP pour le WE.	ok	La 2ème couche de treillis ne doit pas obligatoirement avoir un recouvrement (pour éviter 8 couches de treillis). BP sur front	oui		TKL
25.06.12	Générale	Tronçon E	Cintre	Nuageux	16	40.30	41.40	1.10	Pose du cintre au GM 40.90	Visite chantier 3ème cintre posé, injection du Bullflex 21 sacs de 25 KG . Nouvelle machine sur le chantier (petite rétro).	ok		oui		TKL
26.06.12	Générale	Tronçon E	Cintre	Nuageux	18	41.40	42.50	1.10	Pose du cintre au GM 41.90	Visite chantier 4ème cintre posé	ok		non		TKL
27.06.12	Générale	Tronçon E	Excavation	Beau	26	42.50	43.50	1.00	Pose du cintre au GM 42.90 Pose de 6 ancrages de 7.5m sur les positions 2 et 3 GM 30.30, GM 31.80, GM 33.30	Visite chantier Fissure de 11h à 13h voire fiche de relevé. Détermination des ancrages à poser	ok	Pose de 3x2 ancrages GM 30.30, GM 31.80, GM 33.30	oui		TKL
28.06.12	Générale	Galerie FE	Séance	Beau	17					Séance de chantier voir PV n°007 + visite avec YB/SK/RD la fissure du 27.06.12 est purgée voir photo	ok	Voir PV 007	oui		RD/TKL
28.06.12	Générale	Tronçon E	Extensomètres	Beau	28	43.50	44.50	1.00	Pose du cintre au GM 43.90 L2 du GM 35.00 au GM 38.40	A la demande de PB coordination de la fin des travaux de pose de cintre et de la pose des section de convergences 66x et 67x puis BP par RL	ok		oui		TKL
29.06.12	Générale	Tronçon E	Extensomètres	Beau	22	44.50	44.50	0.00		A 09h00 les extensomètres à 11h (BFE- C5) et 14h (BFE-C3) sont foré. Prévision pour la fin du forage (BFE-C4) selon Bétoncoupe 16h	ok	Information à T. Vogt. Il va demander à Solexperts de venir pour 15h avec la possibilité de faire des travaux préparatoires.	oui		TKL
29.06.12	Générale	Tronçon E	Extensomètres	Beau	28					Arrivé à 14h30 avec TT, <béton coupé aspiré la niche MB. La cuve qui reçoit l'eau de refroidissement de la fissure à déborder (manque de surveillance). L'eau c'est répandu dans la galerie FE env. 2m, sur les 3/4 de la niche FE-A, dans toute la niche MB, elle est passée sous le barrage perpendiculaire à la galerie 08 pour migrer sur le bord gauche en direction du sud. À notre arrivée, étaient sur place, Bétoncoupe (2 personnes), HM et TV (Nagra). Nous avons une placé une petite pompe au départ de la galerie FE et mis des produits absorbant dans toutes les zones sensibles. À 14h30, le 3ème forage est interrompu à 5.5m (perte de la couronne de forage, 3h d'arrêt) à 19h30 Bétoncoupe sort de la galerie, les 3 forages sont exécutés. J'installe le théodolite et remet toute les câbles. Contact téléphonique avec LE (Flotron) mesure de toutes les cibles. 20h15 Solexperts peut disposer de la galerie pour la pose des extensomètres et des Crack mètre.	KO	Evacuation immédiate de l'eau	oui		TKL
30.06.12	Générale	Tronçon E	Extensomètres	Beau	20					Téléphone de TV (Nagra) à 3h. Il m'informe que selon Solexperts, un Bullflex c'est déplacé sur l'avant dernier cintre et qu'il estime que la galerie n'est pas sûre. Solexperts a décidé de partir sans attendre mon intervention.	KO	Solexperts décide de partir	non		TKL
30.06.12	Générale	Tronçon E	Contrôle Galerie	Beau	30	44.50	44.50	0.00		Dès 8h suite au départ de Solexperts on contrôle visuelle de la galerie est effectuée, aucune fissures dans le BP n'est apparue. Des petites fissures (certainement due au contact de l'aïre et aux convergences) sont apparues entre les cintres du tronçon E, ces fissures étaient attendues. Aucun différence dans les écclises n'a été mesurée. RD vient sur place et ne constate aucune déformation. Le Bullflex signalé par Solexperts est particulièrement mal posé, mais ne présente pas de fissure et les gousions pour le montage du cintre sont toujours en place sans déformation du trou d'encrage.	OK	13h téléphone à TV pour lui signalé que la galerie FE est sûre et que Solexperts peut continuer son travail. RD envoie un courriel à tous pour information et prise de position.	oui		RD/TKL
02.07.12	Générale	Tronçon E	Extensomètres	Pluie	12	44.50	44.50	0.00	Pose de 6 ancrages de 7.5m sur les positions 2 et 3 GM 34.80, GM 36.30, GM 37.80	A la demande de Solexperts je suis présent pour toute la durée de leur intervention. Arrivé à 7h15 contrôle de la galerie (fissures, écclise). Arrivée de Solexperts à 8h. RL effectue des travaux suite à l'inondation (3 personnes de 6 à 11h). RL revient pour la pose des ancrages à 13h45 (attente). Solexperts libère la galerie à 14h15 et termine les raccordements. A la demande de TT nous attendons le serrurier pour la pose des plaques de protections crack mètre et extensomètre BFE-C4. A 16h 15 RL peut débuter les forages.	KO	Assainissement du BP entre GM 26.6 et GM 26.30	oui		TKL
03.07.12	Générale	Tronçon F	Bullflex	Pluie	14	44.50	45.50	1.00	Pose du cintre au GM 44.90	Mise en place d'un cintre avec Bullflex pas de fissure	OK		non		TKL
04.07.12	Générale	Tronçon F	Excavation	Beau	22	45.50	46.50	1.00	Pose du cintre au GM 45.90	Panne d'Brook 3 h marinage à 12.30h	OK		non		TKL

2011_01 MTP Galerie FE

Date	Partie d'ouvrage	Station, emplacement	Activité	Temps	°C	GM début	GM fin	avancement	Mesures de soutènement	Description des travaux	OK ou non OK	Décision	Photos	Rap. Sem.	DLT Qui
05.07.12	Générale	Tronçon F	Bullflex	Beau	25	46.50	47.50	1.00	Assainissement pied droit Nord du GM 20.6 au GM 27.10 pose du cintre au GM 46.90	Pose du 18ème cintre avec Bullflex mesure des éclisses: sur le 11ème cintre l'ouverture à gauche passe de 5.7 cm à 4.8 cm. Assainissement de la zone entre GM 20.6 et GM 27.10 sur 1m de haut (10e de BP)	OK		oui		TKL
06.07.12	Générale	Tronçon F	Excavation	Nuageux	21	47.50	48.50	1.00	Pose du cintre au GM 47.90	Transmission des information pour la suite à RL: 1) finir l'excavation avec cintres, 2) enlever la piste dans tronçon E et F, 3) poser des 4 cintres supplémentaires, 4) enlever la piste du GM 18.0 au GM 38.40, pose d'une 3ème couche de BP du GM 18.0 au GM 38.4. Pose d'ancre à 3h et 6h du GM 9.0 au GM38.60. L'éclisse gauche du 11ème cintre est stable	OK		oui		TKL
09.07.12	Générale	Tronçon F	Bullflex	Beau	24	48.50	49.50	1.00	Pose du cintre au GM 48.90	Mise en place du 20ème cintre, mesure de l'espace de glissement des cintres 11 à 20. Mise en place des 2 dernières section de convergences GM 48.40 sur cintre et GM 49.90 sur massif avec Flotron.	OK		non		TKL
10.07.12	Générale	Tronçon F	Bullflex	pluie	15	49.50	50.00	0.50	Pose du dernier cintre au GM 49.40 BP sur front et retour contre le cintre GM 49.40	Fin de l'excavation GM 50.00, pose du dernier cintre, du dernier Bullflex, treillis sur front et BP entre le dernier cintre et le Bullflex.	OK		oui		TKL
11.07.12	Générale	Tronçon C	Piste	nuageux	17					A la demande de la DLT la piste a été enlevé du GM 20.00 au GM 30.00. Sur place avec RD, nous constatons que la partie radier de la galerie c'est soulevée et que le BP est cassé.	KO	Un assainissement du radier est impératif. A voir en séance demain	oui		TKL/RD
12.07.12	Générale	Galerie FE	Séance	nuageux	15				Pose des cintres supplémentaires au GM 41.90, GM 40.90 et GM 39.90	Séance de chantier voir PV n008 + visite avec YB/SK/RD/CA/PB/JG/P-AR information sur l'état du radier avant la séance.	OK	Voir PV 008	non		RD/TKL
13.07.12	Générale	Tronçon F	Eclisses	Nuageux	17				Pose d'un cintre supplémentaire au GM 38.90	RL à injecté le dernier Bullflex ce matin et est parti en vacance à 10h après le rangement du chantier, toutes les éclisses sont accessibles pour les mesures.	OK		non		TKL
16.07.12	Générale	Tronçon F	Eclisses	Beau	20					Mesure des éclisses	OK		non		TKL
18.07.12	Générale	Tronçon F	Eclisses	Beau	22					Mesure des éclisses	OK		non		TKL
20.07.12	Générale	Tronçon F	Eclisses	Beau	23					Mesure des éclisses avec Davide Jäggi qui continuera les mesures pendant mes vacances	OK		non		TKL
17.08.12	Générale	Radier	relevé	Beau	25					Relevé du radier avec stagiaire	OK		non		TKL/STAGIAIRE
20.08.12	Générale	Galerie FE	Carottage	Beau	22					L'entreprise VSH s'installe pour le prélèvement d'environ 40 carottes. Forage à sec et sur demande de la DLT pas de remplissage des carottes	OK		non		TKL
20.08.12	Générale	Galerie FE	Carottage	Beau	26					2 ème visite les carottes ne sont pas uniformes. VSH à beaucoup de mal, surtout à 6h, pour fixer sa foreuse. Swissstop (TT) fait des photos des carottes.	OK		Oui swisstopo		TKL
24.08.12	Générale	Galerie FE	Séance / visite	Pluie	20					Séance PB, TT, SK, YB, RD, TKL: but de la séance mise au point sur les événements de juillet aout. Etat des lieux et projection future. Visite de la Galerie FE le radier est plus endommager que prévu et ponctuellement des épaisseurs de BP sont faible et avec de mauvaise résistances.	KO	Convoquer RL pour un état des lieux	non		TKL / RD
29.08.12	Générale	Galerie FE	Séance / visite	Beau	25					Séance avec RL et visite chantier pour état des lieux du radier de la Galerie FE	OK		oui/RD		TKL/RD
03.09.12	Générale	Galerie FE	Séance Olten	Nuageux	20					Voir PV de coordination 002 et PV séance de travaille 003	OK		non		TKL/RD
06.09.12	Générale	Galerie FE	Assainissement radier	Beau	21	38.30	35.50	2.80	Assainissement du radier étape 1	1ère étape d'assainissement du Radier. Sciege du BP: exécuter le 5.9.12 installation 1h coupe 30 mm, le 6.9.12 la coupe c'est refermée au centre 1h30. 1ère coupe 10 cm de profondeur. Nouvelle tentative à 15 cm, la lame se coince fin de la coupe 9h. Changement d'atelier 30mn. Démolition: travail au marteau 1h, évacuation: travail à la main et au Bobcat 1,5 h. Nettoyage à la main et à l'aire 1h. RL en pause de midi (12h45) Mapping Swissstop 15mn. Mesure de convergences 30 mn. Armature: pose des treillis (début 4h15) 45 mn. Installation BP 15mn. BP 1ère épaisseur 45 mn. Armature: pose des treillis et tête d'ancreages début 16h 45 mn. BP: 2ème épaisseur 45 mn	ok		oui		TKL
11.09.12	Générale	Galerie FE	Assainissement radier	Nuageux	18	35.50	32.60	2.90	Assainissement du radier étape 2	2ème étape remise des plan, liste armatures, liste coordonnée. 2h de panne de marteaux. Excavation pas terrible selon TT les 2 couches de treillis posé en même temps.	KO	Instruction sur place le lendemain	oui		TKL
12.09.12	Générale	Galerie FE	Assainissement radier	Pluie	15	32.60	30.00	2.60	Assainissement du radier étape 3	3ème étape. A la demande de SK suivre toutes les étape d'assainissement. Coupes trop longues plus de 4m. Treillis existant: Pas suffisamment récupéré. Nous assistons à un arrachage du treillis avec le marteau. Manque de volonté pour la récupération du treillis. Pose nouveau treillis à modifier pas assez précis . Remise à niveaux du contremaître. Courriel à C. Ammon pour recadrage de l'équipe.	KO	Remise à niveaux du contremaître. Courriel à C. Ammon pour recadrage de l'équipe	oui		TKL
13.09.12	Générale	Galerie FE	Assainissement radier	Nuageux	14	30.00	26.90	3.10	Assainissement du radier étape 4	4ème étape. Excavation prise d'échantillons, instruction pour la pose des treillis (2ème couche) Treillis existant: sans mon intervention le treillis existant aurait été coupé. Le point de convergence 645 à été toucher lors de l'excavation. Ce point est remis dans la journée , contacte avec Flotron pour mesure 0.	KO	Mise au point sur place et courriel à CA	oui		TKL
14.09.12	Générale	Galerie FE	Assainissement radier	Beau	20	26.90	23.30	3.60	Assainissement du radier étape 5	5ème étape. Une nouvelle fois le treillis existant n'est pas récupéré. Prise d'échantillons. Vu les convergences de la section 21.80. Il a été convenu avec CA, RD, TKL hier soir de poser une filière (env 4m) à travers l'étape 6. L'entreprise n'a malheureusement pas pris de poutrelle. la filière est faite de 5 étais avec au sommet 5 carrelets. La position des étais est faite pour ne pas entrer en conflit avec la mesure des cibles les plus sensibles.	KO	Remise à niveaux du contremaître. Courriel à C. Ammon pour recadrage de l'équipe	oui		TKL
17.09.12	Générale	Galerie FE	Assainissement radier	Beau	22	23.30	20.50	2.80	Assainissement du radier étape 6	6ème étape Treillis existant coté nord ok sur toute la longueur, coté sud coupé sur toute la longueur. Sur bord sud le treillis est à 5cm dans le BP sur pratiquement toute la longueur. L'épaisseur de 16 cm de BP semble être la mais pas dans les bonnes proportions. les deux ancrages en position 3 sont trop court pour les fixer sur la 2ème couche la plaque sera mise sur le 2ème treillis.	KO		oui		TKL
18.09.12	Générale	Galerie FE	Assainissement radier	Beau	10	20.50	17.70	2.80	Assainissement du radier étape 7	7ème étape. Sciege le bord nord est coupé à 10-12 cm. Le bord Sud est lui coupé à 5 cm pour sauver le treillis. Lors de cette coupe pas d'étaicelle, sur place TT et HM. Ces dernier font les photos et les prise d'échantillons pour la journée	OK		oui		TKL

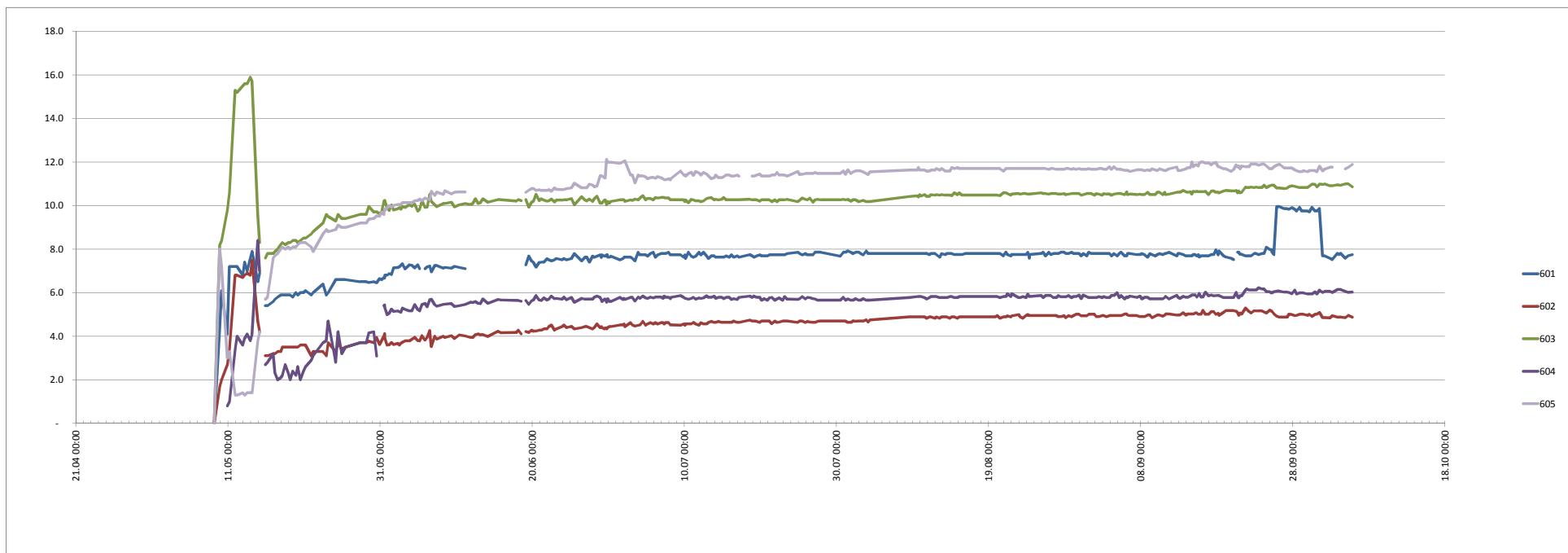
2011_01 MTP Galerie FE

Date	Partie d'ouvrage	Station, emplacement	Activité	Temps	°C	GM début	GM fin	avancement	Mesures de soutènement	Description des travaux	OK ou non OK	Décision	Photos	Rap. Sem.	DLT Qui
19.09.12	Générale	Galerie FE	Assainissement radier	Nuageux	15	17.70	14.50	3.20	Assainissement du radier étape 8	8 ème étape. Scie du bord Nord 10 à 12 cm. Bord sud 8 à 10 cm 100% du treillis sur les deux bords. Bord Nord la coupe est décalée de 35cm contre le bas sur 1.2m afin de préserver la Stress cells et le point de convergence 625. présent sur place Béat Boss (RL). Durant le Mapping présence de Ch. Nussbaum avec F. Amman + 3ème personne. Pour la Nagra T. Vögt Prise d'échantillon au GM 14.5 à 6h	OK		oui		TKL
20.09.12	Générale	Galerie FE	Assainissement radier	Beau	13	14.50	11.60	2.90	Assainissement du radier étape 9	9 ème étape. Coupe Nord 10 à 12 cm massif à 20cm. Coupe sud 8 à 10 cm massif à 16cm. 100% du treillis sur les deux bords. Pris d'échantillons au GM 11	OK		oui		TKL
21.09.12	Générale	Galerie FE	Séance	Beau	10	11.60	8.60	3.00	Assainissement du radier étape 10	Séance de chantier voir PV n°09 + visite avec PB/TT/SK/RDICA	OK	Voir PV 009	non		RD/TKL
24.09.12		Pas de visite de chantier				37.80	34.80	3.00	Ancre IBO R32 5 pièces Nord	Panne électrique de la machine de forage avancement 5 ancrages bord nord Du GM 37.80 au GM 34.80.					
25.09.12	Générale	Galerie FE	Ancrages	Nuageux	15	34.05	20.55	13.50	Ancre IBO R32 15 pièces Nord	Toujours quelque problème électrique 15 forages exécutés sur le bord nord du GM 34.05 au GM 20.55, la machine roule sur le nouveau BP sans protection. (remarque faite au contremaître)	OK		oui		TKL
26.09.12		Pas de visite de chantier				19.80	9.30	10.50	Ancre IBO R32 19 pièces Nord	19 ancrages posés sur le bord nord du GM 19.80 au GM 9.30 sur les pos 2 et 18					
27.09.12		Pas de visite de chantier				37.80	28.05	9.75	Injection IBO R32 14 pièces Nord	Les 39 ancrages prévu initialement ont été posé. L'injection de 14 ancrages, du GM 37.80 au GM 28.05 est terminée . La pompe d'injection est tombée en panne. TT swisstopo à transmis les coordonnées établies par le géomètre Landolt sur le chantier.					
28.09.12		Pas de visite de chantier				27.30	9.30	18.00	Injection IBO R32 25 pièces Nord	Injection de 25 ancrages du GM 27.30 au GM 9.30 sur les pos 2 et 18. Nettoyage de la niche FEA et FE implantation des ancrages manquants, forage prévu pour lundi. Fin du travaille à 12h					
01.10.12	Générale	Galerie FE	Ancrages	Beau	17	37.80	28.05	9.75	Ancre GFK 14 pièces Sud	Mise en place des ancrage GFK 10 pièces à 16h prévision 14 pièces 4 cartouche par ancre. Panne hydraulique de la foreuse.	OK		non		TKL
02.10.12		Pas de visite de chantier				27.30	17.55	9.75	Ancre GFK 14 pièces Sud	Mise en place de 14 ancrages GFK panne de la foreuse	OK		non		TKL
03.10.12		Pas de visite de chantier				16.80	9.30	7.50	Ancre GFK 11 pièces Sud	Réparation de la foreuse et mise en place des 11 dernier ancrages GFK	OK		non		TKL
04.10.12		Pas de visite de chantier				18.60	9.30	9.30	Ancre IBO R32 14 pièces Nord	Forage des 14 dernier ancrages pos 2 et 3 GM 18.60 à GM 9.30	OK		non		TKL
05.10.12		Pas de visite de chantier				18.60	14.10	4.50	Injection IBO R32 7 pièces Nord	Injection de 7 ancrages et panne de la pompe d' injection, les 7 derniers IBO-R32 seront injectés lundi			non		TKL
08.10.12		Pas de visite de chantier				13.80	9.30	4.50	Injection IBO R32 7 pièces Nord	injection des 7 derniers ancrages			non		TKL
09.10.12	Générale	Galerie FE	Assainissement radier	Pluie	15					Etat des lieu avec TT après nettoyage la galerie et ok	OK		oui		TKL
10.10.12		Pas de visite de chantier								Nettoyage et désinstallation	OK		non		TKL
11.10.12		Pas de visite de chantier								Désinstallation	OK		non		TKL
12.10.12	Congé									Pas d'activité					
09.11.12	Générale	Galerie FE	Réception							Réception finale avec C. Ammon (RL), T. Theurillat (Swisstopo) et T. Küttel (GGT) pas de remarque	OK		non		TKL

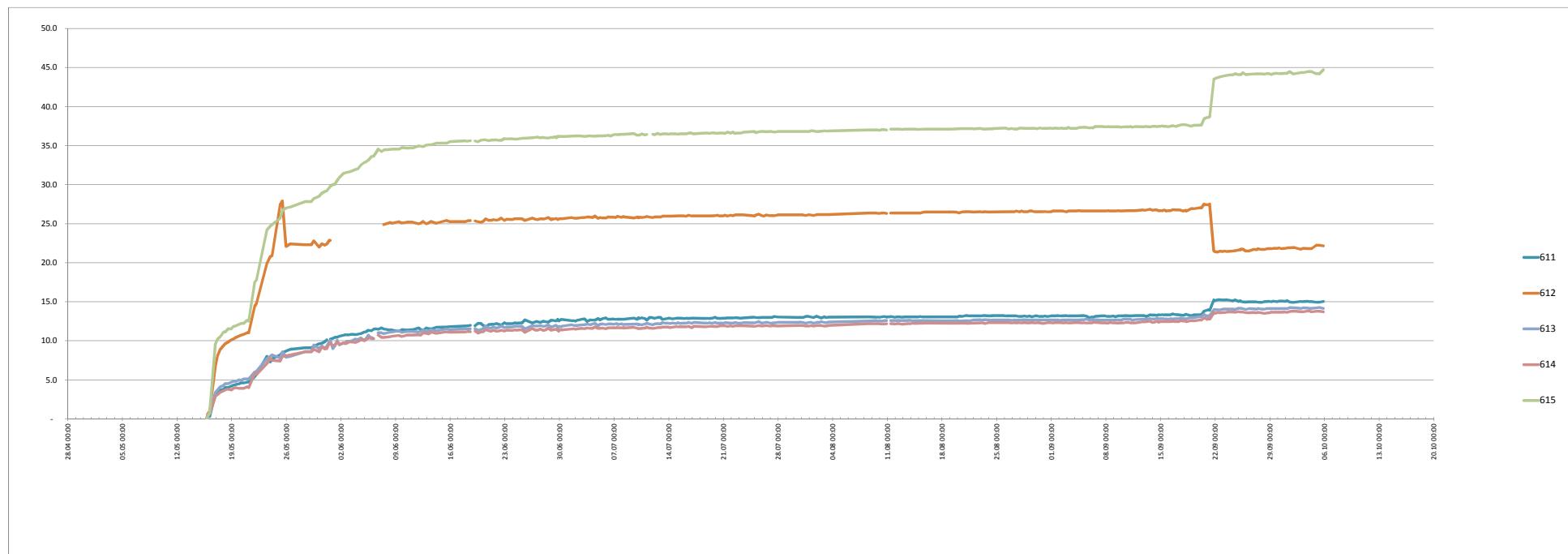
Appendix 8

Interpretation of the convergences (GGT)

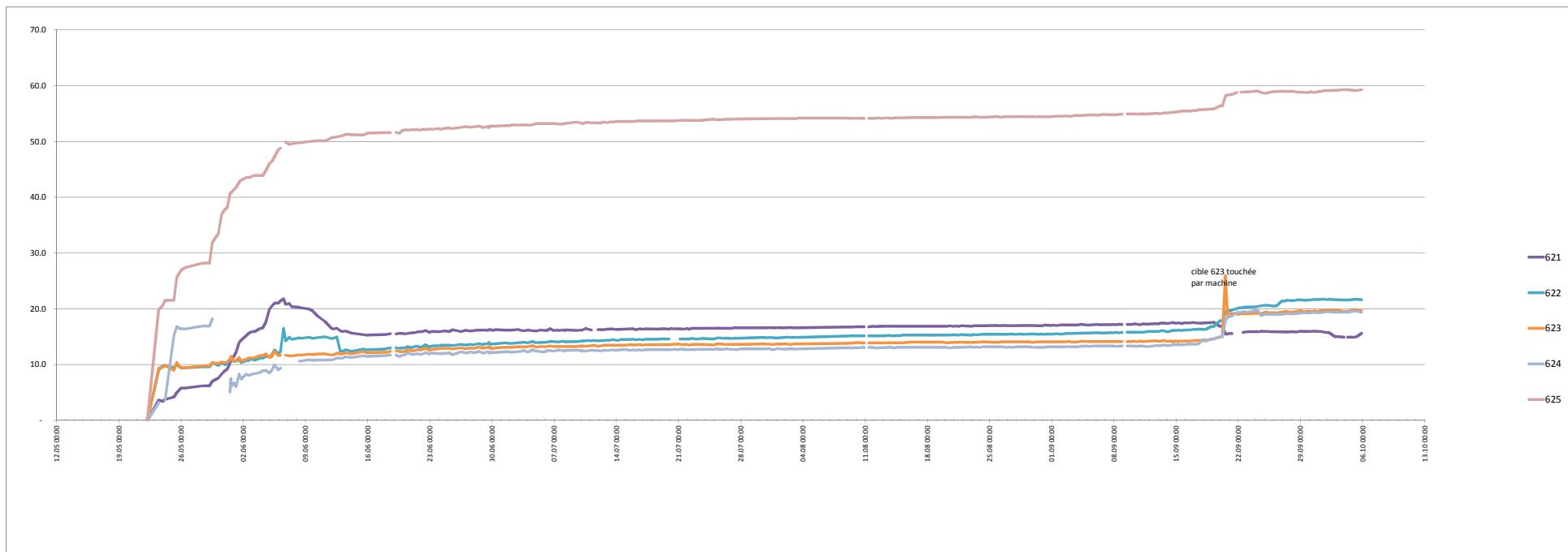
60x => GM 5.0



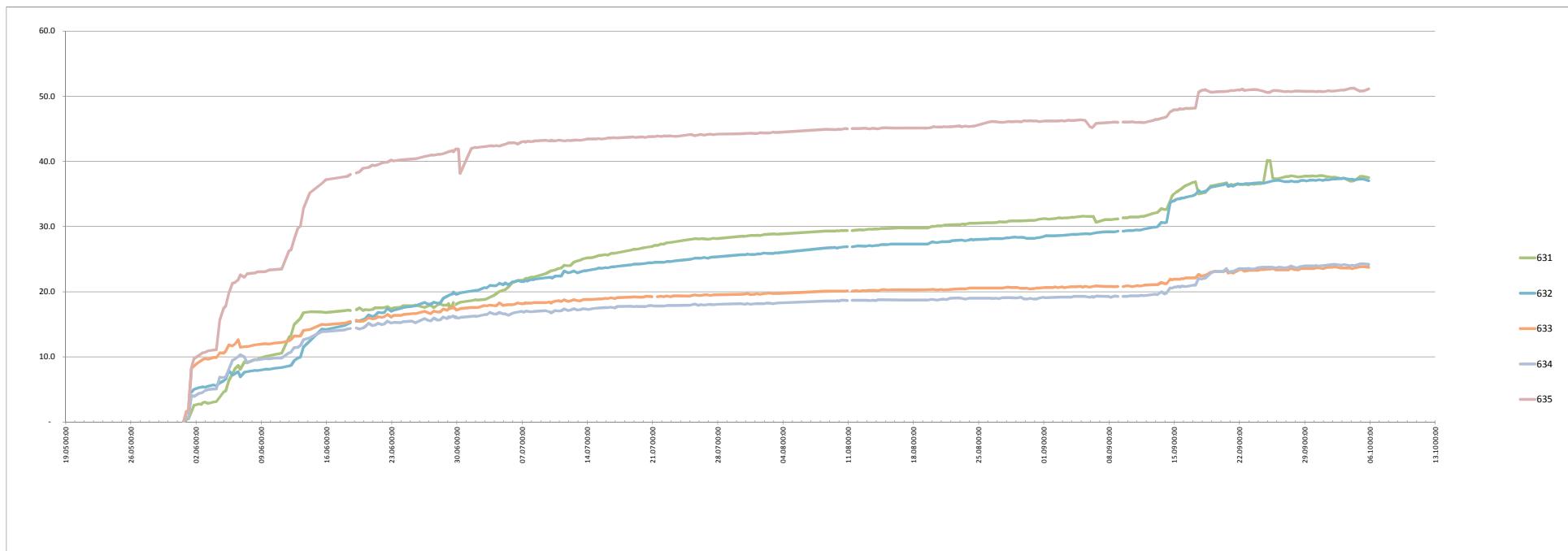
61x => GM 10.50



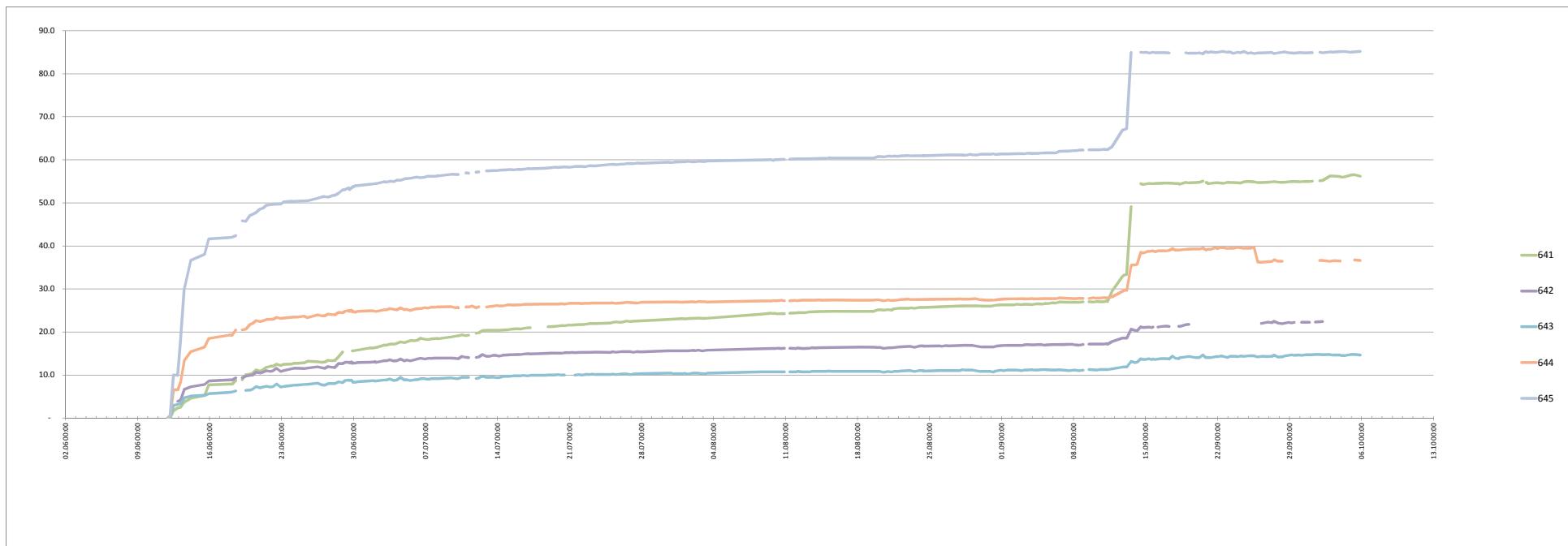
62x => GM 14.50



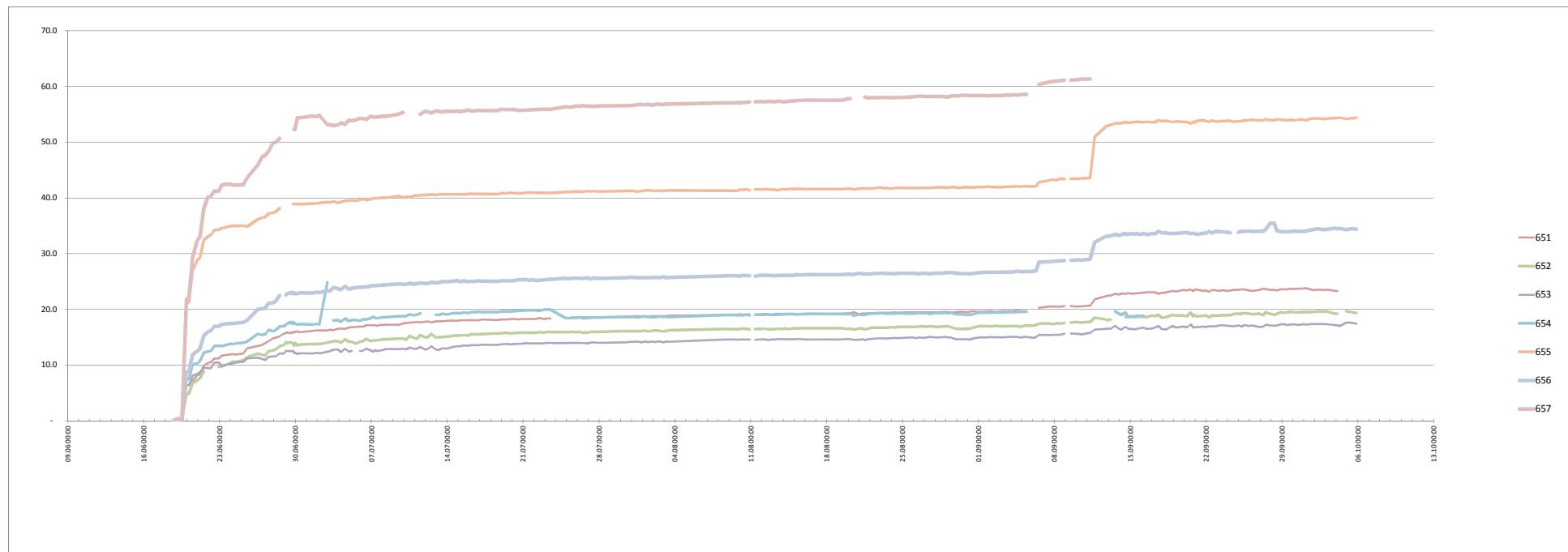
63x => GM 21.80



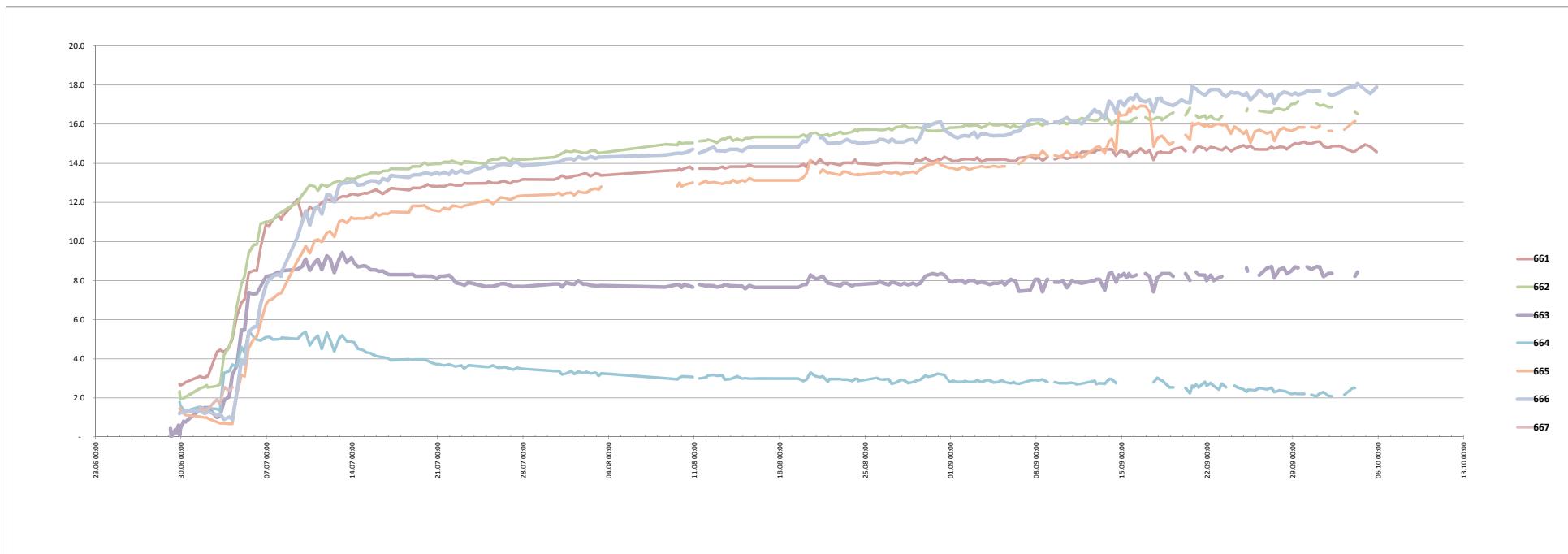
$64x \Rightarrow GM 27.60$



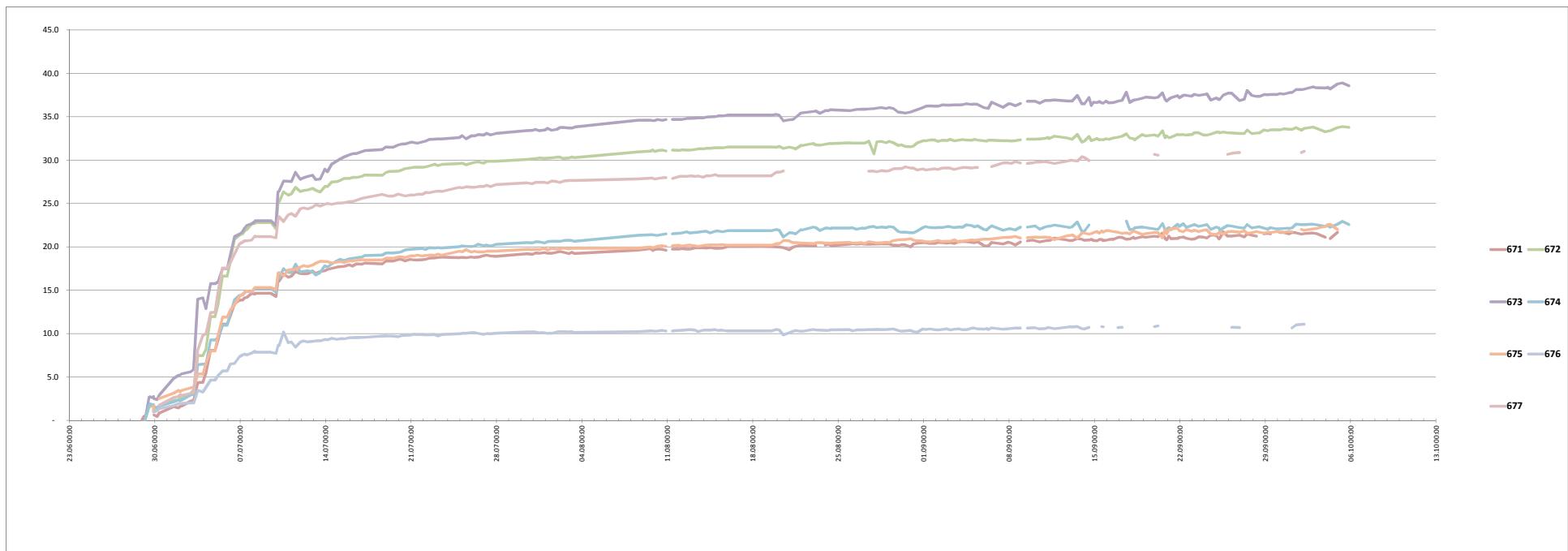
65x => GM 34.30



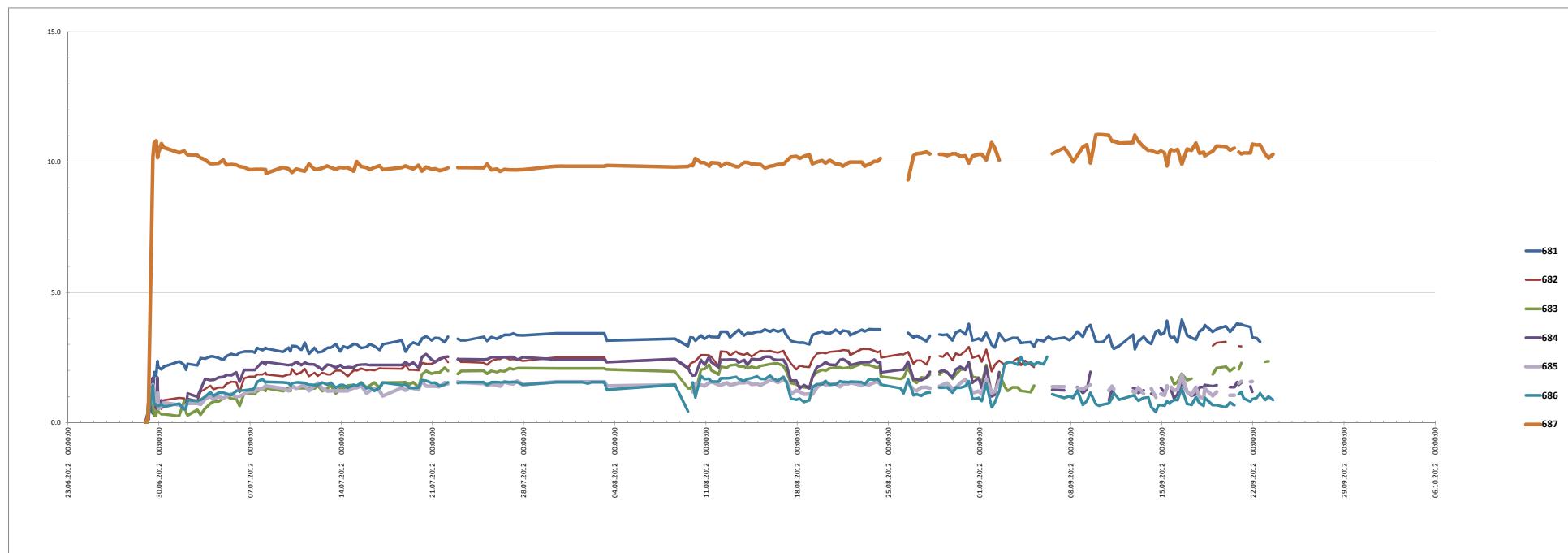
66x => GM 43.40 sur cintre



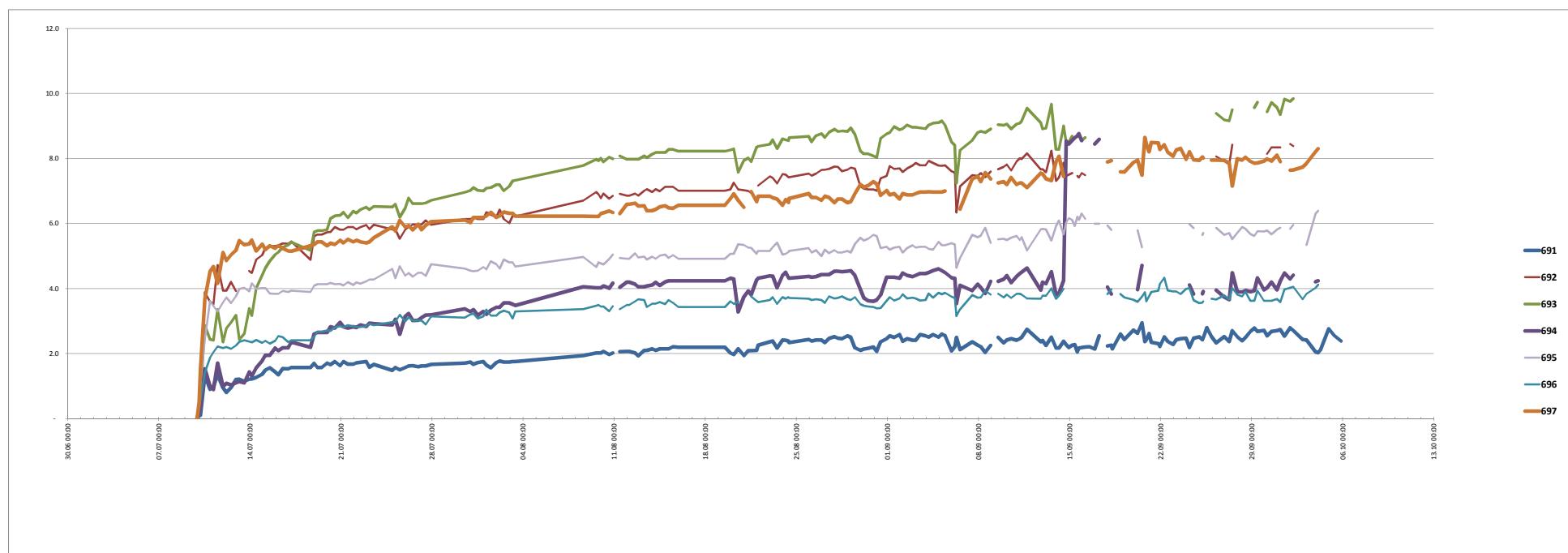
67x => GM 44.00 sur massif



68x => GM 48.40 sur cintre



69x => GM 48.90 sur massif



Appendix 9

**Compressive strength test
results in laboratory
(VSH)**



Prüfbericht Bohrkerndruckfestigkeit

SN EN 12504-1:2000 und SN EN 12390-3:2001

Bericht-Nr. 201261491A

Projekt-Nr. 50 Z10065 0001

Auftraggeber
zusätzl. Kopien anMont Terri Consortium swisstopo, Christoph Nussbaum, Fabrique de Chaux, 2882 St-Ursanne
1x AG+1x Nagra; pdf an: paul.bossart@lt.admin.ch, sven.koehler@nagra.ch, ctb.t.kuettel@bluewin.ch

Bauobjekt	LUCOEX (FE-C Ph. 18): Mechanische Laboruntersuchungen an: Low-pH Spritzbetonprobekörper					
Bauteil	FE-Tunnel, GM 24					
Baustoff	Angaben gemäss Auftraggeber					
Beton gem. SN EN 206-1	Festigkeit	Exposition(en)	Konsistenz	D _{max} [mm]	Zusätzliche Anforderung(en)	Chloridklasse
				8		
Sorte		Rezept	Trockenspritzbeton	Zusatzmittel		
Zement	CEM I 42.5 R-SE	270 kg/m ³	Schwenk	Fliessmittel		
Zusatzstoff	Microsilica	180 kg/m ³				
Zusatzstoff						
Zusatzstoff						
Herkunft Gesteinsk.		Wasseraufnahme w _G		Angabe gemäss		
Lieferschein-Nr.		Hersteldatum 04.06.12	-Zeit	Herstell-Werk		
FBK-Daten gemäss		Prüfort FBK		Prüfdatum		Prüfzeit
Konsistenzmass		Methode		Temp.Beton		Temp.Luft
Frischbetonrohdichte		LP-Gehalt		w/z		w/Z _{eq}
Proben (Anz., Form)				Verdichtung	gespritzt	
Lagerung bis Labor	Objekt	Eingang Labor 20.08.12		Überbringer	VSH PT, C. Bernet/ S. Streiff	
Weitere Angaben						

Prüfkörper

Anzahl	8 Stk.	Form	Bohrkerne Ø 50 mm		
Gewinnung am	20.08.12	durch	VSH PT, CBe + SStr.	aus	Objekt
Lagerung bis Prüfung	Laborklima	Bemerkungen			

Angaben zum Prüfverfahren

Prüfkörper werden einaxial bis zum Bruch mit einer Belastungsgeschwindigkeit von 0.6 N/mm²/s belastet. Die Druckfestigkeit errechnet sich aus der erreichten Bruchlast dividiert durch die Prüfkörper-Querschnittsfläche.

Untersuchungsergebnisse (Details siehe Seite 2)

Anzahl Prüfkörper	Probenalter	Prüfdatum	Rohdichte		Druckfestigkeit	
			Mittelwert [kg/m ³]	Standardabweichung [kg/m ³]	Mittelwert [N/mm ²]	Standardabweichung [N/mm ²]
8	80 Tage	23.08.12	2147	35	33.5	11.5

Bemerkungen**Messunsicherheit**

Auf Anfrage informieren wir Sie gerne über die Messunsicherheit des Prüfergebnisses und deren Bestimmungsgrundlage.

VersuchsStollen Hagerbach AG

Regensdorf, 06.09.12

Prüfbericht Bohrkerndruckfestigkeit

SN EN 12504-1:2000 und SN EN 12390-3:2001

Bericht-Nr. 201261491A

Projekt-Nr. 50 Z10065 0001

Auftraggeber Mont Terri Consortium swisstopo, Christoph Nussbaum, Fabrique de Chaux, 2882 St-Ursanne

Bauobjekt	LUCOEX (FE-C Ph. 18): Mechanische Laboruntersuchungen an: Low-pH Spritzbetonprobekörper		
Bauteil	FE-Tunnel, GM 24		

Untersuchungsergebnisse

Prüfkörperbezeichnung		Abmessungen		Masse	Rohdichte	Prüfdatum	Alter	Bruchlast	Druckfestigkeit
Auftraggeber	VSH	Ø [mm]	Höhe [mm]	[g]	[kg/m³]	[-]	[Tage]	[kN]	[N/mm²]
GM 24/1.1	2214	48.5	49.0	197	2176	23.08.2012	80	84	45.6
GM 24/1.2	2215	48.5	48.7	194	2151	23.08.2012	80	47	25.6
GM 24/2	2216	48.5	48.7	192	2132	23.08.2012	80	41	22.1
GM 24/3	2217	48.3	47.8	190	2169	23.08.2012	80	70	38.4
GM 24/6	2218	48.6	48.6	187	2074	23.08.2012	80	36	19.2
GM 24/7	2219	48.7	48.5	192	2126	23.08.2012	80	50	26.8
GM 24/8.1	2220	48.6	48.3	195	2174	23.08.2012	80	74	39.7
GM 24/8.2	2221	48.6	48.1	194	2172	23.08.2012	80	93	50.3
Mittelwert nach 80 Tagen				2147					33.5
Standardabweichung nach 80 Tagen				35					11.5

Prüfkörperbezeichnung		Abmessungen		Masse	Rohdichte	Prüfdatum	Alter	Bruchlast	Druckfestigkeit
Auftraggeber	VSH	Ø [mm]	Höhe [mm]	[g]	[kg/m³]	[-]	[Tage]	[kN]	[N/mm²]

Prüfkörperbezeichnung		Abmessungen		Masse	Rohdichte	Prüfdatum	Alter	Bruchlast	Druckfestigkeit
Auftraggeber	VSH	Ø [mm]	Höhe [mm]	[g]	[kg/m³]	[-]	[Tage]	[kN]	[N/mm²]

Prüfkörperbezeichnung		Abmessungen		Masse	Rohdichte	Prüfdatum	Alter	Bruchlast	Druckfestigkeit
Auftraggeber	VSH	Ø [mm]	Höhe [mm]	[g]	[kg/m³]	[-]	[Tage]	[kN]	[N/mm²]

VersuchsStollen Hagerbach AG

Regensdorf, 06.09.12

Prüfbericht Bohrkerndruckfestigkeit SN EN 12504-1:2000 und SN EN 12390-3:2001

Bericht-Nr. 201214583A

Projekt-Nr. 50 Z10065 0001

Auftraggeber Consortium Mont Terri, Christoph Nussbaum, Fabrique de Chaux, 2882 St-Ursanne
 zusätzl. Kopien an

Bauobjekt	LUCOEX (FE-C Ph. 17)				
Bauteil	Low - pH Spritzbeton				
Baustoff	Spritzbeton				
Beton gem.	Festigkeit	Exposition(en)	Konsistenz	D _{max} [mm]	Zusätzliche Anforderung(en)
SN EN 206-1				8	Chloridklasse
Sorte		Rezept	Trockenspritzbeton	Zusatzmittel	
Zement	CEM I 42.5 R-SE	270 kg/m ³	Schwenk	Fliessmittel	
Zusatzstoff	Microsilica	180 kg/m ³			
Zusatzstoff					
Zusatzstoff					
Herkunft Gesteinsk.		Wasseraufnahme w _G		Angabe gemäss	
Lieferschein-Nr.		Herstelldatum 20.06.12	-Zeit 17:30	Herstell-Werk	
FBK-Daten gemäss		Prüfort FBK		Prüfdatum	Prüfzeit
Konsistenzmass		Methode		Temp.Beton	Temp.Luft
Frischbetonrohdichte		LP-Gehalt		w/z	w/z _{eq}
Proben (Anz., Form)	5 Spritzkisten			Verdichtung	gespritzt
Lagerung bis Labor	Baustelle	Eingang Labor 21.06.12		Überbringer	VSH, C. Bernet
Weltre Angaben					

Prüfkörper

Anzahl	12 Stk.	Form	Bohrkerne Ø 50 mm
Gewinnung am	21.06.12	durch	VSH, R. Schwarzkopf aus Spritzkiste
Lagerung bis Prüfung	VSH Feuchtraum	Bemerkungen	

Angaben zum Prüfverfahren

Prüfkörper werden einaxial bis zum Bruch mit einer Belastungsgeschwindigkeit von 0.6 N/mm²/s belastet. Die Druckfestigkeit errechnet sich aus der erreichten Bruchlast dividiert durch die Prüfkörper-Querschnittsfläche.

Untersuchungsergebnisse (Details siehe Seite 2)

Anzahl Prüfkörper	Probenalter	Prüfdatum	Rohdichte		Druckfestigkeit	
			Mittelwert [kg/m ³]	Standardabweichung [kg/m ³]	Mittelwert [N/mm ²]	Standardabweichung [N/mm ²]
3	1 Tag	21.06.2012	2164	18	5.7	1.0
3	2 Tage	22.06.2012	2147	7	7.5	0.7
3	7 Tage	27.06.2012	2134	18	22.5	0.8
3	29 Tage	19.07.2012	2213	23	35.1	2.2

Bemerkungen

Messunsicherheit

Auf Anfrage informieren wir Sie gerne über die Messunsicherheit des Prüfergebnisses und deren Bestimmungsgrundlage.

VersuchsStollen Hagerbach AG

Flums, 19.07.12

Das ist die elektronische Version eines Prüfberichtes. Nur die unterschriebenen Prüfberichte sind rechtsgültig. Prüfberichte werden in elektronischer Form als Pdf-File abgegeben. Der Versand per Email erfolgt auf Verlangen und auf das Risiko des Auftraggebers.

Prüfbericht Bohrkerndruckfestigkeit SN EN 12504-1:2000 und SN EN 12390-3:2001

Bericht-Nr. 201214583A

Projekt-Nr. 50 Z10065 0001

Auftraggeber Consortium Mont Terri, Christoph Nussbaum, Fabrique de Chaux, 2882 St-Ursanne

Bauobjekt LUCOEX (FE-C Ph. 17)

Bauteil Low - pH Spritzbeton

Untersuchungsergebnisse

Auftraggeber	VSH	Abmessungen		Masse	Rohdichte	Prüfdatum	Alter	Bruchlast	Druckfestigkeit
		Ø	Höhe						
		[mm]	[mm]	[g]	[kg/m³]	[·]	[Tag]	[kN]	[N/mm²]
	2185/1	50.0	50.6	215	2164	21.06.2012	1	10	5.1
	2185/2	50.0	50.9	218	2181	21.06.2012	1	14	6.9
	2185/3	50.0	50.8	214	2145	21.06.2012	1	10	5.0
Mittelwert nach 1 Tag					2164				5.7
Standardabweichung nach 1 Tag					18				1.0

Auftraggeber	VSH	Abmessungen		Masse	Rohdichte	Prüfdatum	Alter	Bruchlast	Druckfestigkeit
		Ø	Höhe						
		[mm]	[mm]	[g]	[kg/m³]	[·]	[Tage]	[kN]	[N/mm²]
	2185/4	50.0	49.6	209	2146	22.06.2012	2	16	7.9
	2185/5	50.0	49.4	209	2155	22.06.2012	2	13	6.7
	2185/6	50.0	49.7	209	2142	22.06.2012	2	16	7.9
Mittelwert nach 2 Tagen					2147				7.5
Standardabweichung nach 2 Tagen					7				0.7

Auftraggeber	VSH	Abmessungen		Masse	Rohdichte	Prüfdatum	Alter	Bruchlast	Druckfestigkeit
		Ø	Höhe						
		[mm]	[mm]	[g]	[kg/m³]	[·]	[Tage]	[kN]	[N/mm²]
	2185/7	50.1	50.0	210	2131	27.06.2012	7	44	22.3
	2185/8	50.0	50.0	208	2119	27.06.2012	7	43	21.9
	2185/9	50.0	49.9	211	2154	27.06.2012	7	46	23.4
Mittelwert nach 7 Tagen					2134				22.5
Standardabweichung nach 7 Tagen					18				0.8

Auftraggeber	VSH	Abmessungen		Masse	Rohdichte	Prüfdatum	Alter	Bruchlast	Druckfestigkeit
		Ø	Höhe						
		[mm]	[mm]	[g]	[kg/m³]	[·]	[Tage]	[kN]	[N/mm²]
	2185/10	50.2	49.9	216	2187	19.07.2012	29	65	32.7
	2185/11	50.2	49.6	219	2231	19.07.2012	29	74	37.1
	2185/12	50.2	49.6	218	2221	19.07.2012	29	70	35.6
Mittelwert nach 29 Tagen					2213				35.1
Standardabweichung nach 29 Tagen					23				2.2

VersuchsStollen Hagerbach AG

Flums, 19.07.2012

Das ist die elektronische Version eines Prüfberichtes. Nur die unterschriebenen Prüfberichte sind rechtsgültig. Prüfberichte werden in elektronischer Form als Pdf-File abgegeben. Der Versand per Email erfolgt auf Verlangen und auf das Risiko des Auftraggebers.

Prüfbericht Bohrkerndruckfestigkeit SN EN 12504-1:2000 und SN EN 12390-3:2001

Bericht-Nr. 201214584

Projekt-Nr. 50 Z10065 0001

Auftraggeber Mont Terri Consortium swisstopo, Christoph Nussbaum, Fabrique de Chaux, 2882 St-Ursanne
zusätzl. Kopien an

Bauobjekt	LUCOEX (FE-C Ph. 17)				
Bauteil	Low - pH Spritzbeton				
Baustoff	Angaben gemäss Auftraggeber				
Beton gem.	Festigkeit	Exposition(en)	Konsistenz	D _{max} [mm]	Zusätzliche Anforderung(en)
SN EN 206-1				8	Chloridklasse
Sorte		Rezept	Trockenspritzbeton	Zusatzmittel	
Zement	CEM I 42.5 R-SE	270 kg/m ³	Schwenk	Fliessmittel	
Zusatzstoff	Microsilica	180 kg/m ³			
Zusatzstoff					
Zusatzstoff					
Herkunft Gesteinsk.		Wasseraufnahme w _G		Angabe gemäss	
Lieferschein-Nr.		Herstelldatum 20.06.12	-Zeit 17:30	Herstell-Werk	
FBK-Daten gemäss		Prüfort FBK		Prüfdatum	Prüfzeit
Konsistenzmass		Methode		Temp.Beton	Temp.Luft
Frischbetonrohdichte		LP-Gehalt		w/z	w/z _{eq}
Proben (Anz., Form)	5 Spritzkisten			Verdichtung	gespritzt
Lagerung bis Labor	Baustelle	Eingang Labor 21.06.12		Überbringer	VSH, C. Bernet
Weitere Angaben					

Prüfkörper

Anzahl	6 Stk.	Form	Bohrkerne Ø 50 mm		
Gewinnung am	21.06.12	durch	VSH, R. Schwarzkopf	aus	Spritzkiste
Lagerung bis Prüfung	VSH Feuchtraum		Bemerkungen		

Angaben zum Prüfverfahren

Prüfkörper werden einaxial bis zum Bruch mit einer Belastungsgeschwindigkeit von 0.6 N/mm²/s belastet. Die Druckfestigkeit errechnet sich aus der erreichten Bruchlast dividiert durch die Prüfkörper-Querschnittsfläche.

Untersuchungsergebnisse (Details siehe Seite 2)

Anzahl Prüf- körper	Probenalter	Prüfdatum	Rohdichte		Druckfestigkeit	
			Mittelwert [kg/m ³]	Standardabweichung [kg/m ³]	Mittelwert [N/mm ²]	Standardabweichung [N/mm ²]
3	91 Tage	19.09.2012	2192	22	45.4	6.1
	365 Tage	20.06.2013				

Bemerkungen

Messunsicherheit

Auf Anfrage informieren wir Sie gerne über die Messunsicherheit des Prüfergebnisses und deren Bestimmungsgrundlage.

VersuchsStollen Hagerbach AG

Flums, 19.09.12

Das ist die elektronische Version eines Prüfberichtes. Nur die unterschriebenen Prüfberichte sind rechtsgültig. Prüfberichte werden in elektronischer Form als Pdf-File abgegeben. Der Versand per Email erfolgt auf Verlangen und auf das Risiko des Auftraggebers.

Prüfbericht Bohrkerndruckfestigkeit SN EN 12504-1:2000 und SN EN 12390-3:2001

Bericht-Nr. 201214584

Projekt-Nr. 50 Z10065 0001

Auftraggeber Mont Terri Consortium swisstopo, Christoph Nussbaum, Fabrique de Chaux, 2882 St-Ursanne

Bauobjekt LUCOEX (FE-C Ph. 17)

Bauteil Low - pH Spritzbeton

Untersuchungsergebnisse

Auftraggeber	VSH	Abmessungen		Masse	Rohdichte	Prüfdatum	Alter	Bruchlast	Druckfestigkeit
		Ø [mm]	Höhe [mm]						
	2185/13	50.2	51.3	223	2196	19.09.2012	91	101	51.2
	2185/14	50.2	51.5	221	2168	19.09.2012	91	77	39.0
	2185/15	50.2	51.2	224	2210	19.09.2012	91	91	45.9
Mittelwert nach 91 Tagen				2192					45.4
Standardabweichung nach 91 Tagen				22					6.1

Auftraggeber	VSH	Abmessungen		Masse	Rohdichte	Prüfdatum	Alter	Bruchlast	Druckfestigkeit
		Ø [mm]	Höhe [mm]						
	2185/16					20.06.2013	365		
	2185/17					20.06.2013	365		
	2185/18					20.06.2013	365		
Mittelwert nach 365 Tagen									
Standardabweichung nach 365 Tagen									

Auftraggeber	VSH	Abmessungen		Masse	Rohdichte	Prüfdatum	Alter	Bruchlast	Druckfestigkeit
		Ø [mm]	Höhe [mm]						

Auftraggeber	VSH	Abmessungen		Masse	Rohdichte	Prüfdatum	Alter	Bruchlast	Druckfestigkeit
		Ø [mm]	Höhe [mm]						

VersuchsStollen Hagerbach AG

Flums, 19.09.2012

Das ist die elektronische Version eines Prüfberichtes. Nur die unterschriebenen Prüfberichte sind rechtsgültig. Prüfberichte werden in elektronischer Form als Pdf-File abgegeben. Der Versand per Email erfolgt auf Verlangen und auf das Risiko des Auftraggebers.

Der Prüfbericht darf nur ungetürt vervielfältigt werden. Die gekürzte oder auszugsweise Vervielfältigung bedarf unserer schriftlichen Genehmigung.
 Die Prüfergebnisse gelten nur für die untersuchten Proben. (01.101-05.09x)

Prüfbericht Zug-/Haftzugfestigkeit ZTV-SIB 90, EN 1542 (99), SIA 281/3**Bericht-Nr.** 201214592**Projekt-Nr.** 50 Z10065 0001Auftraggeber Consortium Mont Terri, Christoph Nussbaum, Fabrique de Chaux, 2882 St-Ursanne
zusätzl. Kopien an

Bauobjekt	LUCOEX (FE-C Ph. 17)
Bauteil	Low - pH Spritzbeton

Baugut-Untergrund

Material-Bezeichnung Spitzbeton

Datum Herstellung 20.06.12

Bohrlänge Untergrund

Vorbehandlung

weitere Angaben

Systemaufbau	Schicht 1	Schicht 2	Schicht 3
Material-Bezeichnung			
Datum Herstellung			
Schichtstärke			
weitere Angaben			

Prüfkörper

Anzahl Prüfstellen 1 Stk.

Prüfkörper pro Prüfstelle

3 Stk.

Prüfkörperform Bohrkerne Ø 50 mm

Gesamtbohrkermlänge

Vorbereitung am 21.06.12

durch

VSH, T. Bader

Angaben zum Prüfverfahren

Das Verfahren dient der Bestimmung der Zug- bzw. Haftzugfestigkeit von ein- bzw. mehrschichtigen Prüfkörpern. An die Stirnflächen des Prüfkörpers werden Metallstempel geklebt und der Prüfkörper wird einaxial bis zum Bruch auf Zug belastet. Die Zug- bzw. Haftzugfestigkeit errechnet sich aus der auf die Bruchfläche bezogenen Maximalkraft.

Prüfung gemäss Norm ZTV-SIB 90

Angaben zur Prüfeinrichtung

Prüfgerät Zugprüfmaschine 30 kN Typ HZM 30 (PM-Nr. 02 004)

Prüfstempel Ø 50 mm, H = 30 mm

Belastungsgeschwindigkeit 0.05 N/mm²/s

Klebstoff X 60

Vorbereitung der Prüfkörper geschnitten und Kalotten aufgeklebt

Untersuchungsergebnisse (Details siehe im Anhang)

Prüfdatum: 27.06.12

Bezeichnung Prüfstelle	Temperatur [°C]	BK-Länge [mm]	Zug- bzw. Haftzugfestigkeit [N/mm²]				
			Anzahl Werte	Mittelwert	Stabw	Minimum	Maximum
1	23.8	131.3	3	1.51	0.09	1.45	1.61
Mittelwert Prüfstellen				1.51			
Stabw Prüfstellen							

Bemerkungen

--

Messunsicherheit

Auf Anfrage informieren wir Sie gerne über die Messunsicherheit des Prüfergebnisses und deren Bestimmungsgrundlage.

VersuchsStollen Hagerbach AG

Flums, 27.06.12

Das ist die elektronische Version eines Prüfberichtes. Nur die unterschriebenen Prüfberichte sind rechtsgültig. Prüfberichte werden in elektronischer Form als Pdf-File abgegeben. Der Versand per Email erfolgt auf Verlangen und auf das Risiko des Auftraggebers.

Der Prüfbericht darf nur ungeteilt vervielfältigt werden. Die gekürzte oder auszugsweise Vervielfältigung bedarf unserer schriftlichen Genehmigung.

Die Prüfergebnisse gelten nur für die untersuchten Proben. (01.028_Labor-02.11f)

Prüfbericht Zug-/Haftzugfestigkeit

ZTV-SIB 90, EN 1542 (99), SIA 281/3

Bericht-Nr. 201214592

Projekt-Nr. 50 Z10065 0001

Auftraggeber Consortium Mont Terri, Christoph Nussbaum, Fabrique de Chaux, 2882 St-Ursanne

VersuchsStollen Hagerbach AG
 Polstrasse 1
 CH-8893 Flums Hochwiese
 www.hagerbach.ch

Bauschliffprüflabore in:
 Flums Tel +41 81 734 14 00
 Flüelen Tel +41 41 872 09 71
 Regensdorf Tel +41 44 840 22 61
 Bemeck Tel +41 71 744 72 38

Anhang A1



Untersuchungsergebnisse		Prüfdatum:	27.06.12	Prüfer:	VSH, S. Büchel	massgebendes Prüfkörperalter:	7 Tage
Prüfstelle: 1	Abmessungen			Bruchkraft	Zug-/Haftzugfestigkeit	Ergänzungen	
Prüfkörperbezeichnung	Ø	s_1 [mm]	s_2 [mm]	F [kN]	β_z bzw. β_{z-z} [N/mm ²]	(Bruchart, Hohlstellen, etc.)	
Auftraggeber VSH	50.0			3.15	1.61	Bruch zu 100% im Spritzbeton	
2185/7	50.0		23.8	131.0	2.87	Bruch zu 100% im Spritzbeton	
2185/8	50.0		23.8	131.0	1.46	Bruch zu 100% im Spritzbeton	
2185/9	50.0		23.8	132.0	1.45	Bruch zu 100% im Spritzbeton	
Mittelwert Serie				23.8	131.3	2.96	1.51
Standardabweichung Serie				0.0	0.6	0.17	0.09
Aufbau Prüfkörper							
Bohrkermlänge [mm]							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							

Appendix 10

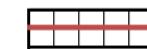
**Contractual programme
and effective programme
(RL et GGT)**

Mont Terri Project - Galerie FE - Programme contractuel et programme effectif des travaux

Programme contractuel



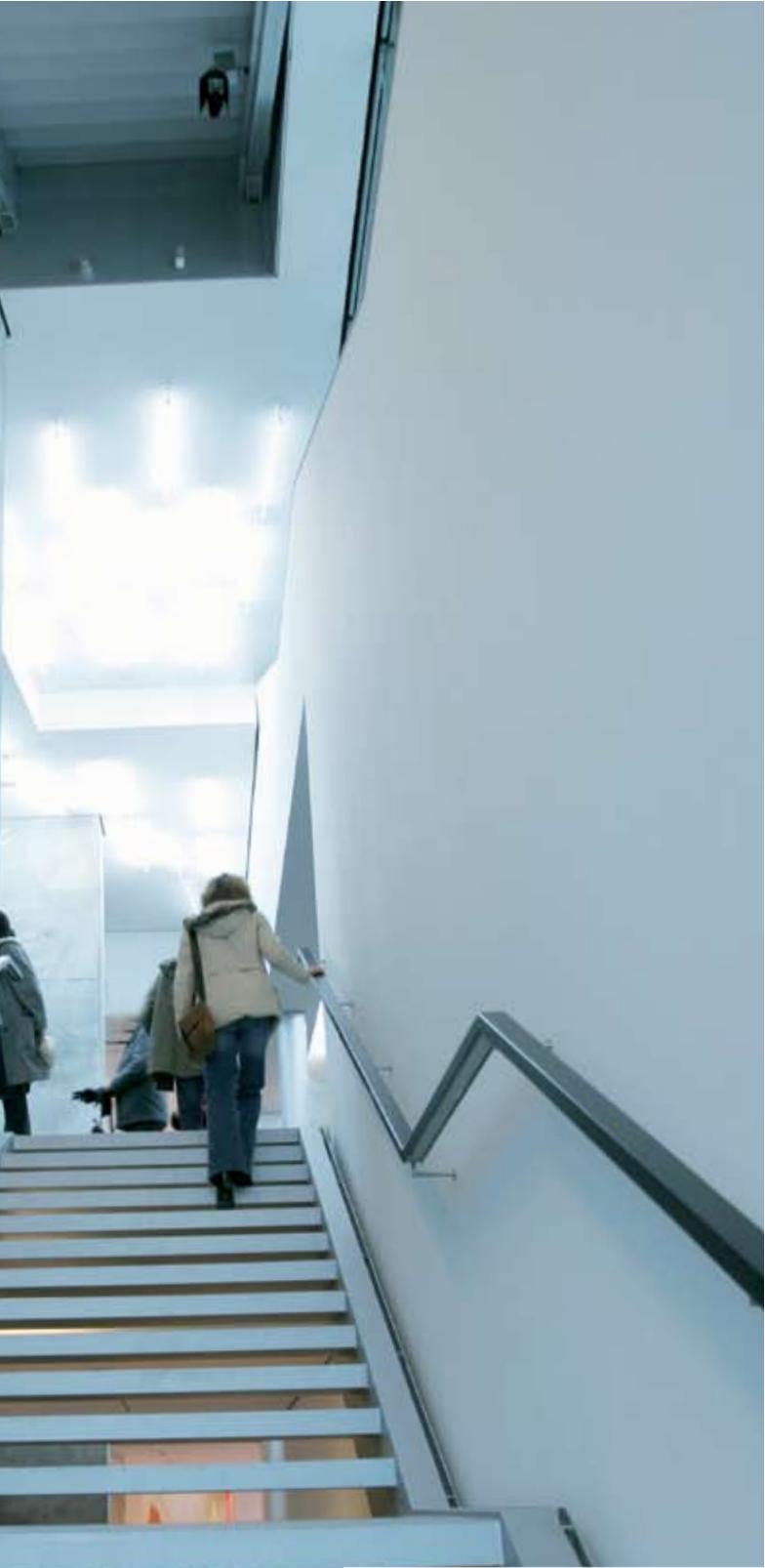
Programme effectif



Appendix 11

**Safety elements
for the existing equipments
and installations**

Fire Protection

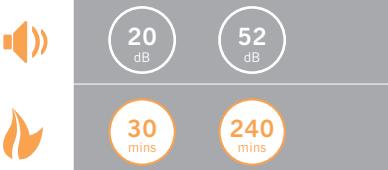


Introduction	99
Components & Accessories	102
Component Details	103
Performance Details	105

MARKET SECTORS

- ▶ Healthcare
- ▶ Education
- ▶ Commercial property
- ▶ Recreation
- ▶ Retail
- ▶ Prisons and detention

PERFORMANCE RATINGS



FERMACELL PERFORMANCE

- ▶ Impact – Severe duty, able to withstand impact from people as well as objects (door handles etc).
- ▶ Acoustics – Greater performance often with less layers than plasterboard constructions.
- ▶ Load bearing – The composition of Fermacell allows up 50 kg per fixing to be hung from Fermacell using a toggle bolt and 30 kg from a single screw.
- ▶ Speed of construction – Fermacell allows Fire Protection systems to be installed before the building envelope is complete. Due to the unique finishing system (FST) the overall installation of Fermacell is faster than plasterboard systems.
- ▶ Environmental – Fermacell Boards are manufactured from 100% recycled content and are recyclable. Decreasing the carbon footprint and increasing the BREEAM rating of the building.

Fermacell provides simpler solutions for Shaftwall and Beam and Column Encasement.

BEAM & COLUMN ENCASEMENT

A 30 minute construction is achieved using a single layer of 10 mm Fermacell for beam and column encasement. Using only a single Hp/A rating, Fermacell's solution is easier to specify. Due to the unique composition of Fermacell Boards the installation time of the encasement systems can be reduced by stapling the boards together or to timber sections and beams.

SHAFTWALL

From simple fire rated independent linings to full Shaftwall solutions, Fermacell offers a range of performance systems from 30 minutes to 2 hours. Using simple stud systems and standard Fermacell Boards, without the need for any specialist board, the Fermacell Shaftwall system offers speed of installation, whilst retaining our excellent environmental credentials.

Performance Details	Wet Areas	Fix & Finish	Rainscreens	Timber Frames	Fire Protection	Floorings & Ceilings	Linings	Components & Accessories	Introduction	Partitions
---------------------	-----------	--------------	-------------	---------------	-----------------	----------------------	---------	--------------------------	--------------	------------

FIRE PROTECTION

INTRODUCTION

www.fermacell.co.uk

The resplendent and gently curving six storey University Campus Suffolk (UCS) waterfront building – located alongside the Orwell Quay – has been designed by architects RMJM.

Martin Lardner Burke from RMJM commented: "The simplicity and flexibility of the Fermacell system allowed us to easily meet and overcome requirements and potential issues on site". The development is Suffolk's first University and is a joint initiative between the Universities of East Anglia and Essex. The scheme has established a new university student hub and administration HQ.



Main contractors on the scheme were Willmott Dixon Construction, with Essex-based BG Contracts as sub contractors. Fermacell is a product that Willmott Dixon has used on various projects enabling them to meet and exceed all of the performance requirements.

Through the construction stage the Fermacell Boards were robust enough to take the day-to-day knocks of site conditions. This eliminated the co-ordination and setting out issues giving the Client and design teams greater scope. The hub has been awarded an 'excellent' rating by BREEAM. Fermacell's environmental credentials certainly contributed to this award.

Partitions

Linings

Floorings & Ceilings

Fire Protection

Timber Frames

Rainscreens

Fix & Finish

Wet Areas

Introduction

Components & Accessories

Component Details



The centre pieces of the building are two art lecture theatres – each able to accommodate 140 people. It also comprises an impressive reception area and restaurant, as well as two exhibition areas. Throughout the building are a further three 80 seater and six 60 seater classrooms, with a host of inter-changeable rooms available.

Fermacell was not only specified for the internal walling because of its durability and robustness. As with any public building, protection against fire was a major consideration when designing the partitions. Fermacell carries Class O classification as standard which means that it achieves high levels of fire protection. Even with slim partitions it is possible to achieve up to 120 minutes fire protection and a single layer can achieve 60 minutes protection up to 10 m high.

Fermacell Technical Manager Andy Richardson commented: "The level of fire protection will depend on a number of factors. These include whether the Fermacell Boards are integrated within a timber or steel structure, if there is insulation present and the height of the walls. We can react very quickly to given design requirements and provide solutions for walls up to 15 metres high."

Simple to install – although the technique is slightly different to plasterboard – Fermacell does not need a wet plaster skim to produce a suitable surface for painting. It is inherently stronger than conventional plasterboard and, as well as its strength and fire properties, it also provides acoustic, impact and moisture resistance.

FIRE PROTECTION

COMPONENTS & ACCESSORIES

www.fermacell.co.uk

BEAM & COLUMN ENCASEMENT

BEAM & COLUMN ENCASEMENT

Using only a single Hp/A rating, Fermacell's solution is easier to specify (see tables below).

The following tables are valid for steel sections with a section factor of $Hp/A \leq 300\text{m}^{-1}$
according to the formula: $Hp/A = \frac{2b - 2h - b_2}{A}$

Where Hp = Heated perimeter and
A = Cross Sectional Area of Metal Element

Timber Solution

Fire resistance category

F 30-B	F 60-B
--------	--------

Fermacell in mm

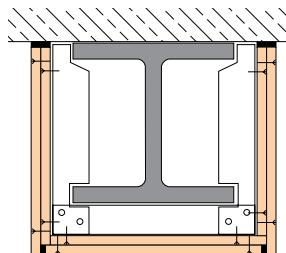
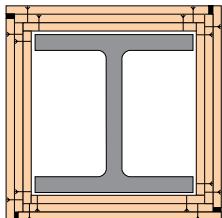
10	10 + 10
----	---------

Minimum lining thickness of timber beams and columns

Classification to DIN 4102

TYPICAL LAYOUTS

Calculation of board dimensions must take into account the board thickness needed to achieve the required fire rating. Support frames must be set at maximum 400mm centres.



Proprietary steel encasement systems are suitable for use with Fermacell. Timber grounds may be placed in the web as supports. These must be set at a maximum of 400 mm centres.

Steel Solution

BEAM ENCASEMENT

Fire resistance category

F 30-A	F 60-A	F 90-A	F 120-A
--------	--------	--------	---------

Fermacell in mm

10	10 + 10	15 + 12.5	18 + 18
----	---------	-----------	---------

Minimum lining thickness for steel girders with $Hp/A \leq 300 \text{ m}^{-1}$

COLUMN ENCASEMENT

Fire resistance category

F 30-A	F 60-A	F 90-A	F 120-A	F 180-A
--------	--------	--------	---------	---------

Fermacell in mm

10	2 x 10	2 x 15 + 1 x 12.5	4 x 15	5 x 15
----	--------	-------------------	--------	--------

Minimum lining thickness for steel supports with $Hp/A \leq 300 \text{ m}^{-1}$

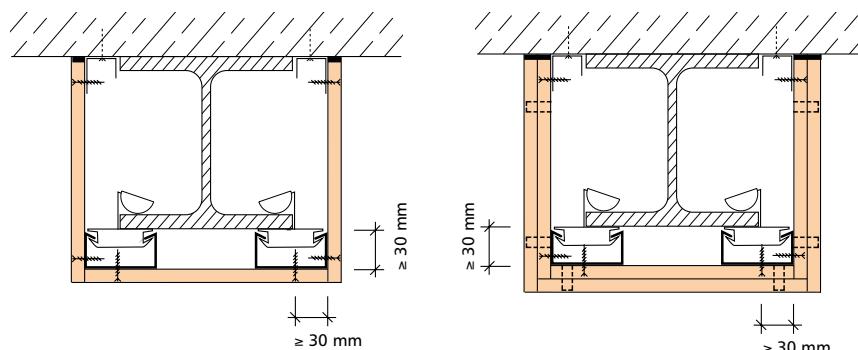
FIRE PROTECTION

COMPONENT DETAILS

www.fermacell.co.uk

BEAM & COLUMN ENCASEMENT

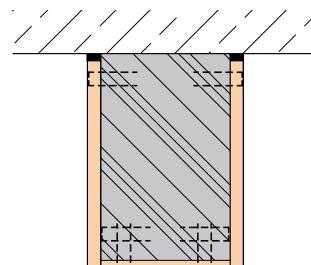
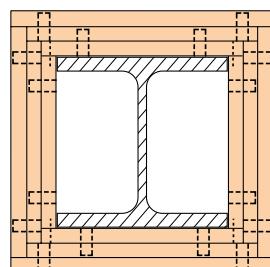
3 SIDED BEAM CONSTRUCTIONS



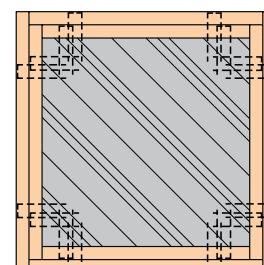
Single-layer steel beam encasement
for 3-sided exposure to fire

2 layer steel beam encasement
for 3-sided exposure to fire

Multiple layers can be stapled board to board using proprietary diverging staples, refer to the Fermacell Dry Lining Walls and Ceilings guide for further details, or contact our Technical Department on **+44 (0) 870 6090 306**.



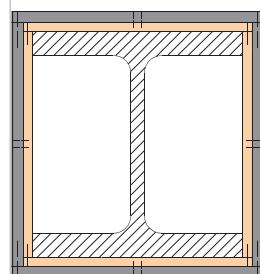
1 layer timber beam lining F30-B
for 3-sided exposure to fire



2 layer timber support lining
F60-B for 4-sided exposure to fire

For 30 minute constructions with one layer of Fermacell, edge joints should be sealed with a fire rated mastic. For multiple layer constructions, the outer layer should be jointed with Fermacell Joint filler or Jointstik.

USING FERMACELL POWERPANEL HD BOARD



Fire resistance/ Fire test category	Hp/A	Fermacell Powerpanel HD	Fermacell Gypsum Fibreboard	Report
F 30-A	≤ 300	15 mm	-	P-30004/1293
F 60-A	≤ 300	15 mm	-	
F 90-A	≤ 160	15 mm	-	
F 120-A	≤ 120	15 mm	12.5 mm	

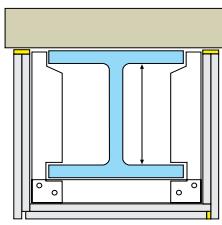
Layer buildup dependent on Hp/A rating.

Classification to DIN 4102

BEAM & COLUMN ENCASEMENT

SYSTEM SPECIFICATIONS

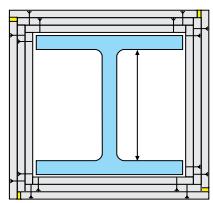
BEAM ENCASEMENT



For $Hp/A > 300m^{-1}$

		Board Weight kg/m ²	Fire Rating from below mins
SubFrame	Steel clip system, timber grounds	11.5	30
Facings	1 layer 10 mm Fermacell Board one side		
SubFrame	Steel clip system, timber grounds	23	60
Facings	2 layers 10 mm Fermacell Board one side		
SubFrame	Steel clip system, timber grounds	33	90
Facings	1 layer 15 mm Fermacell Board plus 1 layer 12.5 mm Fermacell Board one side		
SubFrame	Steel clip system, timber grounds	42	120
Facings	2 layers 18 mm Fermacell Board one side		

COLUMN ENCASEMENT



For $Hp/A > 300m^{-1}$

		Board Weight kg/m ²	Fire Rating from below mins
SubFrame	Steel clip system, timber grounds or frameless casing	11.5	30
Facings	1 layer 10 mm Fermacell Board one side		
SubFrame	Steel clip system, timber grounds or frameless casing	23	60
Facings	2 layers 10 mm Fermacell Board one side		
SubFrame	Steel clip system, timber grounds or frameless casing	51	90
Facings	2 layer 15 mm Fermacell Board plus 1 layer 12.5 mm Fermacell Board one side		
SubFrame	Steel clip system, timber grounds or frameless casing	72	120
Facings	4 layers 15 mm Fermacell Board one side		
SubFrame	Steel clip system, timber grounds or frameless casing	90	180
Facings	5 layers 15 mm Fermacell Board one side		

FIRE PROTECTION

PERFORMANCE DETAILS

www.fermacell.co.uk

FIRE PROTECTION WITH INDEPENDENT LINING SYSTEMS

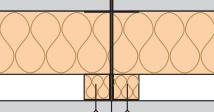
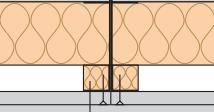
		Wall Weight kg/m ²	Wall Height m	Wall Thickness mm	Fire Rating mins	Improved Sound Insulation ΔR^1_w	Grade BS 5234/ DIN 4103
SYSTEM SPECIFICATIONS							
3S11							
	Studs	50 mm DIN standard studs @ 600 mm centres					
	Facings	1 layer 15 mm Fermacell Board one side	23	3	65	30	20
	Insulation	50 mm mineral wool density 40 kg/m ³					Heavy
	Studs	75 mm DIN standard studs @ 600 mm centres					
	Facings	1 layer 15 mm Fermacell Board one side	23	3.5	90	30	20
	Insulation	50 mm mineral wool density 40 kg/m ³					Severe
	Studs	100 mm DIN standard studs @ 600 mm centres					
	Facings	1 layer 15 mm Fermacell Board one side	23	4.1	115	30	20
	Insulation	50 mm mineral wool density 40 kg/m ³					Severe
3S12							
	Studs	50 mm DIN standard studs @ 600 mm centres					
	Facings	1 layer 12.5 mm Fermacell Board plus 1 layer 10 mm Fermacell Board one side	32	3	72.5	30	N/A
	Studs	75 mm DIN standard studs @ 600 mm centres					
	Facings	1 layer 12.5 mm Fermacell Board plus 1 layer 10 mm Fermacell Board one side	32	3.5	97.5	30	N/A
	Studs	100 mm DIN standard studs @ 600 mm centres					
	Facings	1 layer 12.5 mm Fermacell Board plus 1 layer 10 mm Fermacell Board one side	32	4.5	122.5	30	N/A
3S21							
	Studs	50 mm DIN standard studs @ 600 mm centres					
	Facings	2 layers 12.5 mm Fermacell Board one side	41	3	75	60	22
	Insulation	50 mm mineral wool density 38 kg/m ³					Severe
	Studs	75 mm DIN standard studs @ 600 mm centres					
	Facings	2 layers 12.5 mm Fermacell Board one side	41	3.5	100	60	22
	Insulation	50 mm mineral wool density 38 kg/m ³					Severe
	Studs	100 mm DIN standard studs @ 600 mm centres					
	Facings	2 layers 12.5 mm Fermacell Board one side	41	4.75	125	60	22
	Insulation	50 mm mineral wool density 38 kg/m ³					Severe

FIRE PROTECTION

www.fermacell.co.uk

PERFORMANCE DETAILS

FIRE PROTECTION WITH SHAFTWALL SYSTEMS

SYSTEM SPECIFICATIONS		Wall Height without Fire Rating	Wall Height with Fire Rating	Wall Thickness	Fire Rating	Sound Insulation	BS 5234/ DIN 4103	Grade	Partitions
SHAFTWALL 1									
	Studs	Back to Back 100 mm x 0.7 mm Shaftwall profile stud at max 400 mm centres							
	Facings	1 layer 15 mm Fermacell Board plus 1 layer 12.5 mm Fermacell Board one side	6	4	112.5	60/ 30	47	Severe	
	Insulation	60 mm mineral wool density 33 kg/m³ with infill strips							
Fire performance for integrity only 60/60									
SHAFTWALL 2									
	Studs	Back to Back 100 mm x 0.7 mm Shaftwall profile stud at max 400 mm centres							
	Facings	1 layer 15 mm Fermacell Board plus 2 layers 12.5 mm Fermacell Board one side	6	4	125	120/ 60	52	Severe	
	Insulation	60 mm mineral wool density 33 kg/m³ with infill strips							
Fire performance for integrity only 120/120									
	Studs	Back to Back 100 mm x 0.7 mm Shaftwall profile stud at max 400 mm centres							
	Facings	1 layer 15 mm Fermacell Board plus 3 layers 12.5 mm Fermacell Board one side	6	4	137.5	120/ 120	52	Severe	
	Insulation	60 mm mineral wool density 33 kg/m³ with infill strips							

SHAFTWALL

From simple fire rated independent linings to full shaftwall solutions, Fermacell offers a range of performance systems from 30 minutes to 2 hours. Using simple stud systems and standard Fermacell Boards, without the need for any specialist board, the Fermacell Shaftwall system offers speed of installation, whilst retaining our excellent environmental credentials.

Flammex N



Description

Pare-vapeur en polyéthylène blanc, difficilement combustible.

Domaines d'application

Frein à la vapeur d'eau et étanchéité à l'air pour le bâtiment.

Flammex N doit être protégé des UV.

Données techniques

Propriétés	Symboles	Unités	Val. mesurée	Normes
Epaisseur	d	[mm]	0.2	—
Indice d'incendie	I-I	[—]	5.2	AEAI
Epaisseur d'une couche d'air équivalente	s	[m]	100	SIA 279
Température limite d'emploi	θ_{\max}	[°C]	80	—
Poids surfacique	m	[g/m ²]	185	—

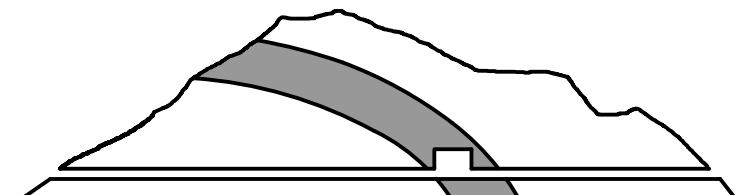
Assortiment

Largeurs cm	Prix CHF/m ²	Longueurs cm	Colis isolés (CI)		Palettes perdues (PA)	
			Rouleaux	m ²	CI	m ²
200	2.70	5000	1	100	32	3200
300	2.70	3300	1	99	32	3168

Appendix 12

Special conditions (GGT)

**ANDRA BGR CRIEPI ENRESA GRS HSK IRSN
JAEA NAGRA OBAYASHI SCK·CEN SWISSTOPO**



Mont Terri Project

APPEL D'OFFRES

Laboratoire souterrain

FE - Experiment

CONDITIONS PARTICULIERES

N°	2011_01
----	---------

Auteurs du projet:



**G R O U P E
G R A N D S T R A V A U X**
RTE DE FONTENAIS 77
2900 PORRENTRUY
TEL. 032 423 19 11
FAX 032 423 19 12

swisstopo
+ + +

Bundesamt für Landestopografie
Office fédéral de topographie
Federal Office of Topography

Date : 28.10.2011

Autres éléments et ordre de priorité

102 / 07 Conditions particulières

Norme SIA 118 "Conditions générales pour l'exécution des travaux de construction".

Soumission: 0 CAN: 102 Conditions particulières F/04(V'07)
Partie:

102 Conditions particulières	
000	Conditions générales
	<p>. Articles de réserve: les articles qui ne correspondent pas aux textes originaux du CAN ne seront introduits que dans les fenêtres de réserve prévues à cet effet et leur numéro sera précédé de la lettre R (voir "CAN Construction - Informations pour les utilisateurs", chiffre 6).</p> <p>. Descriptif abrégé: descriptif dans lequel seules les deux premières lignes des articles et des sous-articles fermés sont imprimées, les sous-articles avec variables étant repris, eux, intégralement. Les descriptifs abrégés s'utilisent p.ex. comme documents de travail. Dans tous les cas, ce sont les textes complets du CAN qui font foi (voir "CAN Construction - Informations pour les utilisateurs", chiffre 10).</p>
100	Intervenants, données relatives à l'ouvrage projeté, ampleur des travaux
120	Adjudicateurs, chefs de projet, concepteurs, directeurs de travaux
121	Maître d'ouvrage, commettant, propriétaire.
	<p>.100 Maître d'ouvrage, commettant.</p> <p>.110 Maître d'Ouvrage. swisstopo Fabrique de Chaux 65 2882 St-Ursanne Téléphone +41 32 461 35 85 Télécopieur +41 32 461 36 88 E-mail : paul.bossart@swisstopo.ch Directeur : Dr Paul Bossart</p>
	<p>.200 Propriétaire.</p>
	<p>.210 République et Canton du Jura</p>
122	Chefs de projet, responsables du controlling.
	<p>.100 Chef de l'ensemble du projet.</p>
	<p>.110 swisstopo Fabrique de Chaux 65 2882 St-Ursanne Téléphone +41 32 461 35 85 E-mail : christophe.nussbaum@swisstopo.ch Project Manager : Christophe Nussbaum</p>
123	Concepteurs, consultants.
	<p>.300 Ingénieurs civils.</p>
	<p>.310 GGT SA Rte de Fontenais 77 2900 Porrentruy</p>

Soumission: 0 CAN: 102 Conditions particulières F/04(V'07)
Partie:

123.310 Téléphone +41 32 423 19 11
Télécopieur +41 32 423 19 12
E-mail : r.daneluzzi@ggt-sa.ch
Collaborateur responsable : *Roberto Daneluzzi / Berat Ijazi*

124 Directeurs de travaux.

.200 Direction générale des travaux.

swisstopo
*Fabrique de Chaux 65
2885 St-Ursanne
Téléphone +41 32 461 20 40
Télécopieur +41 32 461 20 47
E-mail : thierry.theurillat@swisstopo.ch
Collaborateur responsable : Thierry Theurillat*

.300 *Responsable du site*

*Thierry Theurillat
Fabrique de Chaux 65
2885 St-Ursanne
Téléphone +41 32 461 20 40
Télécopieur +41 32 461 20 42
E-mail : thierry.theurillat@swisstopo.ch
Collaborateur responsable : Thierry Theurillat*

.400 Direction locale des travaux.

GGT SA
*Rte de Fontenais 77
2900 Porrentruy
Téléphone +41 32 423 19 11
Télécopieur +41 32 423 19 12
E-mail : r.daneluzzi@ggt-sa.ch
Collaborateur responsable : Roberto Daneluzzi*

130 Situation, affectation et description de l'ouvrage projeté, ampleur des travaux

131 Désignation de l'ouvrage projeté.

.100 *Laboratoire souterrain du Mont Terri*

132 Lieu d'exécution.

.100 Situation.

.110 Commune : *St-Ursanne*.
Chantier
Laboratoire souterrain du Mont Terri.

137 Description de la construction, des installations, des aménagements.

.100 L'ouvrage projeté est un développement du laboratoire de recherche souterrain existant.
La construction de la galerie a pour objectif, non seulement d'offrir la possibilité de réaliser des expériences nouvelles, mais également **d'analyser le comportement des argiles à Opalinus durant l'excavation.**

Dans ce but, certains instruments sont placés avant et durant l'excavation, ceci de manière

Soumission: 0 CAN: 102 Conditions particulières F/04(V'07)
Partie:

137.100 anticipée ou non aux travaux d'avancement. Des interruptions sont donc à envisager.
En acceptant ces travaux, l'entrepreneur s'engage à réaliser une galerie de recherche qui nécessite des conditions d'exécution hors des standards habituels.

140 Caractéristiques de l'ouvrage projeté, quantités principales

143 Quantités principales.

.100 le lot en question consiste dans l'excavation d'une galerie souterraine d'environ 50 m. Les quantités suivantes sont à prendre en compte:

- excavation de 375.60 m³ d'argiles à Opalinus
- pose de 579.40 m² de treillis d'armature K196
- pose de 42 tirants passifs métalliques
- pose de 5.5 tonnes de cintres de type TH
- exécution de 125.9 m³ en place de BP
- OPTIONNEL pose de:
 - 90 tirants passifs fibres de verre
 - 104 tirants passifs métalliques
 -

160 Structurations

161 Subdivision de l'ouvrage projeté, localisation des prestations.

.200 Localisation des prestations.
L'ouvrage n'est pas subdivisé en partie d'ouvrage.

200 Appel d'offres, critères de qualification et d'adjudication, annexes

210 Application simplifiée

211 Appel d'offres, critères de qualification et d'adjudication; échéances de l'appel d'offres, renseignements, lieu et délai de dépôt de l'offre; dossier d'appel d'offres; offre, annexes; variantes, sous-traitants, fournisseurs, co-entrepreneurs; sûretés de l'entrepreneur.

.100 *La procédure d'appel d'offres et les exigences qui lui sont liées sont traitées dans le document "Directives administratives" qui accompagne le dossier d'appel d'offres.*

240 Dossier d'appel d'offres

241 Documents fournis à l'entrepreneur.

.300 Plans, expertises, schémas et similaires.

.310 *Galerie FE situation, accès et dépôts:* 2011_01-001
Galerie FE situation et coupes: 2011_01-002

Soumission: 0 CAN: 102 Conditions particulières F/04(V'07)
Partie:

241.310 *Galerie FE plan d'excavation et soutènement:* 2011_01-003
Galerie FE plan de surveillance: 2011_01-004

Tous les plans sont datés du 28/10/2011.

300 Terrain, données locales

320 Terrain, eaux, sites contaminés, vestiges archéologiques

321 Terrain.

.400 *Dégagement de gaz.*

L'ouvrage est considéré en classe de danger de gaz : 0 selon feuillet technique SUVAPro n° 66102.f.

322 Eaux souterraines, zones protégées.

.200 Zones et périmètres protégés.

.210 *Tout le chantier se situe en zone de protection des eaux S3.*

330 Canalisations, conduites, ouvrages, installations et aménagements existants

331 Conduites hors sol.

.300 Conduites, câbles.

.310 *Equipement de la galerie de sécurité (16 kV, fibre optique, téléphone, etc...).*

332 Canalisations et conduites enterrées.

.500 Electricité.

.510 *Alimentation et réseau existant.*

.600 Télécommunication.

.610 *Réseau existant.*

.700 *Eaux du massif.*

Canalisation d'évacuation des eaux de la galerie de sécurité.

350 Entraves, restrictions, conditions difficiles

351 Entraves, restrictions, conditions difficiles.

.100 Conditions résultant du fonctionnement d'une exploitation ou du chantier, de visiteurs, de visites guidées du chantier, d'horaires de travail spéciaux, de travail par équipes ou du travail de co-entrepreneurs.

.110 *Laboratoire souterrain existant :*

Les travaux seront organisés de manière à ne pas perturber l'exploitation du laboratoire

Soumission: 0 CAN: 102 Conditions particulières F/04(V'07)
Partie:

351.110 *souterrain existant. Toutes les mesures nécessaires (accès, traitement des poussières, etc ...) seront comprises dans les prix d'installation de chantier.*

Des cloisons de protection anti-poussière sont prévues et rémunérées selon la série de prix.

Les matériaux utilisés pour ces cloisons devront être ininflammables ou ignifugés. Les protections ne satisfaisant pas à cette condition seront remplacés à charge de l'entrepreneur.

.120 *Galerie de sécurité du Mont Terri :*

Les travaux seront organisés de manière à ne pas perturber l'exploitation de la galerie de sécurité. Toutes les mesures nécessaires (libération, traitement des poussières, nettoyage, etc...) seront comprises dans les prix d'installation de chantier.

.130 Visites du chantier :

De manière générale, les visites de chantier se feront sans perturber les travaux. Si elles nécessitent un arrêt momentané du chantier, l'entreprise sera rémunérée selon l'article 263.531.111 de la série de prix.

.140 Equipement de mesures "périmétriques"

Un équipement de mesure est déjà mis en place sur la périphérie de la galerie à excaver. Il est constitué de forages en éventail ou parallèles réalisés depuis la niche FE-A.

Les têtes des forages susmentionnés doivent être protégés de manière efficace dans la niche FE-A. Cependant ces têtes doivent rester atteignables en tout temps pour les besoins de l'expérience. Dans cette même niche un équipement du MO occupe l'espace côté Sud et réduit le volume disponible pour l'entrepreneur.

La présence de ces forages "périmétriques" et de son équipement qui doit impérativement être préservé, va compliquer l'exécution en nécessitant une implantation précise des forages radiaux [tirants d'ancrage, extensomètres, etc] de la galerie à réaliser. Au début de l'excavation l'entrepreneur se renseigne sur la position et l'inventaire de l'équipement "périmétrique". Un fichier 3D au format .dwg regroupant l'ensemble de l'équipement à préserver sera remis à l'entrepreneur en début du chantier.

L'entrepreneur est rendu attentif que l'endommagement de l'équipement "périmétrique" susmentionné risque de compromettre l'ensemble de l'expérience. Le cas échéant, il en sera tenu responsable.

D'autre part, un forage longitudinal carotté a été réalisé dans la section de la galerie, il n'est pas équipé.

L'ensemble de ces difficultés sont à inclure dans les prix unitaires.

360 Dessertes de chantier

361 Accès routiers.

.100 Routes, voies carrossables et similaires.

.110 *Galerie de sécurité.*

Restrictions : Libération de la galerie de sécurité en tout temps possible dans un délai de 10 min.

Modalités de nettoyage et d'entretien :

Nettoyage hebdomadaire du chantier et des accès pour éliminer la poussière s'y déposant.

Nettoyage à la fin du chantier, de la centrale de ventilation jusqu'au portail Sud, ainsi que dans

Soumission: 0 CAN: 102 Conditions particulières F/04(V'07)
Partie:

361.110 *le laboratoire.*

Les nettoyages seront rémunérés selon l'article correspondant de la série de prix.

370 Places de stationnement, aires de transbordement et de dépôt, locaux, installations de chantier

371 Places de stationnement, aires de transbordement et de dépôt existantes.

.100 Places de stationnement.

.110 *Places de stationnement dans la galerie de sécurité.*

.200 Aires de transbordement.

.210 *Places de stationnement dans la galerie de sécurité.*

.300 Aires de dépôt.

.310 *Matériaux d'excavation : Galeries de chaux de St-Ursanne - caverne principale.*

.320 *Déchêts de béton :*
DCMI de l'entrepreneur

400 Utilisation de biens-fonds, droits d'usage, réseaux de distribution et d'évacuation

410 Application simplifiée

411 Utilisation de biens-fonds appartenant à des tiers; réseaux de distribution et d'évacuation, déchets de chantier.

.100 *L'utilisation de toutes les surfaces est soumise à autorisation préalable de la direction des travaux.*

430 Réseaux de distribution

431 Alimentation électrique.

.100 *Alimentation 16 kV du transformateur situé dans la niche C.*

Consommation payante.

L'entreprise installera un compteur électrique.

Seul le raccordement électrique à la niche C est autorisé. Pour un questions de protection des équipements, **tout raccords dans la niche FE-A est interdit.**

.200 *Puissance mise à disposition : 400 kVA.*

Service de l'électricité : FMB Energie SA, 2900 Porrentruy.

432 Alimentation en eau potable et industrielle.

.100 *Alimentation depuis la liaison transversale du tunnel routier*

Consommation payante.

Soumission: 0 CAN: 102 Conditions particulières F/04(V'07)
Partie:

433 Raccordement à un réseau de communication ou installation d'un moyen de communication.

- .100 *Téléphones du consortium Mont Terri.*
Gratuit pour une utilisation limitée au strict nécessaire.

434 Alimentation en air comprimé, installations d'air comprimé.

- .100 Un article des installations rétribue l'entrepreneur pour la mise à disposition de l'installation de l'air comprimée.
L'entrepreneur mettra l'air comprimée à disposition du Maître d'Ouvrage et de ses contractants.
Cette prestation est à inclure dans l'art. CAN 113.351.101.

435 Autres installations d'alimentation.

- .100 Eclairage.
L'entrepreneur mettra son éclairage à disposition du Maître d'Ouvrage et de ses contractants.
Cette prestation est à inclure dans l'art. CAN 113.335.201.

440 Réseau d'évacuation, déchets de chantier

441 Traitement et évacuation des eaux usées.

- .200 Eaux polluées.
.210 Exigences.
Sur zone de chantier et dans tout le laboratoire MTP
Les eaux de chantier doivent être récoltées et évacuées de la zone. Celle-ci doit impérativement être protégée de souillures ou infiltrations d'eau.

Zone place de parc

Seuls les eaux répondant aux exigences d'une évacuation en zone S3 peuvent être évacuées via la galerie d'évacuation et les bassins de décantation.

Eau de nettoyage

Le nettoyage de l'équipement utilisé par l'entrepreneur [tuyaux d'injection, pompe etc] doit être réalisé en dehors du laboratoire. Il n'est toléré aucun déversement sur le chantier.

Un contenant prévu sur la place de parc par l'entrepreneur, doit permettre un stockage temporaire. Le contenu sera évacué en accord avec les bases légales.

L'article R 113.983.391 rétribue les prestations consécutives. Les taxes sont à inclure dans les prix unitaires d'injection.

442 Gestion des déchets de chantier.

- .200 Mesures envisagées.
.210 *Récolte des déchets de chantier en tout genre. Triage par type de déchets y compris évacuation à une décharge autorisée et taxes.*

500 Protection des personnes, des biens, du chantier, des abords

Soumission: 0 CAN: 102 Conditions particulières F/04(V'07)
Partie:

520 Protection des personnes et des biens

521 Dangers, accidents majeurs.

.200 Accidents majeurs.

.210 *Voir concept de sécurité du laboratoire souterrain tenu à disposition par le MO.*

522 Analyse des risques.

.100 *Voir concept de sécurité du laboratoire souterrain tenu à disposition par le MO.*

524 Organisation des secours.

.100 *Voir concept de sécurité du laboratoire souterrain tenu à disposition par le MO.*

525 Mesures de protection.

.100 Exigences.

.110 *Limitation de la poussière dans la galerie de sécurité et dans le laboratoire souterrain.*

.200 Mesures envisagées.

.210 *Arrêt du chantier sur demande du chef de site ou de la DLT.*

530 Protection du chantier

532 Protection d'installations et d'aménagements existants.

.100 Protection contre la présence d'eau

L'utilisation d'eau dans tous le laboratoire **est strictement limitée** à l'indispensable sur la zone d'avancement et essentielle à l'application du béton projeté et à l'injection des tuyaux Bullflex.

IMPORTANT: L'entrepreneur doit s'assurer que ses équipements, conduites ou raccords ne présentent aucune fuite ou perte, si minime soit-elle.

L'entrepreneur veillera particulièrement à récupérer l'éventuelle eau de condensation issue du dépollueur.

L'entrepreneur devra assumer tous les dégâts directs ou indirects causés par les pertes d'eau provenant de ses installations.

L'entrepreneur emploiera des méthodes qui n'utilisent pas d'eau [forages à sec des tirants, excavation sans apport d'eau, etc..].

540 Protection des abords

541 Protection contre la pollution atmosphérique.

.100 Exigences.

.110 *Limitation de la poussière dans la galerie de sécurité et dans le laboratoire souterrain.*

Un nettoyage hebdomadaire de la galerie de sécurité et du laboratoire est nécessaire afin de limiter la recirculation des poussières. Voir également art. 361.110 des présentes conditions particulières.

L'entrepreneur mettra la ventilation à disposition des contractants du MO, à qui il facturera

Soumission: 0 CAN: 102 Conditions particulières F/04(V'07)
Partie:

541.110 *l'exploitation.*

543 Protection contre les ébranlements.

.100 Exigences.

.110 *Avancement à la machine en rocher (MUF).*

Voir également article 821.110 des présentes conditions particulières.

Le minage est interdit.

550 Protection des eaux, du sol, de la flore et de la faune

551 Protection des eaux superficielles.

.100 Exigences.

.110 Fuites ou pertes de liquides

Mise à disposition de produit absorbant en quantité suffisante ainsi que des bacs de récolte.

.200 Mesures envisagées.

.210 *Limitation d'infiltration de boue dans la canalisation de la galerie de sécurité.*

552 Protection des eaux souterraines.

.100 Exigences.

.110 *Récupération de tous les liquides dangereux ou pollués, accidentellement déversés.*

.200 Mesures envisagées.

.210 *Arrêt du chantier sur demande du chef de site ou de la DLT.*

600 Planification des travaux, délais, primes, pénalités

620 Planification des travaux

621 Déroulement des travaux.

.100 But de la galerie FE

La galerie FE a pour but de simuler un dépôt radioactif profond à l'échelle 1:1.

Le comportement thermo-dynamique-mécanique du massif est analysé sous l'effet d'une source de chaleur. L'expérience consiste à confronter des équipements et des techniques d'exécution à la réalité de la construction d'une galerie idoine. Raison pour laquelle, certaines techniques qui peuvent paraître "surclassées" dans le cas présent, auront tout leur sens dans le cadre d'un dépôt à forte profondeur.

623 Phases de construction.

.100 Le déroulement de l'expérience FE est prévu en plusieurs phases.

1. préalablement au démarage des travaux du présent lot, forages et pose périphérique à la section d'excavation, d'un équipement permettant des mesures parallèles aux travaux d'excavation. Cet

Soumission: 0 CAN: 102 Conditions particulières F/04(V'07)
Partie:

- 623.100 équipement est déjà en fonction au démarrage du lot GC proposé,
2. excavation de la galerie FE [objet du présent lot],
 3. observation [12 mois] du comportement de la galerie FE après les travaux,
 4. pose de la voie, des canisters et remplissage de FE à la bentonite. Mise en service des équipements,
 5. observation et mesure du comportement de FE à long terme.

IL EST SOULIGNÉ LE CARACTÈRE SCIENTIFIQUE DE LA GALERIE A EXÉCUTER.

Concernant l'expérience FE, **l'entrepreneur doit comprendre qu'il doit assumer un rôle de partenaire dans le déroulement de l'expérience**, plutôt qu'un rôle limité à la réalisation d'un objet défini commandé.

624 Programme des travaux.

.100 *A fournir par l'entrepreneur.*

L'entrepreneur est libre d'organiser son travail. Il doit toutefois respecter les conditions cadres définies par les présentes conditions particulières [longueur d'abattage plafonnée à 1.5 m, profil complètement protégé par du BP chaque soir etc..].

630 Echéances, délais

631 Echéances relatives aux travaux préparatoires.

.100 Essais BP Low-PH

Description : dans le cadre de l'expérience FE, le MO souhaite mettre en oeuvre un béton projeté se caractérisant par une valeur PH réduite. Dans ce but, il est nécessaire de développer une recette de BP projeté par voie sèche qui est à trouver sur la base d'une recette existante par voie humide.

Ce type de BP est caractérisé par un dosage important de fumée de silice [40% en remplacement du ciment].

L'entrepreneur est tenue d'organiser rapidement [dès connaissance de l'adjudication] les essais préliminaires de façon à pouvoir réaliser une dernière validation lors de l'exécution du tronçon A.

Le tronçon B ne sera pas entamé sans validation de la recette en terme de mise en place et de résistance initiale et à 21 jours.

Les articles du CAN 112 du DD rémunèrent l'ensemble des prestations nécessaires au développement et aux essais [prélèvement, essais et rapport résultats].

632 Début des travaux.

.100 Echéance : 19 mars 2012.

Le MO prévoit le début des travaux selon la date susmentionnée. Toutefois un retard lié à la réalisation des forages "périmétriques" et à la mise en place des équipements n'est pas à exclure. Dans le but de régler ce report éventuel, l'entrepreneur intègre les éléments suivants dans son offre et les positions d'installations.

- Un décalage de 2 semaines ne conduit à aucune indemnisation.
- Dès la 3e semaine [11e jour travaillé], l'entrepreneur à droit à une indemnité définie à la position R 113.983.191 du devis descriptif. Les jours au delà d'un nombre fini de semaine sont indemnisés au pro rata de la semaine.
-

635 Fin des travaux.

.100 Echéance : juin 2012.

Soumission: 0 CAN: 102 Conditions particulières F/04(V'07)
Partie:

640 Primes, pénalités, système bonus/malus

644 Location de routes et autres aires de travail.

.300 Mise à disposition des installations

Conditions de location pour période prolongée ou écourtée

Le DD prévoit une période de location prolongée de 2 mois et écourtée de 1 mois pour les installations. L'entrepreneur est informé que le prix unitaire mensuel respectif offert sera appliqué quelque soit le nombre de mois à considérer.

650 Règlement des litiges

651 Règlement des litiges.

.300 *Droit applicable et for.*

Le droit applicable est le droit suisse.

Le for est à Berne.

700 Réglementation en vigueur, exigences particulières

720 Réglementation SIA

721 Normes, prénormes, recommandations et directives de la SIA.

.100 *Les normes techniques (**swisscodes**) et administratives (**CGC**) de la SIA sont applicables.*
La norme SN EN 206-1:2000 est applicable à la production, la livraison et le contrôle des bétons.

.200 *Pour la protection de l'environnement, les normes, directives et recommandations de la SIA sont applicables, en particulier :*
- Norme **SIA 430** Gestion des déchets de chantier.
- Recommandation **SIA 431** Evacuation et traitement des eaux de chantier

730 Réglementation VSS

731 Normes et recommandations de la VSS.

.100 *Les normes VSS SN sont applicables.*

.200 *Pour la protection de l'environnement, les normes VSS SN sont applicables, en particulier :*
- Norme **VSS 640 610a** Suivi environnemental de la phase de réalisation (SER).
- Norme **SN 592 000** Evacuation des eaux des biens-fonds (ASPEE 1990).

750 Exigences particulières

751 Exigences particulières concernant l'ouvrage et son exécution.

.100 *Complément du Consortium Mont Terri à la norme SIA 118 « **Conditions générales pour la construction du laboratoire souterrain** » (édition 2010).*

Soumission: 0 CAN: 102 Conditions particulières F/04(V'07)
Partie:

751.200

.300 **BASES LEGALES**

Les principales bases légales fédérales sont les suivantes :

- *Loi fédérale sur la protection de l'environnement (**LPE**) du 7.10.1983 et ses ordonnances d'application.*
- *Ordonnance sur la protection de l'air (**OPair**) du 16.12. 1985, état au 1 janvier 2009, modification du 23 juin 2004.*
- *Ordonnance sur les atteintes portées au sol (**OSol**) du 1.7.1998.*
- *Ordonnance sur les mouvements de déchets spéciaux (**OmoD**) du 22.06.2005.*
- *Ordonnance sur la protection contre le bruit (**OPB**) du 15.12.1986.*
- *Ordonnance sur le traitement des déchets (**OTD**) du 10.12.1990.*
- *Ordonnance sur la radioprotection (**ORaP**) du 22.06.1994, état au 1 janvier 2011.*
- *La loi fédérale sur la protection des eaux (**LEaux**) du 24.1.1991 et ses ordonnances d'application.*
- *Ordonnance sur la protection des eaux (**OEaux**) du 28.10.1998.*
- *Ordonnance sur la protection des eaux contre les liquides pouvant les polluer (**OPEL**) du 1.7.1998.*
- *Loi fédérale sur la pêche (**LFSP**) du 21.06.1991.*
- *Loi fédérale sur la protection de la nature et du paysage (**LPN**) du 1.07.1966, état au 1 janvier 2008.*
- *Directive fédérale (OFEFP) sur le **bruit des chantiers** du 24 mars 2006.*
- *Directive fédérale (OFEFP) "Protection de l'air sur les chantiers" du 20 août 2009.*

.400 **Principales bases légales cantonales :**

- *Ordonnance sur la protection des eaux du 6 décembre 1978.*
- *Loi sur les constructions et l'aménagement du territoire (**LCAT**) du 25 juin 1987.*
- *Loi sur l'utilisation des eaux, du 26 octobre 1978.*
- *Loi sur les déchets du 24 mars 1999.*
- *Ordonnance sur les mesures de protection à prendre en cas d'événement impliquant des matières dangereuses du 13 novembre 2001.*
- *Ordonnance concernant le développement et la protection de la pêche, ainsi que l'aménagement des eaux poissonneuses du 6 décembre 1978.*

.500 **Prescriptions du Groupe Permanent d'Intervention A16.**

Prescriptions des propriétaires d'ouvrages (FMB, Swisscom, etc...).

.600 Tolérances d'excavation de la section.

L'excavation de la galerie FE-C exige **une excavation douce et respectueuse du massif encaissant, de façon à réduire l'EDZ** [Excavation Disturbed (or damaged) Zone].
Rappel: l'avancement à l'explosif [SPV] est interdit.

De plus, une précision élevée de la forme circulaire de la section est attendue ce qui influence le choix de la forme de la tête d'abattage.
En dérogation aux normes SIA 197,198 et 118/198,
un écart maximal de + 5 ou - 3 cm par rapport à la ligne théorique d'excavation est à respecter impérativement.

.700 Exécution de forages

Un équipement de surveillance a été préalablement placé en périphérie de la section de la galerie FE-C. Les forages à réaliser de manière radiale à la section peuvent entrer en conflit avec le dit équipement . Pour cette raison, **l'entrepreneur doit s'assurer avant chaque**

Soumission: 0 CAN: 102 Conditions particulières F/04(V'07)
Partie:

751.700 **forage, de la position, de l'orientation et de la profondeur du forage qu'il s'apprête à réaliser.** En cas de dommage consécutif à une négligence de sa part, l'entier des coûts consécutifs lui incombe.
Rappel: les articles 351.140 et 821.130 sont également à prendre en compte.

Les prestations supplémentaires résultant de cette exigence sont à répercuter sur les prix unitaires.

Le forage à l'eau est strictement interdit.

Une aspiration des poussières est exigée durant le forage.

800 Procédés de construction, exploitation du chantier

820 Procédés de construction, particularités techniques

821 Méthode et technique de construction.

.100 Pour l'ensemble de l'ouvrage.

.110 Selon prescription du maître d'ouvrage.

Généralités:

Sauf indications particulières l'ensemble des travaux souterrains est régie par les normes SIA 198 et 118/198. Toutefois, les exigences suivantes sont impératives et non négociables hors de la phase d'appel d'offres. L'entrepreneur qui souhaite modifier une ou plusieurs exigences, est tenu de l'annoncer par écrit dans une annexe à son rapport technique. Cette annexe sera intitulée "modifications souhaitées par l'entrepreneur". Chaque modification y sera décrite de manière détaillée et chiffrée en termes de coût et délai. Le MO reste toutefois libre de les refuser. Le montant de l'offre peut par conséquent, être adapté sur la base des "modifications" acceptées.

- *Le type d'excavation en **pleine section** est retenu pour l'excavation de FE.*
- *Une seule classe d'excavation est retenue.*
- *La longueur d'abattage maximal autorisée est de 1.5 m. Aucune progression n'est possible avant le soutènement prévu en L1 du tronçon préalablement excavé.*
- *Les longueurs suivantes de secteurs de travaux sont retenues: L1 : 1.5 m ; L2 : 15 m ; L3 = solde.*
- *L'ensemble du soutènement [excepté la 2e couche de béton projeté] est posé en zone L1.*
- *L'application de béton projeté est faite par voie sèche. Les accélérateurs y relatifs sont de type **non alcalins**.*
- *L'emploi d'eau durant l'avancement, les forages ou comme moyen de nettoyage, est strictement interdit. Le nettoyage du rocher s'exécute à l'air.*
- *L'entrepreneur complète les art. CAN 263.421.211, 263.421.221 et 273.433.411 avec la valeur prévue du hors-profil spécifique d'excavation moyen.*
- *La réalisation de l'ouvrage se fait en parallèle de mesures scientifiques. Des relevés géologiques ou géodésiques, parfois durant les heures de travail de l'entreprise, sont réalisés quotidiennement par le MO; le soir et 1 h entre l'excavation et le soutènement. La pose de treillis en parallèle reste envisageable.*
- *Ces difficultés sont à inclure dans les prix unitaires d'excavation.*
-

.120 Selon prescription du maître d'ouvrage.

Soumission: 0 CAN: 102 Conditions particulières F/04(V'07)
Partie:

821.120 Cintres TH

- La mise en place de cintre TH [coulissants] nécessite un montage en plusieurs étapes.
Recouvrement [2x par cintre]
- Dans un 1er temps les cintres sont assemblés au moyen d'éclisses boulonnées et serrées sur la moitié de la longueur de recouvrement. L'autre moitié est soudée directement après montage.
Zones de déformation [2x par cintre]
- Les zones de déformation sont tenues en L1 à l'aide d'éclisses qui sont serrées à la clef dynamométrique. Elles ne seront pas recouvertes de BP avant la décision de blocage [coffrage dans le DD].
- Au moment du blocage des cintres, les zones de déformation seront solidarisées par 2 cordons de soudure sur les 2 tranches des cintres et sur une longueur de 40 cm minimum. distanceurs [8x par cintre]
- L'attache des distanceurs de cintres est du type oeillet. 8 distanceurs seront répartis sur les 4 arcs composant un cintre.

Assise Bullflex

- Le MO prévoit la mise en place et le remplissage immédiat de tuyaux Bullflex. Cette mise en place interviendra en parallèle du montage du cintre, les tuyaux Bullflex étant attachés aux cintres.
- L'injection sera entreprise immédiatement à la fin du montage du Bullflex sur le cintre.
- Une pression de 3 à 5 bars sera nécessaire pour garantir le remplissage en calotte.
- **ATTENTION :**
- Le mortier d'injection au travers des tuyaux Bullflex, ne devra pas rendre de l'eau en excès. L'entrepreneur prendra un soin particulier à ne pas éclabousser d'eau la zone de travail lors de l'opération d'injection.
- Les tuyaux d'injection et la pompe seront conduit en dehors du laboratoire pour leur nettoyage (zone de parc). Le résidu de nettoyage sera stocké et ou évacué dans le respect de la législation. L'article R 113.983.391 rétribue ces prestations.
-

.130 Selon prescription du maître d'ouvrage.

Treillis

Les sections de soutènement envisagées prévoient la réalisation de zones de déformation. Ces dernières nécessitent une pose adéquate du treillis d'armature en particulier des zones de recouvrements qui seront justement placées au droit des zones de déformation. L'entrepreneur en tiendra compte à la commande des matériaux déjà, en adaptant la longueur des treillis.

Béton projeté [BP]

La « kopfschutz » n'est pas considérée comme du béton projeté. Elle est réalisée entièrement, en termes de quantités comme de sur-excavation nécessaire, sous la responsabilité de l'entrepreneur . Elle n'est pas rémunérée et doit être inclue dans les prix unitaires d'excavation. Sur le tronçon D et E, la « kopfschutz » est remplacée par des treillis métalliques qui eux sont rémunérés.

Le BP retenu est du type Low-PH. Il fait l'object d'essais préliminaires qui doivent conduire à une première mise en place sur le tronçon A. Sur ce tronçon, des échantillons seront encore prélevés dans le but de valider son engagement [essentiellement compression simple]. Le tronçon B ne peut être démarré avant l'autorisation du MO qui dépend des résultats obtenus.

Le type de BP retenu est CBP 3-8-2. Les propriétés exigées sont XC3, XD1. **Attention la teneur en chlorides, max est de 0.2.** La classe de résistance initiale: J2.

Les sections de soutènement envisagées prévoient la pose de béton projeté en minium 2

Soumission: 0 CAN: 102 Conditions particulières F/04(V'07)
Partie:

821.130 couches. La première intervient rapidement à la suite de l'excavation et de la pose du treillis. L'entrepreneur doit protéger les zones de déformation [voir cintres TH] afin de les laisser libre de béton projeté et d'autoriser par la même leur fonction.
Le devis descriptif rémunère cette protection à l'article 266.372.101 et 266.373.211.
La fermeture des zones de déformation intervient selon les différents critères explicités par tronçons aux articles 821.210 à .240.

Tirants passifs

Les tirants d'ancrage prévoient uniquement des scellements chimiques. La réalisation des tirants **NECESSITE** une implantation non seulement de la **position** du tirant mais également de son **orientation**.

RAPPEL : les tirants ne doivent en aucun cas entrer en conflit avec l'équipement périphérique, voir également les articles 351.140 et 751.700.

.200 Pour une partie de l'ouvrage.

.210 Partie d'ouvrage: tronçon A:

Selon prescription du maître d'ouvrage.

Ce tronçon se caractérise par la pose de treillis métalliques, de cintres TH, d'assise type "bullflex" et de BP.

- Objectif: Obtenir la fermeture du soutènement chaque soir.
- longueur d'abattage maximum: 1.5 m puis 1.0 m en m' par m'

• Soutènement:

L1

1. exécution de la "kopfschutz"
2. pose de treillis métalliques goujonnés,
3. pose du centre TH"libre" de convergences [serré, non bloqué] avec assise [bullflex],
4. Injection de l'assise "bullflex",
5. exécution de max 5 cm de BP en laissant libre les zones de recouvrement des TH,

L2

6. le blocage des cintres est activé plus tard selon une des conditions suivantes:
 - consécutivement à des mesures de convergences trop importantes [ordre de la DT]
 - lié à la sécurité des intervenants [décision partagée]
 - sur instructions de la DT.
7. exécution du solde de l'épaisseur de BP.

.220 Partie d'ouvrage: tronçon B et C

Selon prescription du maître d'ouvrage.

Ce tronçon se caractérise par la pose de treillis et de BP. Les ancrages GFK sont optionnels et envisagés que si la section montre un signe d'instabilité.

- Objectif: Obtenir la fermeture du soutènement chaque soir [hors GFK].
- longueur d'abattage maximum: 1.5 m

Soumission: 0 CAN: 102 Conditions particulières F/04(V'07)
Partie:

- 821.220 • Soutènement:

L1

1. exécution de la "kopfschutz"
2. pose de treillis métalliques goujonnés,
3. exécution de max 5 cm de BP,

L2

4. exécution du solde de l'épaisseur de BP est activée plus tard selon une des conditions suivantes:
 - consécutivement à des mesures de convergences trop importantes [ordre de la DT]
 - lié à la sécurité des intervenants [décision partagée]
 - au plus tard à une distance de 4.5 m du front en laissant 2 zones de déformation de 50 cm.

L2 ou L3

5. Fermeture des 2 zones de déformation sur instructions de la DT.
6. OPTIONNEL pose d'ancrages GFK scellés chimiquement.
Attention, contrôle de l'orientation des forages[recoupement instrumentation périphérique].

- .230 Partie d'ouvrage: tronçon D:

Selon prescription du maître d'ouvrage.

Ce tronçon se caractérise par la pose de treillis, de tirants métalliques et de BP.

- Objectif: Obtenir la fermeture du soutènement chaque soir.

- longueur d'abattage maximum: 1.5 m

- Soutènement:

L1

1. exécution de la "kopfschutz"
2. pose de treillis métalliques goujonnés,
3. pose d'ancrages métalliques scellés chimiquement,
Attention, contrôle de l'orientation des forages [recoupement instrumentation périphérique].
4. exécution de max 5 cm de BP,

L2

5. exécution du solde de l'épaisseur de BP est activée plus tard selon une des conditions suivantes:
 - consécutivement à des mesures de convergences trop importantes [ordre de la DT]
 - lié à la sécurité des intervenants [décision partagée]
 - au plus tard à une distance de 4.5 m du front en laissant 2 zones de déformation de 50 cm.

L2 ou L3

5. Fermeture des 2 zones de déformation sur instructions de la DT
6. OPTIONNEL pose d'ancrages GFK scellés chimiquement.

Attention, contrôle de l'orientation des forages[recoupement instrumentation périphérique].

- .240 Partie d'ouvrage: tronçon E et F:

Selon prescription du maître d'ouvrage.

Ce tronçon se caractérise par la pose de treillis métalliques, de cintres TH et d'assise type "bullflex".

- Objectif: Obtenir la fermeture du soutènement chaque soir.

- longueur d'abattage maximum: 1.5 m puis 1.0 m en m' par m'

Soumission: 0 CAN: 102 Conditions particulières F/04(V'07)
Partie:

821.240 • Soutènement:

L1

1. pose de treillis métalliques goujonnés,
2. pose du cintre TH"libre" de convergences [serré, non bloqué] avec assise [bullflex],
3. Injection de l'assise "bullflex",

L2

5. le blocage des cintres est activé plus tard selon une des conditions suivantes:
 - consécutivement à des mesures de convergences trop importantes [ordre de la DT]
 - lié à la sécurité des intervenants [décision partagée]
 - sur instructions de la DT

840 Topométrie, implantation, mesures

842 Implantation, piquetage.

.100 Principes d'implantation.

.110 *A charge de l'entrepreneur.*

Selon plan d'exécution.

Le réseau de points de base du laboratoire est mis à disposition de l'entrepreneur.

Le MO a implanté et matérialisé dans la niche FE-A, 4 points définissant un point origine du réseau local pour l'exécution de la galerie FE. Cette origine doit servir à l'ensemble des intervenants collaborant à la réalisation de FE. Tous les documents de l'entrepreneur y feront référence.

843 Contrôles effectués par mesures.

.100 Plans et principes de contrôle.

.110 Plan de contrôle et surveillance

Concerne FE

La réalisation de FE fait l'objet d'une instrumentation et du suivi de cette dernière.

.200 Prestations du maître d'ouvrage.

.210 Plan de contrôle et surveillance

Le MO exploite et interprète les résultats de l'instrumentation. Il en informe régulièrement l'entrepreneur. L'information est rapprochée en cas de danger.

.300 Prestations de l'entrepreneur.

.310 Plan de contrôle et surveillance

L'entrepreneur est tenu de suivre les instructions du MO prévues par le plan de contrôle.

Une rémunération supplémentaire n'intervient qu'en cas de mesures particulières déclenchées par un seuil d'alerte voir d'alarme. Par mesures particulières, on entend des mesures qui ne font pas appel à des prestations prévues dans la série de prix.

Au cours des travaux.

844 Mesure des déformations.

.100 Plans de contrôle et de sécurité.

.110 *Des mesures de convergences, des extensomètres et des relevés de la géologie seront réalisés durant les travaux. Dans la mesure du possible, ils se feront pendant les pauses de l'entreprise. L'importante surveillance de l'ouvrage occasionnera des difficultés et gênes de*

Soumission: 0 CAN: 102 Conditions particulières F/04(V'07)
Partie:

844.110 *l'avancement.*

Des interruptions occasionnelles de l'avancement, de 30 minutes maximum, sont comprises dans les prix d'excavation.

L'éclairage, la ventilation, l'air comprimée et l'électricité sont mis à disposition du MO ou des ses contractants hors des heures de travail de l'entreprise et est rémunérée selon la série de prix.

.200 Prestations du maître d'ouvrage.

.210 Les 8 sections de mesures géotechniques prévoient:

- des mesures de convergences [cibles]
- des extensomètres
- des jauge de contraintes

Le MO se charge de la commande des équipements de mesures [goujons et cibles exceptés] et des mesures.

.220 Relevés de la géologie

Chaque jour, le MO effectue un relevé géologique détaillé avant la mise en place du BP. Voir également l'art.821.110.

.300 Prestations de l'entrepreneur.

.310 Sections géotechniques: Convergences

Au cours des travaux.

Le plan de surveillance de l'ouvrage prévoit la pose de 8 sections de convergences **à la suite de la réalisation de la "Kopfschutz".**

Les sections se composent de 5 boulons de convergences répartis sur le périmètre d'excavation. Les boulons sont ancrés dans le massif pour 6 sections et fixés à un cintre pour 2 sections. Ces boulons d'ancrages doivent permettre le montage ultérieur d'une cible géodésique de type

MB 002000.A de la firme SWISSAT ou équivalent.

Ces sections sont contrôlées régulièrement par un tiers.[Voir annexe 5]

Les prestations de l'entrepreneurs sont les suivantes:

- Fourniture de l'ensemble des pièces permettant l'équipement des sections [y compris petites fournitures]
- Forages et mise en place des boulons d'ancrage dans le massif ou sur cintre, **à proximité immédiate du front de taille** et montage de la cible. Y compris démontage et remontage des cibles lors de la mise en oeuvre de béton projeté, protection, nettoyage et maintenance des éléments de fixation durant les phases de travail.

Le devis descriptif rémunère ces prestations aux articles CAN 113.877.001 et 113.877.002.

Les difficultés d'avancement suite aux mesures des convergences et à la sauvegarde des sections sont à inclure dans les prix unitaires d'excavation. Une perturbation de moins de 30 minutes par jour est à inclure dans les prix unitaires d'excavation.

Après **exécution complète du soutènement** [2e couche BP + zones de déformation fermées] et sur demande du responsable des mesures de convergence, l'entrepreneur met à disposition un engin de levage permettant la manutention des cibles de mesure. Il sera rémunéré en régie pour cette prestation.

.320 Sections géotechniques: Extensomètres

Au cours des travaux.

Le plan de surveillance de l'ouvrage prévoit la pose de 2 sections d'extensomètres **à la suite de la réalisation de la "Kopfschutz".**

Soumission: 0 CAN: 102 Conditions particulières F/04(V'07)
Partie:

- 844.320 • Les sections se composent de 2 extensomètres à 4 points,
• les profondeurs d'ancrages envisagées sont: 7, 4, 2 et 1 m,
• le diamètre de forage doit être supérieur à 80 mm,
• les extensomètres sont positionnés sur le périmètre à 10 et 14h,

Ces sections sont contrôlées régulièrement par un tiers. Les prestations de l'entrepreneurs sont les suivantes:

- forage des extensomètres à points multiples,
- Aide à la mise en place, au scellement des extensomètres et leur sauvegarde, protection et tirage des câbles jusqu'à la niche FE-A.

Le devis descriptif rémunère le forage aux articles CAN 276.121 et 276.122.
L'aide pour la mise en place et le scellement est rétribuée en régie.

Les difficultés d'avancement suite aux mesures des extensomètres et à leur sauvegarde sont à inclure dans les prix unitaires d'excavation.

Après **exécution complète du soutènement** [2e couche BP + zones de déformation fermées] et sur demande du responsable des mesures de géotechniques, l'entrepreneur met à disposition un engin de levage permettant la manutention des extensomètres. Il sera rémunéré en régie pour cette prestation.

.330 Sections géotechniques: jauge de contraintes

Au cours des travaux.

Le plan de surveillance de l'ouvrage prévoit également la pose de jauge de contraintes.

- Les jauge sont fournies et posées par des tiers,
- les jauge sont positionnés sur le périmètre de la section,

Ces sections sont contrôlées régulièrement par un tiers.

Les prestations de l'entrepreneurs sont les suivantes:

- mise en place de tubes permettant de rassembler les câbles reliant les jauge,
- fixation des tubes avant mise en place du BP.

Le devis descriptif rémunère la fourniture des tubes aux articles CAN 275.100 et 275.200.
L'aide pour la mise en place et le scellement est rétribuée en régie.

Les difficultés d'avancement suite aux mesures des jauge et à leur sauvegarde sont à inclure dans les prix unitaires d'excavation.

850 Ventilation et chauffage de chantier, entretien,
nettoyage, service hivernal

851 Ventilation de chantier.

.100 Ventilateur.

Le système de ventilation devra permettre le respect des exigences de la SUVA.

.200 Dépoussiéreur.

L'entreprise mettra à disposition un système de dépoussiérage efficace et adapté à la géologie et aux conditions du chantier. L'air vicié devra être conduit au portail Sud par l'intermédiaire de la gaine de ventilation souple existante, afin d'éviter toute dispersion de poussière dans la galerie de sécurité, le laboratoire souterrain et les ouvrages liés à l'exploitation du tunnel autoroutier.

En cas de diffusion de poussière, les coûts de nettoyage de toutes les installations (laboratoire,

Soumission: 0 CAN: 102 Conditions particulières F/04(V'07)
Partie:

851.200 galerie de sécurité, ouvrages liées à l'A16) seront à charge de l'entreprise.
Toutes les prestations sont à inclure dans 113.973.111.

870 Garde et surveillance du chantier

871 Plans et principes de garde et de surveillance.

.100 Pour l'ensemble de l'ouvrage.

.110 Selon prescription du maître
d'ouvrage.

Le chantier se situe à l'intérieur de la zone en surpression. Les inconvénients et pertes de temps liés aux passages des sas, notamment lors du marinage, doivent être compris dans les prix unitaires.

900 Assurances, administration, contrôles de l'exécution

930 Assurances de l'entrepreneur

Assurances exigées par le maître d'ouvrage.

931 Assurance responsabilité civile de l'entrepreneur.

.100 Assurance de l'entrepreneur.
Compagnie d'assurance

Montant de couverture pour dommages corporels et matériels Fr.
Ces informations seront reportées dans le rapport technique.

940 Rapports, variations des prix, paiements, décompte

941 Rapports.

.100 Obligation de contrôle et
d'établissement de rapports.

.110 Pour travaux à prix unitaire.

Durant la phase d'adjudication, l'entrepreneur fournira à la DT les analyses de prix unitaires des positions du devis descriptif, basées sur le schéma SSE rempli dans le devis descriptif CAN 103 (salaires, matériaux, inventaire et prestations de tiers), que la DT demande.

Toutes les offres complémentaires de prix unitaires seront accompagnées d'une analyse de prix basée sur le schéma SSE.

.120 *Plan de contrôle de l'entrepreneur.*

L'entrepreneur tient à disposition de la DT, sur le chantier, tous les protocoles de contrôle de son plan de contrôle.

.130 Rapports journaliers,

contenu détaillé présentant les phases d'excavation, de marinage et de chaque phase de soutènement, avec les heures de début et de fin, ainsi que la localisation.

Les travaux en régie seront mis en évidence sur le rapport journalier.

En cas de régie, les rapports sont remis dans les 2 jours.

Soumission: 0 CAN: 102 Conditions particulières F/04(V'07)
Partie:

942 Facturation des variations de prix.

.100 Les variations de prix ne sont pas prises en compte.

943 Facturation, paiements.

.100 Exigences administratives.

.110 Revendications de l'entrepreneur

Les éventuelles revendications de l'entrepreneur doivent être annoncées dans un délai d'une semaine après l'apparition de la divergence.

.400 Délais.

.410 Délais de paiement,
jusqu'à 60 jours.

950 Autorisations, exigences des autorités

951 Autorisations.

.100 *Durées de travail, prescrites par le maître d'ouvrage :*

Les travaux sont régis par la convention collective de travail (CCT) du Jura.

Les pauses : selon CCT du Jura.

Le dimanche et les jours fériés : soumis à l'autorisation du SAMT et de la commission paritaire.

Les requêtes sont à établir par l'entrepreneur.

Les frais sont à charge de l'entrepreneur.

Interruption du travail en fin de semaine, jours fériés :

Sauf autorisation spéciale le travail n'est pas autorisé le samedi, le dimanche et les jours fériés.

.200 L'horaire de travail s'inscrira dans les plages possibles imposées par le Maître d'Ouvrage :
5H30 - 12H00 et 13H00 - 19H00.

Entre 7H30 et 17H30, la personne de contact en ce qui concerne la sécurité est le chef de site.
De 5H30 à 7H30 et de 17H30 à 19H00, une personne externe sera engagée pour assurer cette fonction.

960 Contrôles de l'exécution des travaux

961 Organisation des contrôles, répartition des responsabilités.

.100 Organisation des contrôles destinés à vérifier si les exigences ont été respectées.

.110 *Organisation du chantier et schéma décisionnel.*

*L'entreprise intégrera dans son PAQ le **schéma organisationnel** défini par le Maître d'Ouvrage pour le chantier. Celui-ci est fourni en annexe au présent document.*

963 Contrôles et essais de qualité.

.200 *Concernant les matériaux et produits ainsi que l'exécution des travaux.*

*L'entrepreneur établira un **plan de contrôle** des matériaux et produits. Les contrôles proposés seront comptés dans les prix unitaires. Ces contrôles répondront au minimum aux exigences définies par la Maître d'Ouvrage dans le **programme de contrôle** présenté en annexe.*

Soumission: 0 CAN: 102 Conditions particulières F/04(V'07)
Partie:

963.200

*L'entrepreneur présentera avant chaque séance de chantier le **suivi des contrôles** élaboré selon le modèle annexé aux présentes conditions particulières. Il s'agit d'un document interface Entrepreneur - DT.*

965 Laboratoires d'essais.

.100 *Laboratoire du maître d'ouvrage.*

Essais : contrôles d'exécution et de qualité, contrôles de réception.

Rémunération : par le Maître d'Ouvrage (échantillons répondant aux exigences).

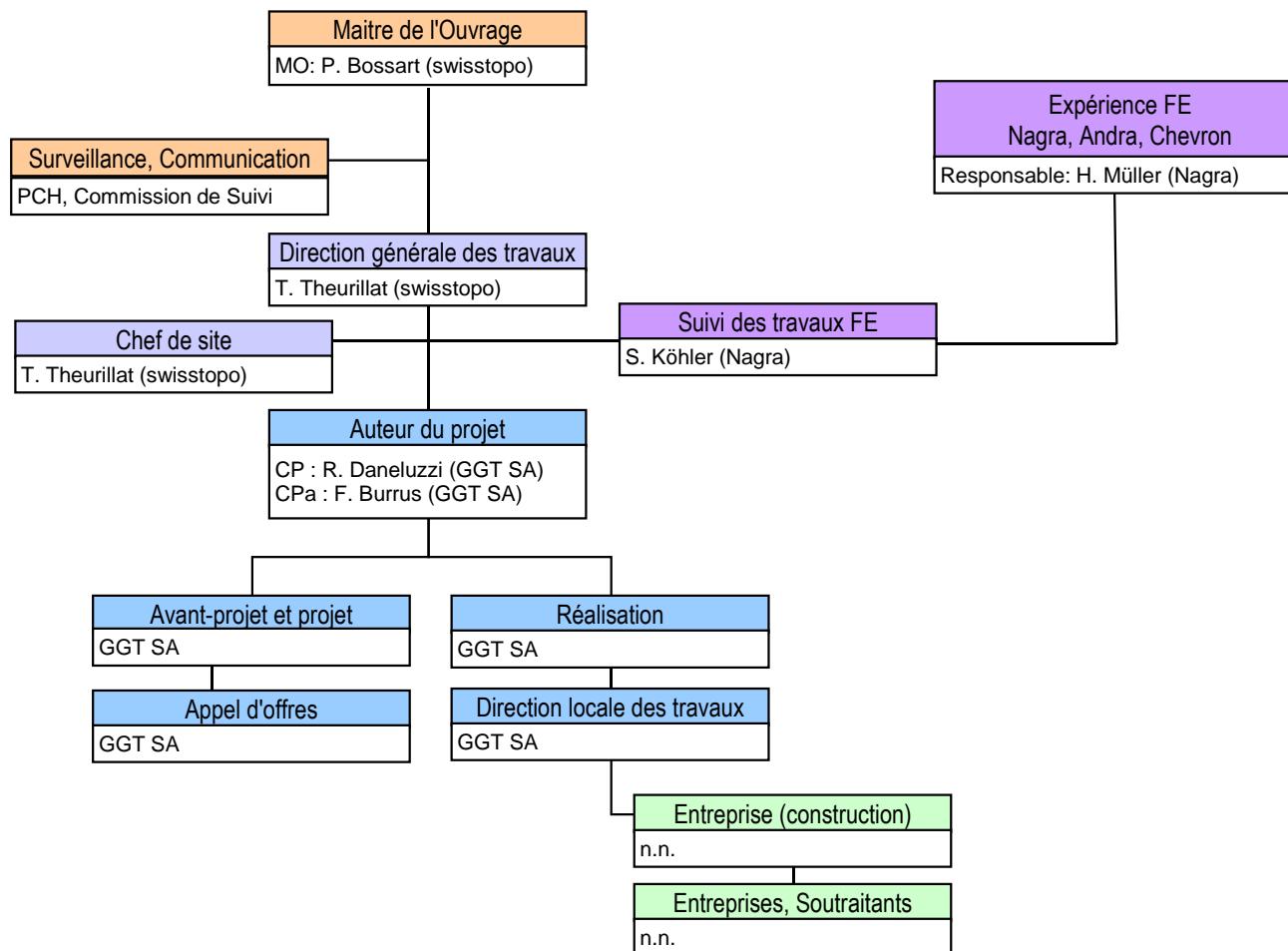
.200 *Essais : contrôles d'exécution et de qualité, de fabrication et de mise en œuvre.*

Rémunération : par l'entrepreneur.

Project Organisation

ANNEXE 1

Définition des fonctions



Programme de contrôle de l'entreprise (exigences du Maître d'Ouvrage)

Partie	Exigences du Maître d'Ouvrage						
	N°	Objectifs qualité	Eléments contrôlés	Exigences (bases ou références)	Type de contrôle	Fréquence de contrôle Exigence minimale	Enregistrements PAQ PHS PPE
Activité (exécution des travaux)							
Ouvrage global	5.1	Implantation / mensuration	Points d'implantation	Normes + plans	Détermination des coordonnées	A chaque implantation	Formulaire mensuration
	5.2	Excavation	Profil d'excavation	Plans et norme SIA 118/198	Contrôle du profil	A chaque étape	-
			Hors-profs géologiques	Norme SIA 118/198	Relevé du hors-profil	Après chaque étape	Relevé et calcul du hors-profil
			Qualité de la roche	Rapport géologique	Vérification visuelle	A chaque étape	-
	5.3	Marinage	Transport	Enregistrement des quantités	Bons de transport	Chaque jour	Rapport journalier
			Mise en dépôt	Conditions particulières	Contrôle visuel	Hebdomadaire	-
	5.4	Soutènement	Treillis	Recouvrement treillis : min. 30 cm	Contrôle visuel	A chaque étape	-
			Tirants d'ancrages passifs	Plans et normes	Contrôle lors du blocage de la tête	Pour chaque tirant d'ancrage	-
			Cintres métalliques	Plans et normes	Contrôle du gabarit	A chaque cintre	-
			Béton projeté - fourniture	Norme SN EN 206-1:2000	Protocole de production	A chaque gâchée	Bon de livraison
			Béton projeté - mise en œuvre	Norme SIA 118/198	Contrôle de l'épaisseur	A chaque étape	-
	5.5	Revêtement	Niveau	Plans et normes	Nivellement	Avant chaque bétonnage	Formulaire mensuration
			Béton revêtement - fourniture	Norme SN EN 206-1:2000	Protocole de production	A chaque gâchée	Bon de livraison
			Béton revêtement - mise en œuvre	Norme SIA 118/262	Contrôle visuel	A chaque étape de bétonnage	Quantité mise en œuvre
	5.6	Remblayage	Gravier / Enrobé - fourniture	Normes VSS	Protocole de production	A chaque livraison	Bon de livraison
			Gravier / Enrobé - mise en œuvre	Norme SIA 118/262	Contrôle visuel	A chaque étape	Quantité mise en œuvre

Programme de contrôle de l'entreprise (exigences du Maître d'Ouvrage)

Partie	Exigences du Maître d'Ouvrage						
	N°	Objectifs qualité	Eléments contrôlés	Exigences (bases ou références)	Type de contrôle	Fréquence de contrôle Exigence minimale	Enregistrements PAQ PHS PPE
Coûts et délais							
Ouvrage global	9	Coûts	Métrés	Maîtrise des quantités	Situation périodique	Mensuelle	Suivi périodique
	10		Prix complémentaires	Rémunération des modifications	Suivi des prestations	A chaque édition	Offres et analyses de prix
	12		Régie	Ordre de régie	Suivi des heures	A chaque édition	Rapports journaliers avec régie
Efficacité de l'entreprise							
Ouvrage global	16	Assurance qualité	Audits internes/externes	PAQ	Audit	Semestrielle	Rapport d'audit
			Non-conformités	PAQ	Enregistrement	A chaque non-conformité	Formulaire NC
			Actions correctives / préventives	PAQ	Traitement	A chaque AC / AP	Formulaire AC / AP
	17	Hygiène et sécurité	Protection des personnes	PHS + SUVA	Contrôle visuel	Continue	Formulaire de contrôle PHS
			Protection du chantier	PHS	Contrôle visuel	Continue	Formulaire de contrôle PHS
			Conditions de travail	PHS + SUVA	Contrôle visuel	Continue	Formulaire de contrôle PHS
	18	Protection de l'environnement	Protection de l'air	CP + Directive "Air Chantiers"	Contrôle visuel	Continue	Formulaire de contrôle PPE
			Protection des eaux	CP + zone de protection S3	Contrôle visuel	Continue	Formulaire de contrôle PPE
	23	Essais	Matériaux et mise en œuvre	Laboratoire de l'entreprise	Essais normalisés	Voir détails "Activité"	Rapport d'essai
	24	Satisfaction des intervenants	Coordination	Satisfaction des intervenants	Appréciation	Bimensuelle	PV séance de chantier
			Réactivité de l'entreprise	Satisfaction des intervenants	Appréciation	Bimensuelle	PV séance de chantier
			Respect des règles	Satisfaction des intervenants	Appréciation	Bimensuelle	PV séance de chantier

ANNEXE 3

Swisstopo

FE - Experiment

Période :Date / Signature du responsable :**Suivi des contrôles de l'entreprise (interface entreprise - DT) : Selon exigences MO**

Partie	N°	Objectifs qualité	Eléments contrôlés	Conformité	Responsable	Transmis à	Remarques	Référence PAQ PHS PPE entreprise
Activité (exécution des travaux)								
Ouvrage global	5.1	Mensuration	Points d'implantation	<input checked="" type="checkbox"/> ou <input type="checkbox"/> ou <input type="checkbox"/>				
	5.2	Excavation	Profil d'excavation	<input checked="" type="checkbox"/> ou <input type="checkbox"/> ou <input type="checkbox"/>				
			Hors-profils géologiques	<input checked="" type="checkbox"/> ou <input type="checkbox"/> ou <input type="checkbox"/>				
			Qualité de la roche	<input checked="" type="checkbox"/> ou <input type="checkbox"/> ou <input type="checkbox"/>				
	5.3	Marinage	Transport	<input checked="" type="checkbox"/> ou <input type="checkbox"/> ou <input type="checkbox"/>				
			Mise en dépôt	<input checked="" type="checkbox"/> ou <input type="checkbox"/> ou <input type="checkbox"/>				
	5.4	Soutènement	Treillis	<input checked="" type="checkbox"/> ou <input type="checkbox"/> ou <input type="checkbox"/>				
			Tirants d'ancrage passifs	<input checked="" type="checkbox"/> ou <input type="checkbox"/> ou <input type="checkbox"/>				
			Cintres métalliques	<input checked="" type="checkbox"/> ou <input type="checkbox"/> ou <input type="checkbox"/>				
			Béton projeté - fourniture	<input checked="" type="checkbox"/> ou <input type="checkbox"/> ou <input type="checkbox"/>				
			Béton projeté - mise en œuvre	<input checked="" type="checkbox"/> ou <input type="checkbox"/> ou <input type="checkbox"/>				
	5.5	Revêtement	Niveau	<input checked="" type="checkbox"/> ou <input type="checkbox"/> ou <input type="checkbox"/>				
			Béton de radier - fourniture	<input checked="" type="checkbox"/> ou <input type="checkbox"/> ou <input type="checkbox"/>				
			Béton de radier - mise en œuvre	<input checked="" type="checkbox"/> ou <input type="checkbox"/> ou <input type="checkbox"/>				
	5.6	Remblayage	Gravier / Enrobé - fourniture	<input checked="" type="checkbox"/> ou <input type="checkbox"/> ou <input type="checkbox"/>				
			Gravier / Enrobé - mise en œuvre	<input checked="" type="checkbox"/> ou <input type="checkbox"/> ou <input type="checkbox"/>				

ANNEXE 3

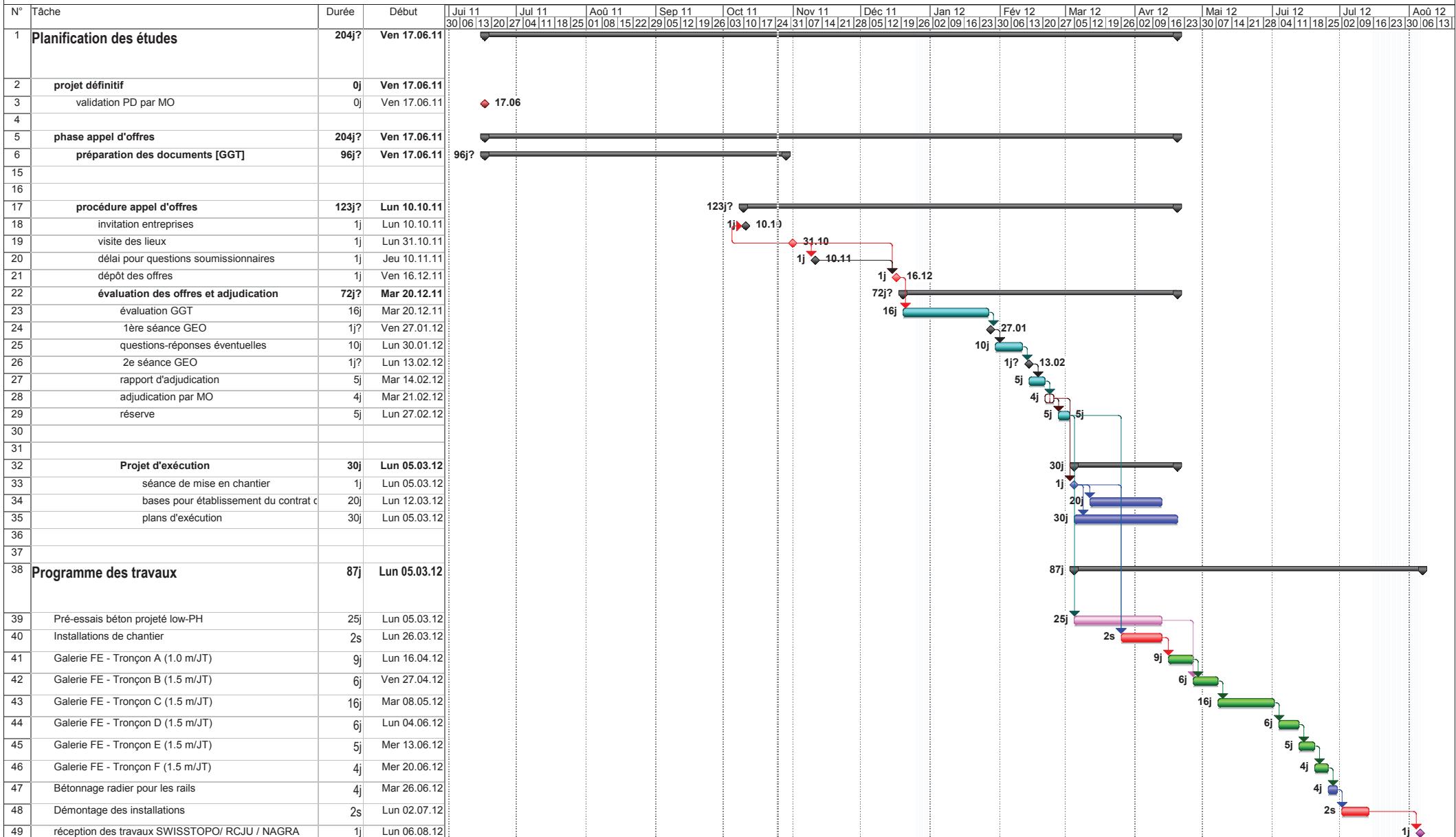
Swisstopo

FE - Experiment

Période :Date / Signature du responsable :**Suivi des contrôles de l'entreprise (interface entreprise - DT) : Selon exigences MO**

Partie	N°	Objectifs qualité	Eléments contrôlés	Conformité	Responsable	Transmis à	Remarques	Référence PAQ PHS PPE entreprise
Coûts et délais								
Ouvrage global	9	Coûts	Métrés	 ou  ou 				
	10		Prix complémentaires	 ou  ou 				
	12		Régie	 ou  ou 				
	15	Délais de réalisation	Programme des travaux	 ou  ou 				
Efficacité de l'entreprise								
Ouvrage global	16	Assurance qualité	Audits internes/externes	 ou  ou 				
			Non-conformités	 ou  ou 				
			Actions correctives / préventives	 ou  ou 				
	17	Hygiène et sécurité	Protection des personnes	 ou  ou 				
			Protection du chantier	 ou  ou 				
			Conditions de travail	 ou  ou 				
	18	Assurance environnement	Protection de l'air	 ou  ou 				
			Protection des eaux	 ou  ou 				
	23	Essais	Matériaux et mise en œuvre	 ou  ou 				
	24	Satisfaction des intervenants	Coordination	 ou  ou 				
			Réactivité de l'entreprise	 ou  ou 				
			Respect des règles	 ou  ou 				

	Semaine 13	Semaine 14	Semaine 15	Semaine 16	Semaine 17	Semaine 18	Semaine 19	Semaine 20	Semaine 21	Semaine 22	Semaine 23	Semaine 24	Semaine 25	Semaine 26	Semaine 27	Semaine 28	Semaine 29	Semaine 30
	26.03.2012	02.04.2012	09.04.2012	16.04.2012	23.04.2012	30.04.2012	07.05.2012	14.05.2012	21.05.2012	28.05.2012	04.06.2012	11.06.2012	18.06.2012	25.06.2012	02.07.2012	09.07.2012	16.07.2012	23.07.2012
	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J
Travaux																		
Installations de chantier																		
Galerie FE - Tronçon A (1.0 m/JT)																		
Galerie FE - Tronçon B (1.5 m/JT)																		
Galerie FE - Tronçon C (1.5 m/JT)																		
Galerie FE - Tronçon D (1.5 m/JT)																		
Galerie FE - Tronçon E (1.5 m/JT)																		
Galerie FE - Tronçon F (1.5 m/JT)																		
Bétonnage radier pour les rails																		
Démontage des installations																		
Sections 3D																		
FE - GM 5																		
FE - GM 14.5																		
FE - GM 22.6 + E																		
FE - GM 30.1																		
FE - GM 43.4																		
FE - GM 43.9																		
FE - GM 48.4																		
FE - GM 48.9																		
Interventions	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nombre de sections	126	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Matériaux d'excavation et déblais

La présente instruction a pour but d'informer les autorités communales ainsi que les entreprises, bureaux d'ingénieurs et particuliers concernés, sur la démarche à adopter afin de valoriser ou d'éliminer des matériaux d'excavation et déblais.

1 DEFINITION

Les matériaux d'excavation et déblais sont des matériaux inertes exempts de parties minérales de déchets de chantier et de démolition.

1.1 Matériaux d'excavation et déblais non pollués

Les matériaux d'excavation sont considérés comme « non pollués » quand leur composition naturelle n'est pas modifiée, chimiquement ou par des corps étrangers (déchets urbains, déchets verts, etc.).

1.2 Matériaux d'excavation et déblais pollués

Les matériaux sont considérés comme « pollués » lorsqu'ils sont :

- souillés par des substances dangereuses pour l'environnement
- mélangés avec plus de 5 % d'autres types de déchets (papier, fer, plastiques, etc.)

2 EVALUATION

L'évaluation de la composition des matériaux est de la responsabilité du maître d'ouvrage. Elle s'appuie autant que possible sur des critères tels que l'utilisation antérieure du site d'extraction et l'évaluation visuelle et olfactive des matériaux. En cas de suspicion de présence de substances dangereuses pour l'environnement, des investigations complémentaires doivent être effectuées, d'entente avec l'autorité compétente (ENV). A ce sujet, on sera attentif à consulter le cadastre des sites pollués. Un programme d'investigation sera ensuite élaboré et les possibilités d'élimination déterminées.

3 PRINCIPES

Toute découverte de matériaux pollués doit être annoncée à l'ENV, quelle que soit la phase du chantier, la nature ou la quantité de matériaux pollués.

Il est interdit de déposer des matériaux en dehors d'emplacements préalablement autorisés par l'ENV.

4 VALORISATION

4.1 Matériaux d'excavation et déblais non pollués

- sur le chantier

Les matériaux doivent, dans la mesure du possible, être valorisés sur le chantier même où ils sont produits (par exemple remblayage sur site), dans le cadre d'un permis de construire.

- remise en culture

Par remise en culture, on entend le comblement de sites d'extraction de matériaux comme des carrières, gravières et marnières. Le comblement de sites d'extraction est réglé dans le cadre du permis d'exploitation, sous la forme d'un plan de réaménagement.

- modifications de terrains

Les matériaux peuvent être exceptionnellement utilisés pour réaliser des modifications de terrains voulues dans le cadre d'un projet de construction. L'autorité compétente (ENV) peut autoriser de tels remblayages pour autant que la preuve du besoin soit reconnue et uniquement dans un but défini (ex. digue, talus antibruit, consolidation de berges de cours d'eau ainsi qu'aménagement paysager lié à la protection de la nature et du paysage).

L'utilisation pour des modifications de terrain est soumise à autorisation quel que soit le volume (Loi sur les déchets, art. 25) :

- **plus de 500 m² et/ou 1.20 m de hauteur**: un permis de construire (grand permis) avec demande de dérogation au sens de l'art. 24 LAT, délivré par la Section des permis de construire du Service de l'aménagement du territoire (SAT), est exigé.
- **moins de 500 m² et/ou 1.20 m de hauteur : l'autorisation délivrée par l'ENV est obligatoire dans tous les cas**: un permis de construire n'est pas requis mais le préavis de l'autorité communale est nécessaire.

- **sites de remblayage et apports de matériaux**

L'admissibilité pour l'ouverture d'un site de remblayage doit respecter la directive du Département de l'Environnement et de l'Equipement (DEE) y relative.

Une attestation de la qualité des matériaux d'excavation et déblais non pollués (Formulaire ENV IN05) doit être remplie pour toute remise de matériaux dans un site de remblayage.

4.2 Matériaux inertes pollués

Les matériaux inertes pollués doivent être séparés avant d'être valorisés ou éliminés. Toutes les fractions (matériaux inertes, papier, fer, plastique, etc.) seront éliminées conformément à leur nature.

En cas de contamination avec des substances dangereuses pour l'environnement, les matériaux seront obligatoirement éliminés selon leur teneur en polluants conformément aux législations en vigueur.

5 EXECUTION

Le maître d'ouvrage doit pouvoir apporter en tout temps la preuve de l'élimination conforme des matériaux.

L'autorité communale, en sa qualité de police, ordonne le rétablissement conforme à la législation lorsqu'elle constate un état de fait illicite ou la non-observation d'une prescription ou d'une décision exécutoire relative à l'évacuation de déchets ou de matériaux ou à la remise en état du terrain.

L'ENV ordonne, aux communes qui n'assument pas leurs obligations, de prendre les mesures découlant de la présente instruction et, cas échéant, agit à leur place et à leurs frais.

6 BASES LEGALES

6.1 Législation fédérale

Loi fédérale du 7 octobre 2003 sur la protection de l'environnement (LPE, RS 814.01)

Ordonnance du 10 décembre 1990 sur le traitement des déchets (OTD, RS 814.600)

Ordonnance du 18 mai 2005 sur la réduction des risques liés à l'utilisation de substances, de préparations et d'objets particulièrement dangereux (ORRChim)

Ordonnance du 22 juin 2005 sur les mouvements de déchets (OMoD, RS 814.610)

Directive pour la valorisation, le traitement et le stockage des matériaux d'excavation et déblais (Directive sur les matériaux d'excavation), OFEFP, juin 1999

6.2 Législation cantonale

Loi sur les déchets (RSJU 814.015)

Loi sur les constructions et l'aménagement du territoire (LCAT, RSJU 701.1)

Plan sectoriel des décharges (PSD)

Plan directeur cantonal (PDC)

Tableau « Filière d'élimination des déchets de chantier »

	Valorisation	Décharges	Autres
	Remise en culture dans le site autorisé par ENV Réutilisation in situ dans le génie civil ou le bâtiment Repreneurs spécialisés (réutilisation ultérieure) Repreneurs de déchets spéciaux Compost	Déblais non pollués (avec autorisation ENV) Matériaux inertes (DCMI)	Bioactives UIOM (usine d'incinération) Centre de tri Consulter l'ENV
Matériaux inertes			
Matériaux d'excavation / déblais non pollués *			
Revêtement bitumineux *			
Caissons de routes non pollués			
Béton			
Plaques en fibrociment (Eternit ®) *			
Plâtre / Crépi / Carrelage			
Tuiles / Briques / Ardoises			
Verre			
Laine de verre / de roche			
Déchets mélangés non pollués			
Métaux			
Déchets combustibles			
Bois façonné et / ou traité			
Plastique			
Textiles			
Papiers / cartons			
Sagex			
Ordures ménagères			
Autres:			
Déchets spéciaux			
Défrichage / jardinage			
Bois non traité (grume, tronc)			
Branches / broussailles / herbes			
Souches / cendres			
Décombres d'incendie			
Bois braisé / calciné			
Cendres			
Autres :			
Divers			
Résidus et dépotoirs de routes			
Résidus de fosses			
Déchets mélangés			
Autres matériaux non cités			
Matériaux pollués			
Non cités dans la présente liste			
 Filière prioritaire			
 Filière possible si la filière prioritaire ne peut être employée			

* directive spécifique disponible auprès de l'ENV

Pour toute question, l'ENV reste à disposition (032 420 48 00)

Remarques

Matériaux d'excavation

Les matériaux d'excavation correspondent aux déblais provenant des fouilles, de terrassements, de percements de tunnels, etc. Ils peuvent être de différente nature:

- Terre végétale et sous-couche arable => matériaux à valoriser. Il est important à veiller à leur propreté et au stockage de manière adéquate.
- Anciens remblais. On désigne ainsi les matériaux ayant servi autrefois à remblayer des fouilles, des gravières.... Leur composition est très variable et homogène. Ces matériaux doivent être déposés dans une décharge pour matériaux inertes (DCMI) à moins qu'une analyse de leur composition démontre leur innocuité.

Matériaux de démolition

Matériaux très hétérogènes. Les matériaux de démolition mélangés ne sont pas acceptés directement en DCMI; ils doivent subir un tri préalable à la source ou, si ce n'est pas possible, dans une installation autorisée.

wtc Scandinavian way **2011**

Underground spaces in the service
of a sustainable society



The background features a collage of images: a large circular inset on the left shows a modern building with a glass facade; another circular inset in the center shows a swimming pool area; a third circular inset on the right shows a large, illuminated dome or tunnel entrance; and a large, abstract blue shape at the bottom.

ITA-AITES

World Tunnel Congress
and 37th General Assembly

May 21-26, 2011
Helsinki, Finland

Low-pH Shotcrete: Application as Rock Support for Radioactive Waste Disposal

Mr. Volker Wetzig, VSH Hagerbach Test Gallery, Switzerland, vwetzig@hagerbach.ch

Mr. Thomas Fries, Nagra, Switzerland, thomas.fries@nagra.ch

Mr. Erik Iglesias, VSH Hagerbach Test Gallery, Switzerland, eiglesias@hagerbach.ch

Keywords: Shotcrete, Low pH, Underground Repositories for Radioactive Waste

Summary

The use of low-pH shotcrete for rock support in underground repositories for radioactive wastes would mitigate potential chemical interaction with repository components (Bentonite, Clay host rock) in the long-term. Low-pH shotcrete (consist of blended binder in which 40 wt% of the Portland cement is replaced with micro-silica) was developed in the EU integrated project ESDRED. Pilot- and full-scale field and demonstration tests at two different underground rock laboratories confirmed that low-pH shotcrete (wet mix) is a feasible alternative for rock support in underground repositories from a design and construction point of view. In terms of mechanical properties and application methods, this low-pH recipe proved to be comparable and compatible to ordinary shotcrete.

1. Introduction

The construction of underground repositories for high level radioactive wastes will require the use of significant amount of cementitious materials for structural support. The Swiss repository concept considers horizontal deposition drifts for waste canisters placed in clayey rock called Opalinus Clay at depth between 400 m and 900 m. Depending on the depth, sprayed concrete for rock support may be necessary to guarantee the stability of the excavations during construction and emplacement of the waste canisters for the needed period of about 2 years. There is no long-term safety requirement associated with this rock support.

The use of concrete in radioactive waste repositories needs special attention due to the potential chemical interaction with the disposal components. Concretes of varying chemical composition are not in equilibrium with the surrounding natural media or clay-based sealing / backfill materials (bentonite). Laboratory studies have shown that the slow dissolution of Calcium hydroxide (Portlandite) in ordinary Portland cement leads to a pore water pH higher than 12 [1]. In a repository system, the propagation of this alkaline fluid (high-pH plume) into the bentonite or into the clay rock may cause physicochemical transformations and may change the radionuclide retention properties of the barriers. From a long-term safety point of view the use of cementitious materials that generate pore waters with $\text{pH} \leq 11$ is an attractive approach [2]. One strategy to achieve a low-pH binder is to deplete the above mentioned Portlandite in ordinary Portland cement by adding reactive silica.

Within the framework of the EU Integrated Project *Engineering Studies and Demonstration of Repository designs* (IP ESDRED), recipes for low-pH shotcrete (LPC = low-pH cement) for rock support have been developed and tested in co-operation with various countries [3]. The low-pH is achieved by the use of a blended binder in which 40 wt. % of the Portland cement is replaced with micro silica.

While the utilization and performance of ordinary shotcrete (using ordinary Portland cement) in conventional construction works is well known, there is no experience concerning the workability and performance of low-pH shotcrete formulations.

This paper presents the results from pilot- and full-scale field and demonstration tests with low pH

shotcrete for rock support carried out from 2006 to 2010 in two different underground rock laboratories in Switzerland (Hagerbach Test Gallery, Rock Laboratory Mont Terri) and discusses some of the main findings in the context of using shotcrete as rock support in underground repositories.

The development of low-pH cementitious materials or shotcrete respectively is driven from long-term safety requirements for high active waste repositories. Some of the advantageous properties of these applications, such as low potential of forming sinter, could be of interest for other applications within the construction industry being aware that low heat concretes associated with less alkalinity were already developed many years ago.

2. Test work plan

2.1 Objectives and general description of the test work plan

The basic objective of these tests was to demonstrate the applicability and performance of low-pH shotcrete for rock support from an engineering perspective. Therefore, Nagra in co-operation with Hagerbach Test Gallery continued former recipe development and tests. In particular the main aims of the test were:

- to develop a well pumpable and easy to apply low-pH shotcrete (wet mixture) for rock support using common local components as for ordinary shotcrete in Switzerland;
- to demonstrate the suitability, applicability and competitiveness of low-pH shotcrete for rock support in Opalinus Clay under real construction work conditions (Focus on engineering aspects) and in comparison with ordinary shotcrete;
- to learn about the long term behaviour of LPC shotcrete (e.g. corrosion of reinforcement, development of pH, etc.)

The tests were carried out in four steps between 2006 and 2010 as follows:

In the first step (*phase 1*), the Swedish base recipe from the field tests at Äspö [4], was adjusted without changing the cement/microsilica ratio and type of set accelerator in order to achieve a pumpable wet mix. This wet mix was sprayed onto test panels (700 mm x 700 mm) using different amounts of alkali-free set accelerator. Various tests with fresh and hardened concrete were carried out. In the second step (*phase 2*), low pH shotcrete was applied to and tested on test panels prepared with approximately 4.7 m² Opalinus Clay samples. In the third step (*phase 3*), a large-scale field test was performed by spraying 6 m³ wet mix onto approximately 20 m² of unsupported horseshoe-shaped underground excavation at the Hagerbach underground facilities.

In the fourth step (*phase 4*), the applicability of low pH shotcrete for underground excavation rock support was demonstrated under real construction conditions in Opalinus Clay in the rock laboratory Mont Terri. In the course of excavating a new gallery (Fig. 1) two sections were lined, one with low-pH, the other with ordinary shotcrete using similar support sequence and equipment. Sprayed concrete lining of Niche 4 was varied after each excavation sequence of 1.5 m using different reinforcement. Standard concrete tests (fresh and hardened concrete) were carried out during and after shotcrete work. Long-term observation of sprayed concrete lining was provided either by taking samples and testing periodically (pH, mechanical properties) or by installing long term sensors (corrosion rate).



Fig. 1: Niche 4 at rock laboratory Mont Terri (Phase 4)

2.2 Functional requirements

The functional requirements for low-pH shotcrete for rock support can be derived from ordinary shotcrete and were defined as shown in Table 1. The required compressive strength corresponds to the characteristic cylindrical compressive strength f_{ck} according to the European Standards (EN 206). Based on the required strength $f_{ck,28d}$ of 30 MPa, the specified hardened shotcrete is equivalent to concrete class C30/37 according to EN 206, which, in terms of the standards, implies additional requirements concerning tensile strength, beam flexural strength, characteristic cube compressive strength, etc.

Table 1: Specification of mechanical properties for low pH shotcrete for rock support

Item	Specification
Compressive strength	≈ 10 MPa (36 hours) ≈ 20 MPa (7 days) ≈ 30 MPa (28 days) ≈ 40 MPa (90 days)
Early compressive strength	J2 according [5]
Young's Modulus	≈ 15 GPa (7 days) ≈ 20 GPa (28 days)
Bonding	≈ 0.5 MPa (7 days) ≈ 0.9 MPa (28 days)
Workability (time)	≥ 2 hours
Pumpability	> 15m
Slump	15 – 20 cm

Since the objective was to develop shotcrete for rock support, the early performance of the sprayed young concrete is important. The relevant property for assessing this is the *early compressive strength*. Sprayed concrete with class J2 according to [5], suitable as rock support if thick layers are applied very quickly and excavation proceeds immediately after shotcreting work, meets the support requirements.

3. Test Results

3.1 Mix design development (Phase 1)

The wet mix recipe from field tests at Äspö, Sweden within the framework of the ESDRED project served as the basis for the tests at Hagerbach. The difference from the Swedish mix was the use of local aggregates (natural rounded river sand and gravel instead of coarse crushed rock) and another Portland cement. Table 2 lists the wet mix base recipe and the products applied for the tests.

Table 3 shows the evolution of the mix design as a result of the suitability tests. The grain fraction curve of the aggregates coincides with the standardised base sieving curve of aggregates for concrete according to EN 12620 / 2002. Commonly used Portland cement CEM I 42.5 N was used and no air entraining agents were incorporated. The equipment used to measure out the components and to mix the concrete resulted in an accurate, good mixing process. The parameters applied for mixing the concrete (e.g. mixing time) were similar to those for ordinary concrete.

Table 2: Basic mix designs

Component	kg/m ³	Product
Water	158	
CEM I 42.5 N	210	Holcim, Normo 4
Micro silica	140	SikaFume®-HR/-TU
Sand 0/1	162	Tardis
Gravel 0/4	990	(natural rounded moist sediments)
Gravel 4/8	648	
Accelerator	5-9 wt % of cement	Sigunit®-L53 AF S (alkali free)
Superplasticizer	3	Glenium®51 (liquid)

Although the water content of the mix 1 was comparable to the one used in Äspö (Base mix), the wet mix was far too stiff. Since the aim was to not exceed a water/binder ratio of 0.50, the amount of superplasticizer was increased. With 5.25 kg/m³ (= 1.5 wt% of binder) of superplasticizer, the consistency appeared to be slightly improved but was still insufficient for pumping. Furthermore, workability time was substantially less than two hours. By increasing the amount of superplasticizer

up to 7 kg/m³ (corresponding to 2 wt% of binder), the wet mix (mix 4) finally showed the desired behaviour in terms of consistency for pumping, homogeneity, tendency to segregate and workability time.

The development tests showed that, with a reasonable admixing formulation, a homogeneous, pumpable wet shotcrete mix with sufficient workability time can be produced which is fully comparable to ordinary shotcrete. In order to achieve the required pumpability, the water/binder ratio has to be 0.50 rather than less, without significantly increasing the amount of additives.

Table 3: List of low-pH wet mixes tested at Hagerbach

Mix	Base Mix	Mix 1	Mix 2	Mix 3	Mix 4
Component:	kg/m ³				
Water	158	179	166	190	175
CEM I 42.5 N	210	210	210	210	210
Silica fume (940U/EN 13263)	140	140	140	140	140
- Filler (quartz sand)					
- Sand 0/1	162	184	184	175	175
- Sand 0/4	990	1'111	1'110	1'057	1'057
- Gravel 4/8	648	690	692	672	672
Aggregates in total	1'800	1'985	1'986	1'904	1'904
Superplasticizer „Glenium 51“	3.00	3.50	5.25	7.00	7.00
Air entraining agent "Sika Air S"	2.5	-	-	-	-
Water/binder ratio [%]	0.45	0.51	0.47	0.54	0.50
Water/cement ratio [%]	0.75	0.85	0.79	0.90	0.83
Slump (0 min) [mm]		150	130	235	220
Slump (120 min) [mm]				230	160
Flow table (0 min) [mm]		330	400	550	500
Flow table (120min) [mm]				550	430
Air content [%]		4.0	6.1	4.5	4.7
Density [kg/m ³]		2'283	2'262	2'268	2'299

3.2 Pre-tests on panels (Phase 1)

A 2 m³ batch of wet mix 4 was prepared for carrying out spraying tests on panels. The spraying operation was launched two hours after mixing the concrete in order to demonstrate the specified workability time. The wet mix was transported in a ready-mix drum on a lorry. Modern wet-mix spraying equipment (MEYCO Suprema[®]) with an electronically controlled push-over system ensures virtually pulsation-free conveyance of the wet mix from the pump to the nozzle. The concrete had to be forced through a 30 m long pumping pipe and the nozzle was connected to a remote controlled manipulator. This equipment corresponds to state-of-the-art sprayed concrete wet-mix equipment and delivers good quality, homogeneous shotcrete.

The dosage of alkali-free set accelerator was varied between 5 and 15 wt% of the cement (equivalent to 10.5 to 31.5 kg/m³). The concrete was sprayed onto wooden panels.

Fig. 2 shows the main results for early compressive strength and compares them with the early compressive strength requirements for shotcrete according to [5]. In principle, the low-pH wet mix reacts well with the admixture of set accelerator and sufficient early strength can be achieved for all dosages. Compared with typical ordinary shotcrete, the early strength performance is compatible.

Fig. 3 shows the measured *cylindrical compressive strength* after setting of the concrete begins and up to an age of 90 days. While the compressive strength after two days remains below the specified characteristic strength f_{ck} , the long-term compressive strength clearly exceeds the required strength, except for mixes with high set accelerator dosages. Set accelerator dosages above 11 wt% cement caused significant losses of long-term compressive strength, as was to be expected. The results confirm that the long-term compressive strength drops in as a function of increased set accelerator dosage. A comparison with ordinary shotcrete shows that, on the long term, low pH shotcrete behaves in an equivalent way, despite having significantly less cement. Initially, within the first couple of days, the compressive strength does not meet the requirements. The hardening of low pH shotcrete thus seems to be retarded compared to ordinary shotcrete.

Young's Modulus was determined on three core samples taken perpendicular to the shotcrete layers from moulds with 5 wt% set accelerator (mix 4) at an age of 28 days. The mean value measured was 25.2 GPa.

Shrinkage has been measured on 4 samples up to the age of one year. So far, shrinkage after 180 days is in the range of 1.22 to 1.28 %, which is significantly higher than the long-term shrinkage of normal cast-in-place concrete, but corresponds with the shrinkage of ordinary shotcrete.

An indication of the permeability is derived by measuring the penetration depth of water under an applied pressure of 0.5 MPa. The maximum penetration depth measured for all samples was in the range of 6 to 15 mm. This is significantly below the specified admissible maximum penetration depth of 50 mm for so-called 'watertight concrete' according to EN 7031.

3.3 Large scale application test (Phase 2)

In order to investigate the performance of low-pH shotcrete mix for rock conditions as envisaged in future waste repositories in Switzerland, spraying tests have been carried out on prepared

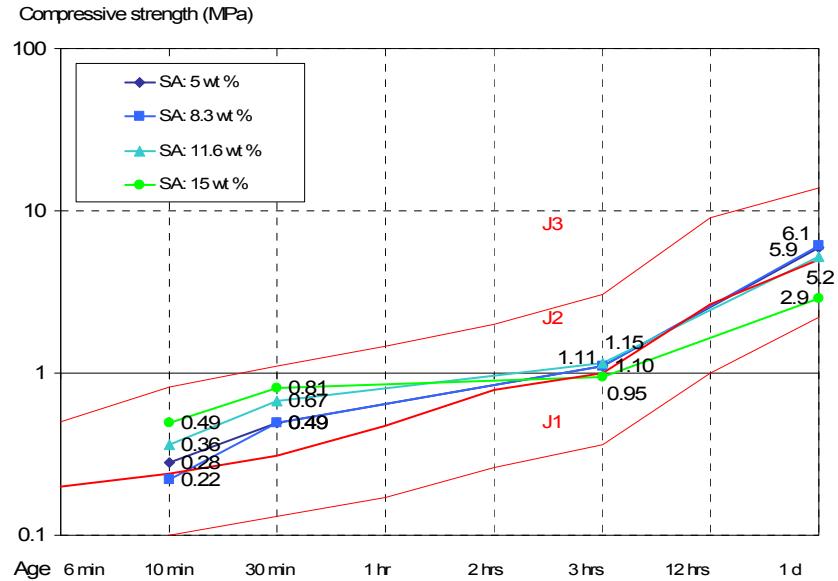


Fig. 2: Early compressive strength at different ages for varying amounts of set accelerator (SA) compared with required early compressive strength according to [5]

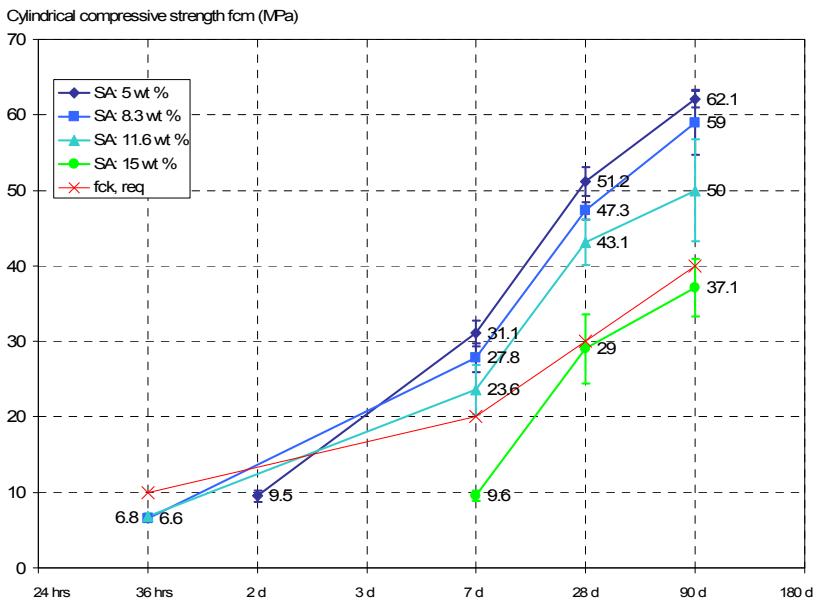


Fig. 3: Cylindrical compressive strength at different ages for varying amounts of set accelerator (SA) compared with required compressive strength $f_{ck,req}$

Opalinus Clay samples (Fig. 4). The adhesiveness or false setting of the accelerated low-pH wet mix proved to be sufficient for spraying 150 mm of shotcrete onto the Opalinus Clay.

Bonding on Opalinus Clay could not be measured due to the very low inter-layer tensile strength of the claystone. This could be caused by the humidity of the sprayed concrete, since Opalinus Clay disintegrates quickly in contact with water. However, this bonding behaviour is not due to the shotcrete recipe and therefore cannot be influenced by selecting low-pH shotcrete. It indicates rather that the sequence for spraying concrete (both ordinary and low-pH shotcrete) onto Opalinus Clay should be modified to prevent failure in the outer layer of claystone while spraying. However, it is known that the bonding strength between shotcrete and rock often exceeds the tensile strength of the rock itself. Typical measured bonding strengths between shotcrete and rock are in the range of 0.1 to 2.7 MPa. Instead of measuring on cores into Opalinus Clay, the bonding strength between hardened cast-in-place low-pH concrete and sprayed low-pH concrete was determined on 5 cores. The measured bonding strength varied between 1.07 MPa and 2.20 MPa, with a mean value of 1.49 MPa.

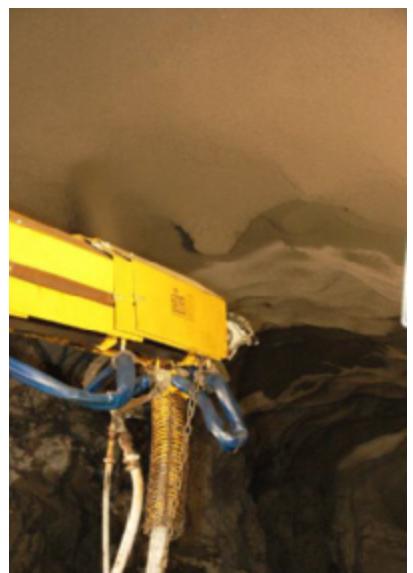


Fig. 4: Panels for spraying test (Phase 2) consist of Opalinus Clay boulder cast in low-pH concrete

Bonding between hardened low-pH concrete and low pH shotcrete thus showed that the required characteristic bonding strength of 0.9 MPa can be achieved after 28 days. According to the literature, a characteristic bonding strength of more than 0.8 MPa between sprayed concrete layers is sufficient to ensure the structural integrity of the total lining. Thus, structurally strong sprayed concrete linings can be achieved using low pH shotcrete. Low pH shotcrete proved to be comparable with common rock support shotcrete in terms of bonding strength.

3.4 Large scale field test (Phase 3)

At the Hagerbach Test Gallery, a large-scale field test was carried out to demonstrate the applicability of low-pH shotcrete for underground excavation rock support. Approximately 6 m³ of low pH shotcrete mix 4 was sprayed onto the side wall and the crown of an approximately 20 m² drill-and-blast horseshoe-profile tunnel wall. The rock consists of limestone. While the side walls were originally unsupported, the crown was covered by a thin layer of previously sprayed concrete.



While the set accelerator was kept constant at 5 wt% for the first batch, it was varied between 3 and 5 wt% (6.3 and 10.5 kg/m³) for the second batch. Spraying and setting performance was good using a set accelerator of 5 wt% and a pumping rate of approximately 4 m³/h. A sprayed concrete layer more than 15 cm thick could be applied overhead without any constraints. By not moving the nozzle, stalactite-like batches of shotcrete could be applied overhead up to a thickness of more than 50 cm (Fig. 5) before falling down. However, significant setting problems occurred when either the pumping rate was doubled or the set accelerator dosage reduced.

Finally, a rebound of 21 wt% of low-pH shotcrete was determined. This proportion is relatively high compared to 10 to 15 wt% for ordinary wet mix shotcrete. Since two thirds of the shotcrete was applied overhead, this finding may not be representative. Further tests are necessary to provide a sufficient database.

The characteristic mechanical properties of the previous phase 1

Fig. 5: Stalactite-like shotcrete batches of more than 50 cm could be applied overhead

were confirmed.

This field test demonstrated that low pH shotcrete with layers up to 15 cm thick could be applied for rock support under realistic construction conditions, both on side walls and overhead. The overall spraying procedure did not differ from wet mix methods using ordinary shotcrete mixtures. However, low pH shotcrete seems to perform sensitively when the pumping rate exceeds a certain level. Considering pumping rates of around 20 m³/h used in industry for conventional underground work, this is a significant restriction but not of relevance for the construction of disposal drifts for repositories. The fact that much finer binder material is used compared to ordinary shotcrete may require smaller pumping rates in order to achieve a good mixing of the set accelerator in the binder material.

3.5 On site test Long term behaviour (Phase 4)

During excavation of a 20 m long niche as part of the extension of the Rock Laboratory Mont Terri in 2008, low-pH and ordinary shotcrete wet mix was applied for rock support instead of dry mix ordinary shotcrete which has been used in the remaining sections. Two types of rock support measures were chosen, 15 cm sprayed concrete with either wire mesh (OPC-1, LPC-2) or steel rock bolts (OPC-2, LPC-2). The length of each section corresponded to one excavation sequence of 1.5 m.

Table 4: Phase 4 wet mix and test results of mechanical properties for low-pH (LPC) and ordinary (OPC) shotcrete and two different reinforcement measures (1 = wire mesh; 2 = rock bolts).

Mix		OPC 1	OPC 2	LPC 1	LPC 2
Cement	kg/m ³	450	450	210	210
Microsilica	kg/m ³	-	-	140	140
Aggregates					
Sand 0-1	kg/m ³	116	116	162	162
Sand 0-4	kg/m ³	958	958	1022	1022
Gravel 4-8	kg/m ³	578	578	659	659
Total dry	kg/m ³	1652	1652	1843	1843
Total incl. Humidity	kg/m ³	1714	1714	1912	1912
Plasticizer	kg/m ³	4.5	3.6	4.2	4.2
Accelerator	wt% - Cement	5 % at start, final 6 %	5%	5 % at start, later 6 %, final 7 %	5%
Density	kg/m ³	2401	2350	2261	2285
Air-content	%	0.40	0.80	2.70	2.50
Spreading value	mm	680	650	500	380
w/z-Ratio	[-]	0.48	0.50	1.05	0.95
w/b-Ratio	[-]	0.48	0.50	0.63	0.57
Early compressive strength					
- 10 Min	MPa	0.05	0.05	0.13	0.32
- 20 Min	MPa	0.07	0.08	0.20	0.36
- 30 Min	MPa	0.10	0.12	0.27	0.37
- 3 h	MPa	0.20	0.22	0.49	0.42
Cylindrical compressive strength					
7-day	MPa	-	39.5	-	25.2
28-days	MPa	-	49.4	-	44.0
90-days	MPa	-	51.6	-	56.8
Cube strength					
28-days	MPa	50.3	58.9	36.1	49.5

Apart from standard concrete tests (fresh and hardened concrete) during and after shotcrete work (table 4), long term observation of sprayed concrete lining such as corrosion rate of reinforcement, mechanical properties and pH-measurements have been performed.

Table 4 presents the result of fresh and hardened concrete measurements including mechanical properties. The measurements confirmed the previous tests. The early compressive strength of low-pH shotcrete was generally higher than ordinary shotcrete. In contrast, strength of hardened young ordinary concrete (age 7 and 28 days) seems to be slightly increased versus low-pH concrete. In the long-term, low-pH shotcrete tends to develop more strength than ordinary shotcrete.

Two different laboratories determined several chemical properties (pH, content of sodium, potassium and Portlandite) on the two types of concrete (OPC, LPC) 7, 28 and 90 days after setting. The results of the pH and Portlandite measurements are given in table 5. The low-pH concrete (LPC) showed in comparison to the ordinary concrete (OPC) a significantly lower pH value and after 28 days Portlandite was no longer detectable in LPC.

Table 5: Result of pH and Portlandite content of two types of concrete (LPC, OPC) at three age using different pH measurement methods

Method	pH				Portlandite content (g/100 g concrete)			
	pore fluid expression		Leaching		XRD / TGA		Thermo analytically	
Age	OPC	LPC	OPC	LPC	OPC	LPC	OPC	LPC
7 days	13.5	13.0	12.6	12.5	3.0±0.2	0.4±0.2	3.5	< 0.25
28 days		12.2	12.6	11.9	3.3±0.2	0	3.2	< 0.25
90 days		11.3	12.6	11.3	3.6±0.2	0	3.6	< 0.25

In order to investigate the corrosion behaviour of reinforcement a monitoring system was installed (Fig. 6). To characterize the corrosion behaviour the following values were determined:

- Concrete temperature
- Electrical concrete resistance (Resistivity)
- Corrosion currents

The concrete temperature is an indicator of the activity of the hydration of the concrete. The resistivity shows the ion conductivity. The corrosion current, a measure for the corrosion rate, indicates the degree of reinforcement passivation in the concrete. Due to the higher ionic strength of the pore water the ohmic resistance of ordinary shotcrete is lower than in low-pH shotcrete. Consequently the current density in the ordinary shotcrete is higher than in low-pH shotcrete. The resistance of the ordinary shotcrete appears to be at constant level. In contrast low-pH shotcrete resistance still increases while the temperature is approximately constant. The run of the current density looks similar. The sensors near to the rock surface are on a cathodic level. The ordinary shotcrete system is quite active. The low-pH shotcrete system is approximately passive. This is contrary to our expectations (Fig. 7). The reason for this behaviour is not obvious. The processes should be investigated more detailed to understand the electro-chemical reactions.



Fig. 6: Corrosion monitoring system

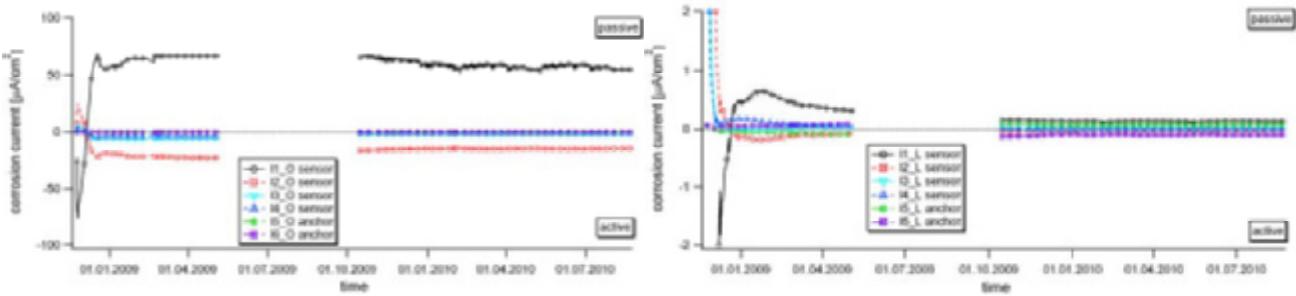


Fig. 7: Corrosion currents (macro cell currents) between rebar sensors/anchors and the reinforcing mesh in the ordinary shotcrete (left) and low-pH shotcrete (right); I1_O and I1_L close to rock surface, I4_O and I4_L close to concrete surface

4. Conclusions and Outlook

The admixture of pozzolan such as micro-silica is state-of-the-art in modern wet mix shotcrete technology because it improves both concrete and spraying properties both in fresh and hardened state. Usually the fraction of micro-silica is limited to about 15 wt% of the cement. However, replacing a significant fraction of the cement by micro silica is not common and actually of low practical benefit not least because pH above 12 prevents steel reinforcement from corrosion. Therefore, structural and material design and construction guidelines limit the admixture fraction of micro silica.

The tests at Mont Terri rock laboratory and Hagerbach Test Gallery as well as previous tests in other countries in the framework of the ESDRED project demonstrated that low-pH shotcrete can be produced, which in terms of concrete properties (fresh and hardened state) and application methods (pumping, spraying) is comparable with common wet mix sprayed concrete for rock support. The proportion of the different components does not differ significantly from ordinary wet mix recipe for rock support except 40% of the cement is replaced by micro-silica. Similar equipment and application technology can be used for both low-pH and ordinary shotcrete i.e. well-known construction methods can be adopted. Measurements of the mechanical properties indicate that low-pH shotcrete wet mix developed with a content of 210 kg/m³ of Portland cement and 140 kg/m³ of micro silica (ratio of 60%/40%) corresponds with concrete type C30/37.

Measurements of pH and Portlandite content confirmed, as expected, that the pH of the cement pore water can be reduced significantly and, as a consequence, potential chemical interaction with repository components are mitigated.

Since not all of the water is used for the cement reaction (hydratation), remaining capillary water may affect the *durability* of the hardened concrete but test results (permeability, long-term compressive strength) indicate the contrary. To the present, corrosion measurements of reinforcement in low-pH and ordinary concrete at Mont Terri rock laboratory do not indicate that the iron in low-pH concrete structures corrodes despite the reduced passivation at lower pH. This will be investigated further.

It has been demonstrated that low-pH shotcrete is a feasible alternative for rock support in underground repositories for the disposal of high level radioactive wastes from a design and construction point of view.

Development of low-pH shotcrete for rock support shall be continued e.g. with the objective to reduce the content of admixtures such as superplasticizer. One strategy is to test low-pH recipe formulation for dry mix shotcreting.

References:

- [1] Pettersson, S.; Bodén, A.; Fries, T.; Low-pH shotcrete for rock support: report on full scale demonstration, ESDRED Module 4 – work package 3.2, deliverable 8.2, 2007
- [2] Garcia, J.L.; Alonso, M.C.; Hidalgo, A.; Fernandez, L.; Design of low-pH cementitious materials based on functional requirements; R&D on low-pH cement for a geological repository, 3rd workshop, Paris, 2007;
- [3] Low-pH shotcrete for rock support-report on development of recipe including test plan for pilot & field testing / ESDRED Module 4 - Deliverables 2.2, 3.2 & 4.2 of Work Packages 2.2, 3.2 & 4.2.
- [4] Lagerblad, B. et al.; Low-pH Shotcrete for Rock Support, Report on selected recipe and results of pilot and field testing, Deliverable 8.2, Workpackage 3.2, 2007, Sweden
- [5] Shotcrete Guidelines of the Austrian Society for Concrete and Construction Technology (2006)