

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΥΨΗΛΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΗΣ Ε.Μ.Π.



Ανάπτυξη 3D Detector Control System για το New Small Wheel του πειράματος ATLAS

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ

ΠΑΡΑΣΧΟΥ Β. ΜΟΣΧΟΒΑΚΟΥ

Επιβλέπων:

Θεόδωρος ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ, Ιούνιος 2014



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΥΨΗΛΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΗΣ Ε.Μ.Π.

Ανάπτυξη 3D Detector Control System για το New Small Wheel του πειράματος ATLAS

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ

ΠΑΡΑΣΧΟΥ Β. ΜΟΣΧΟΒΑΚΟΥ

Επιβλέπων:

Θεόδωρος ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή:

.....
Θ. Αλεξόπουλος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Σ. Μαλτέζος
Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Ε. Ζάχος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ, Ιούνιος 2014

.....
ΠΑΡΑΣΧΟΣ ΜΟΣΧΟΒΑΚΟΣ

Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Παράσχος Β. Μοσχοβάκος, 2014

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Καλλιτεχνική επιμέλεια εξωφύλλου: .Κάλλια Θεοχάρη

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Στους γονείς μου

Περίληψη

Στη διπλωματική αυτή εργασία μελετώνται και υλοποιούνται συστήματα αυτόματου ελέγχου που χρησιμοποιούνται σε ανιχνευτικές διατάξεις πειραμάτων φυσικής υψηλών ενεργειών. Συγκεκριμένα μελετάται και κατασκευάζεται το τρισδιάστατο σύστημα ελέγχου των ανιχνευτών τύπου MicroMeGaS που θα χρησιμοποιηθούν στα endcaps του New Small Wheel του πειράματος ATLAS στον επιταχυντή LHC στο Ευρωπαϊκό Συμβούλιο Πυρηνικής Έρευνας CERN.

Στο πρώτο κεφάλαιο περιέχεται μια συνοπτική περιγραφή του Ευρωπαϊκού Κέντρου CERN, του επιταχυντή LHC και του πειράματος ATLAS. Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφεται αναλυτικά το Σύστημα Ελέγχου του Ανιχνευτή ATLAS, τα στοιχεία από τα οποία αποτελείται και οι αρχές λειτουργίας του. Το τρίτο κεφάλαιο αναφέρεται στη διαδικασία αναβάθμισης του ATLAS, το New Small Wheel και στους θαλάμους MicroMeGaS. Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι 3D τεχνικές στο σύστημα αυτόματου ελέγχου των MicroMeGaS multiplets. Τέλος στο πέμπτο κεφάλαιο περιγράφεται η διαδικασία ένταξης του συστήματος που αναπτύχθηκε στο υπάρχον σύστημα ελέγχου του ATLAS και οι δυνατότητες επέκτασής του.

Λεξεις κλειδια : συστημα, αυτοματου, ελεγχου, νεος, μικρός ,τροχός, τρισδιαστατο, ανιχνευτης, αναβαθμιση, πανελ

Παράσχος Μοσχοβάκος
Αθήνα, Ιούνιος 2014

Abstract

This thesis consists of the study and implementation of Detector Control Systems which are used in high energy physics experiments. In particular the 3D Control System of the MicroMeGaS Detectors in the endcaps of the New Small Wheel of the ATLAS experiment, which is one of the four experiments of the Collider LHC at CERN, is studied and developed.

The first chapter consists of a summary of the European Center CERN, the LHC accelerator and of the ATLAS experiment. In the second chapter there is a detailed description of the control system of the detector ATLAS, the elements that it consists of and the principles of its operation. The third chapter describes the upgrade process of ATLAS during the period of Long Shutdown 1, the New Small Wheel and the description of the MicroMeGaS chambers. In chapter four there is a presentation of the 3D techniques in automatic control of the MicroMeGaS multiplets. Finally, chapter five describes the integration process of the developed system in the existing Detector Control Systems of ATLAS and the expansion possibilities.

Keywords: New small wheel, 3d, detector, control system, WinCC, upgrade

Paraschos Moschovakos
Athens, June 2014

Ευχαριστίες

Στα πλαίσια της εργασίας αυτής θα ήθελα να ευχαριστήσω:

Τους καθηγητές μου Θεόδωρο Αλεξόπουλο και Σταύρο Μαλιέζο για την ανάθεση αυτής της διπλωματικής εργασίας, τη βοήθειά τους, τις συμβουλές τους καθώς και την ευκαιρία που μου έδωσαν να εργαστώ για τις ανάγκες του CERN.

Τους συναδέλφους μου Στάθη Καρέντζο και Πάνο Γκουντούμη για την υποδοχή, τη βοήθεια, τις συζητήσεις και τις ωραίες στιγμές που περάσαμε τους τελευταίους μήνες καθώς και τους συναδέλφους μου στο CERN Γιώργο Ιακωβίδη, Κώστα Ντέκα και Στέφανο Λεοντσίνη για τις πολύ χρήσιμες συμβουλές τους και τη διάθεσή τους να μοιραστούν τις γνώσεις και την εμπειρία τους.

Το Γιάννη και το Μανώλη για τη φιλία τους και την ανοχή τους καθ' όλη τη διάρκεια των φοιτητικών μου χρόνων.

Τα αδέρφια μου Μιχάλη, Νικόλα και Ελένη που μου στάθηκαν ο καθένας με τη σειρά του σε όλη αυτήν την προσπάθεια.

Αλλά κυρίως τον πατέρα μου Βασίλη και τη μητέρα μου Πόπη που έχουν κάνει τα πάντα.

Περιεχόμενα

1 Το πείραμα ATLAS στον LHC του CERN	20
1.1 Το CERN	22
1.2 Ο Μεγάλος Επιταχυντής Αδρονίων (LHC)	23
1.3 Ο Ανιχνευτής ATLAS	25
1.3.1 Στόχοι φυσικής	26
1.3.2 Το σύστημα συντεταγμένων και οι συμβάσεις ονομασίας	28
1.3.3 Εσωτερικός ανιχνευτής τροχιών (Inner Detector)	31
1.3.4 Καλορίμετρα (Calorimeters)	32
1.3.5 Φασματοόμετρο Μιονίων (Muon Spectrometer)	33
1.3.6 Μαγνήτες	35
1.3.7 Σύστημα σκανδαλισμού και συλλογής δεδομένων (TDAQ)	37
2 Το σύστημα ελέγχου του ανιχνευτή ATLAS	39
2.1 WinCC-OA	40
2.1.1 Ιστορική αναδρομή	41
2.1.2 Δομή - Φιλοσοφία - Οι Διαχειριστές (managers)	41
2.1.3 Εργαλεία του WinCC-OA	45
2.2 Πλαίσιο εργασίας Joint COntrols Project	48
2.2.1 Εργαλείο εγκατάστασης component και λοιπά εργαλεία .	48
2.2.2 Το εργαλείο 3D Viewer	51
2.3 Finite State Machine (FSM)	52
2.3.1 Ιεραρχία της FSM	53
2.3.2 Διεπαφή χρήση της FSM	54
3 LS1 - New Small Wheel - Ανιχνευτές MicroMeGaS	57
3.1 Περίοδος μακράς παύσης λειτουργίας 1	57
3.1.1 Εισαγωγή	58
3.1.2 Αναβάθμιση του φασματομέτρου μιονίων	59
3.2 Η διάταξη του New Small Wheel	62
3.2.1 Γενική μηχανική δομή των ανιχνευτών του NSW	64
3.2.2 Προδιαγραφές διάταξης	64

3.2.3 Ένταξη και απαιτήσεις συστήματος	65
3.2.4 Βασική διάταξη	66
3.2.5 Τύποι αντικειμένων και ονοματοδοσία συνδεσμολογιών .	67
3.2.6 Η τεχνολογία ανίχνευσης των sTGC και οι επιδόσεις τους	68
3.3 Ανιχνευτές MicroMeGaS	68
3.3.1 Τεχνολογία και χαρακτηριστικά	69
3.3.2 Ανάπτυξη των Resistive MicroMeGaS ανιχνευτών	70
3.3.3 Οι ανιχνευτές MicroMeGaS του NSW	71
3.3.4 Η διάταξη σε σφήνες των MicroMeGaS στα endcaps . . .	73
4 Το τρισδιάστατο σύστημα ελέγχου των MicroMeGaS του NSW	77
4.1 Συντεταγμένες και Διαστάσεις	77
4.1.1 Δομή του Datapoint Type	78
4.1.2 Ονοματολογία	79
4.2 Το 3D configuration tool των MicroMeGaS	80
4.3 Το κύριο 3D panel επισκόπησης των MicroMeGaS	82
4.3.1 Προαπαιτούμενα λειτουργίας	83
4.3.2 Τα components που αποτελούν το panel	84
4.3.3 Περιγραφή βασικών στοιχείων του κώδικα	87
5 Ενσωμάτωση στο υπάρχον DCS και επέκταση στους sTGC	91
5.1 Διαδικασία ενσωμάτωσης	92
5.1.1 Απαιτούμενες δομές	94
5.1.2 Διασυνδέσεις με Datapoint Elements	94
5.1.3 Παράδειγμα ενεργοποίησης της λειτουργίας πλοήγησης στην FSM	95
5.2 Προσθήκη των sTGC	96
5.2.1 Δομή του sTGC Datapoint Type	97
5.2.2 Το νέο Configuration Tool	98
5.2.3 Προσθήκες στο κύριο 3D panel	100
Παράρτημα A - Configuration Tool	105
A.1 MMLargeWedgeConfiguration.pnl	105
A.1.1 Scopelib	105
A.1.2 TextFields	106
A.1.3 fw3DLMConfiguration	112
A.1.4 LWSavePushButton	114
A.1.5 AxisCheckBox	117
A.2 MMSmallWedgeConfiguration.pnl	117
A.2.1 Scopelib	117
A.2.2 TextFields	118

A.2.3 fw3DSMConfiguration	124
A.2.4 SWSavePushButton	126
A.2.5 SWAxisCheckBox	129
A.3 3DEndcapsConfiguration.pnl	129
A.3.1 Terminate	129
Παράρτημα Β - Main Panel	131
B.1 Panel	131
B.1.1 Scopelib	131
B.1.2 Initialize	134
B.2 Components	135
B.2.1 fw3DViewer-Scene1	135
B.2.2 Buttons	135
Παράρτημα Γ - Parameter Book	137
Γ.1 MicroMeGaS parameters	137
Γ.2 sTGC parameters	139
Παράρτημα Δ - Upgrade and sTGC code	145
Δ.1 Main Panel	145
Δ.1.1 Scopelib	145
Δ.1.2 3D Scene	150
Δ.1.3 Sliders	153
Δ.1.4 Buttons	155
Δ.1.5 Other	157
Δ.2 Configuration Panel	164
Δ.2.1 Scopelib	164
Δ.2.2 3D Initialize	169
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	173

Λίστα Σχημάτων

1.1 Το πλήρες συγκρότημα του LHC όπου φαίνονται τα τέσσερα κυριότερα πειράματά του (ALICE, ATLAS, CMS και το LHCb).	21
1.2 Το λογότυπο του οργανισμού (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire).	23
1.3 Τα βασικά στοιχεία - τα 1232 δίπολα καμπής της δέσμης γύρω από την περίμετρο των 27 χιλιομέτρων του LHC.	24
1.4 Επισκοπικό σχήμα δείχνει τα τέσσερα κύρια πειράματα και τους δύο δακτυλίους του LHC.	25
1.5 Ο ATLAS είναι ο ένας από τους δύο ανιχνευτές γενικού σκοπού στον LHC. Αποτελείται από τρία συστήματα υποανιχνευτών: τον Εσωτερικό ανιχνευτή Τροχιών, τα Καλορίμετρα και το Φασματόμετρο Μιονίων.	26
1.6 Αυτό το σχήμα απεικονίζει μια πιθανή σύγκρουση για την παραγωγή ενός μποζονίου Higgs και την συνακόλουθη διάσπασή του [10].	27
1.7 Τα γνωστά στοιχειώδη σωματίδια του Καθιερωμένου Μοντέλου και τα υποθετικά υπερσυμμετρικά σωματίδια.	28
1.8 Global σύστημα συντεταγμένων του ATLAS.	29
1.9 Το τοπικό σύστημα συντεταγμένων της κάθε ανιχνευτικής μονάδας του ATLAS. Στο σχήμα απεικονίζονται ορθογώνιες και τραπεζοειδείς τετραπλέτες ανιχνευτών.	30
1.10 Ο ορισμός της αρίθμησης των 16 τομέων του φασματόμετρου μιονίων του ATLAS.	31
1.11 Ο Εσωτερικός Ανιχνευτής Τροχιών του ATLAS. Στο σχήμα φαίνονται οι τρεις υποανιχνευτικές διατάξεις που τον αποτελούν (ο Pixel Detector, ο SemiConductor Tracker και ο Transition Radiation Tracker).	32
1.12 Το σύστημα καλοριμέτρων μετράει την ενέργεια και την θέση των σωματιδίων δειγματοληπώντας το απόθεμα ενέργειάς τους. Αποτελείται από τα ηλεκτρομαγνητικά και τα αδρονικά καλορίμετρα.	33

1.13 Το φασματόμετρο μιονίων που σκοπό έχει να αναγνωρίσει και να μετρήσει μίονια. Περιλαμβάνει τέσσερις τεχνολογίες ανιχνευτών: τους Monitored Drift Tubes, τους Cathode Strip Chambers, τους Resistive Plate Chambers και τους Thin Gap Chambers.	34
1.14 α) Monitored Drift Tube, β) Cathode Strip Chambers.	35
1.15 α) Το μαγνητικό πεδίο που επικρατεί εντός του ATLAS, β) Ο σωληνοειδής μαγνήτης του ATLAS που περιβάλλει τον Inner Detector.	36
1.16 Κατά σειρά ο τοροειδής στο barrel και ο τοροειδής στα endcaps του ATLAS.	37
1.17 Σχηματική αναπαράσταση του συστήματος TDAQ του ATLAS.	38
2.1 Η δομή ενός συστήματος αυτόματου ελέγχου.	40
2.2 α) Το logo της ETM, β) Το logo του PVSS.	41
2.3 α) Ένα διανεμημένο σύστημα (Distributed System) και β) η διασύνδεση μέσω του manager τους Dist (Distribution Manager).	42
2.4 Ένα τυπικό σύστημα WinCC-OA και οι managers από τους οποίους αποτελείται.	44
2.5 α) Η δομή ενός DataPoint Type και β) η βάση από datapoints όπως αυτά εμφανίζονται στο παράθυρο παραμετροποίησης.	45
2.6 Στο σχήμα απεικονίζεται το περιβάλλον εργασίας του Graphical Editor κατά τον σχεδιασμό ενός panel.	46
2.7 Η Alert Screen περιλαμβάνει όλες τις ειδοποιήσεις του συστήματος, χρωματισμένες ανάλογα με τη σοβαρότητά τους και παρέχει πληροφορίες ώστε να μπορεί ο χρήστης να αντιδράσει σε αυτές.	47
2.8 Αρχιτεκτονική συστήματος - Η θέση του JCOP στον πυρήνα του DCS.	49
2.9 Η δομή και ο τρόπος διασύνδεσης των τεχνολογιών που περιλαμβάνονται στο 3D viewer.	52
2.10 Η ιεραρχία της FSM.	53
2.11 Το panel της FSM που αντιστοιχεί στους MDT chambers στην πλευρά A της περιοχής του barrel.	55
2.12 Στο σχήμα αυτό φαίνονται στην πάνω αριστερή γωνία τα εργαλεία περιήγησης της FSM καθώς και το σύστημα σύνδεσης χρήστη, κάτω αριστερά απεικονίζονται τα δευτερεύοντα panels, ενώ κάτω δεξιά βρίσκεται ο χώρος που απεικονίζονται τα κύρια panels, τέλος πάνω δεξιά υπάρχει ο πίνακας που περιέχει τα μηνύματα ασφαλιών.	56
3.1 Προσεγγιστικό χρονοδιάγραμμα για τις προγραμματισμένες αναβαθμίσεις του LHC και του ATLAS.	58
3.2 Το σχήμα αυτό δείχνει το 1/4 μιας εγκάρσιας τομής του ανιχνευτή ATLAS στο επίπεδο z-y.	60

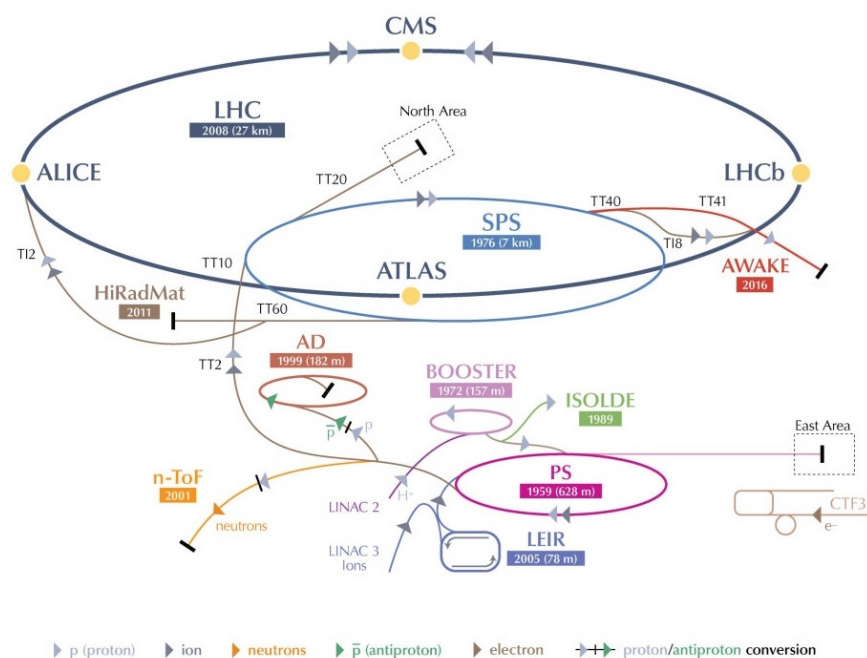
3.3	Η εσωτερική δομή των ανιχνευτών sTGC.	68
3.4	Ένα σχέδιο της αρχής λειτουργίας του ανιχνευτή MM.	69
3.5	Η αρχή λειτουργίας του συστήματος προστασίας από τους σπινθήρες του ανιχνευτή Resistive-MicroMeGaS.	71
3.6	Σχηματική απεικόνιση της εσωτερικής δομής των καρτών αναγνώσεων ενδείξεων (readout boards) των MM, σημειώνουμε ότι το μικρο-πλέγμα δεν αποτελεί μέρος του PCB αναγνώσεων ενδείξεων (readout PCB).	72
3.7	Σχηματική απεικόνιση της διάταξης των ανιχνευτών μέσα σε έναν τομέα.	73
3.8	Σχηματική απεικόνιση της διάταξης των ανιχνευτών μέσα σε μία τετραπλέτα.	74
3.9	Απεικονίζεται η κατάτμηση των μικρών και μεγάλων τομέων σε PCBs καθώς και οι ενεργές περιοχές των ανιχνευτών. Στα αριστερά τα η-modules και δεξιά, με τις κεκλιμένες λωρίδες ανάγνωσης, τα stereo-modules.	76
4.1	α) Δομή του Datapoint Type, β) Οι καταχωρήσεις των datapoints.	78
4.2	Η ονοματολογία των MM multiplets.	79
4.3	α) Στη 3D σκηνή του Configuration Tool διακρίνεται μία μικρή wedge με τις διαστάσεις των multiplets του στα πεδία τιμών, β) Μία μεγάλη wedge (αυτή που ανήκει στον sector 03) στο global σύστημα συντεταγμένων του ATLAS.	81
4.4	Το κύριο panel του τρισδιάστατου συστήματος ελέγχου των MicroMeGaS του NSW όπως θα φαίνεται στην FSM στο control room.	83
4.5	Με τη σειρά φαίνονται α) Το κουμπί του configuration tool και το κουμπί ανανέωσης, β) το checkbox επιλογής αξόνων, το πλαίσιο επιλεγμένου multiplet και τα custom κουμπιά πλοήγησης, γ) το πλαίσιο παρακολούθησης του μαγνητικού πεδίου, δ) τα πιο συνήθη συστήματα επίβλεψης, ε) το πλαίσιο θερμοκρασιών και στ) η 3D σκηνή.	86
4.6	α) Απεικονίζεται η περιστροφή του συστήματος συντεταγμένων και η επίπτωση της στροφής αυτής στο αντικείμενο μας, β) κι εδώ αναπαρίστανται οι τρεις πίνακες στροφής όπως υπολογίσθηκαν στον κώδικα της συνάρτησης findPosition().	89
5.1	Το project μας, ATLNSW3D ενσωματωμένο στην FSM του ATLAS.	92
5.2	Απεικονίζεται το configuration tool ενσωματωμένο στην FSM καθώς και το νέο referenced panel κουμπί Finish, που παίζει τον ρόλο του κλεισίματος και επιστροφής στο main panel.	93

5.3	Προτεινόμενο σχέδιο σε σχήμα-T της θέσης των αισθητήρων θερμοκρασίας για τους ανιχνευτές MicroMeGaS. Με κόκκινο χρώμα φαίνονται οι αισθητήρες TL1 και TL2, με κίτρινο οι TR1 και TR2 και με μωβ χρώμα ο αισθητήρας TR.	96
5.4	Η δομή του Datapoint Type των sTGC και τα datapoints τους στον PARA.	98
5.5	α) Στη 3D σκηνή του νέου Configuration Tool απεικονίζονται τα τρία quadruplets μίας μεγάλης sTGC wedge με τις διαστάσεις τους στα πεδία τιμών, β) Αντίστοιχα τα τρία quadruplets μίας μικρής sTGC wedge στο global σύστημα συντεταγμένων του ATLAS.	99
5.6	Το κύριο panel του τρισδιάστατου συστήματος ελέγχου, πλέον απεικονίζει και τους sTGC του NSW στην FSM του ATLAS. . .	101
5.7	Με τη σειρά φαίνονται α) Το checkbox του Dark mode, β) τα toggle κουμπιά Navigation & Picking mode καθώς και η επιγραφή που δηλώνει σε ποια λειτουργία βρισκόμαστε, γ) οι sliders ρύθμισης της διαφάνειας των sTGC και MM αντίστοιχα, δ) και η τρισδιάστατη σκηνή σε λειτουργία dark mode με ρυθμίσεις διαφάνειας για τις δύο τεχνολογίες ανιχνευτών.	102
5.8	Το πάνελ στην τελευταία του έκδοση. Με γκρι χρώμα φαίνονται τα αποσυνδεδεμένα quadruplets, ενώ για τα υπολοιπα οι τιμές και η κατάσταση προέρχεται από την προσομοίωση.	104

Κεφάλαιο 1

Το πείραμα ATLAS στον LHC του CERN

Ο μεγάλος επιταχυντής αδρονίων (LHC) του CERN είναι ένα άνευ προηγούμενου τεχνολογικό εγχείρημα στον τομέα της φυσικής υψηλών ενεργειών. Ο ανιχνευτής ATLAS, είναι κατασκευασμένος σε ένα πειραματικού σκοπού σπήλαιο στην σήραγγα του LHC. Στο σχήμα 1.1 φαίνονται όλα τα μέρη που συνθέτουν το συγκρότημα αυτό.



Σχήμα 1.1: Το πλήρες συγκρότημα του LHC όπου φαίνονται τα τέσσερα κυριότερα πειράματά του (ALICE, ATLAS, CMS και το LHCb).

Η πηγή πρωτονίων είναι μία απλή φιάλη που περιέχει αέριο υδρογόνο. Κατόπιν από τα άτομα αυτά αφαιρείται το ηλεκτρόνιο υπό την επίδραση ενός ισχυρού ηλεκτρικού πεδίου, ώστε να μείνουν τα πρωτόνια. Ο Linac 2, ο πρώτος επιταχυντής αυτής της αλυσίδας επιταχύνει τα πρωτόνια σε ενέργειες περί τα 50 MeV. Η δέσμη στη συνέχεια εγχύεται στον Proton Synchrotron Booster (PSB), ο οποίος τα επιταχύνει με τη σειρά του στα 1.4 GeV, οπότε και τα προωθεί στον Proton Synchrotron (PS), ο οποίος ανεβάζει την ενέργεια της δέσμης στα 25 GeV. Τότε τα πρωτόνια αποστέλλονται στον Super Proton Synchrotron (SPS) όπου επιταχύνονται στα 450 GeV.

Τέλος τα πρωτόνια μεταφέρονται στους δύο σωλήνες δεσμών του LHC. Η δέσμη στον ένα σωλήνα περιστρέφεται με την φορά των δεικτών του ρολογιού, ενώ στον άλλο περιστρέφεται αντιστροφή. Χρειάζονται 4 λεπτά και 20 δευτερόλεπτα μέχρι να γεμίσει κάθε δαχτυλίδι του LHC, και 20 λεπτά μέχρι οι δέσμες να αποκτήσουν τη μέγιστη ενέργειά τους τα 4 TeV.

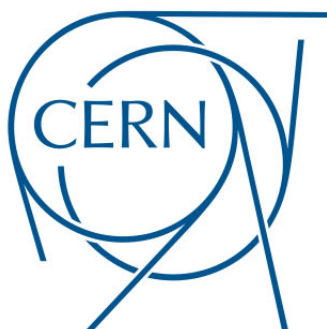
Το σύμπλεγμα περιλαμβάνει ακόμα τον Antiproton Decelerator και την εγκατάσταση που ονομάζεται Online Isotope Mass Separator (ISOLDE) και τροφοδοτεί με τα νειρίνα που παράγονται από το CERN το Gran Sasso (CNGS) project και την περιοχή δοκιμών του Compact Linear Collider, όπως επίσης και τις εγκαταστάσεις του neutron time-of-flight (nTOF).

1.1 Το CERN

Ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Πυρηνικών Ερευνών (γαλλικά: Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire), γνωστός ως CERN είναι ένας ευρωπαϊκός ερευνητικός οργανισμός σκοπός του οποίου είναι να λειτουργήσει το μεγαλύτερο εργαστήριο σωματιδιακής φυσικής στον κόσμο. Ιδρύθηκε το 1954, η έδρα του οργανισμού βρίσκεται στα βορειοδυτικά προάστια της Γενεύης στα γαλλο-ελβετικά σύνορα, και έχει είκοσι ευρωπαϊκά κράτη μέλη. Το Ισραήλ είναι η πρώτη (και επί του παρόντος η μόνη) μη ευρωπαϊκή χώρα που της χορηγήθηκε άδεια πλήρους ένταξης.

Ο όρος CERN χρησιμοποιείται επίσης για να αναφερθεί στο εργαστήριο, το οποίο απασχολεί περίπου 2.400 εργαζόμενους πλήρους απασχόλησης καθώς και 1.500 εργαζόμενους με μειωμένο ωράριο, φιλοξενεί περίπου 10.000 εξωτερικούς επιστήμονες και μηχανικούς, που προέρχονται από 608 πανεπιστήμια και ερευνητικά ιδρύματα από 113 εθνικότητες.

Η κύρια λειτουργία του CERN είναι η παροχή των επιταχυντών σωματιδίων και άλλων υποδομών που απαιτούνται για την έρευνα φυσικής υψηλών ενεργειών - ως εκ τούτου, πολλά πειράματα έχουν κατασκευαστεί στο CERN μετά από διεθνείς συνεργασίες. Είναι επίσης η γενέτειρα του World Wide



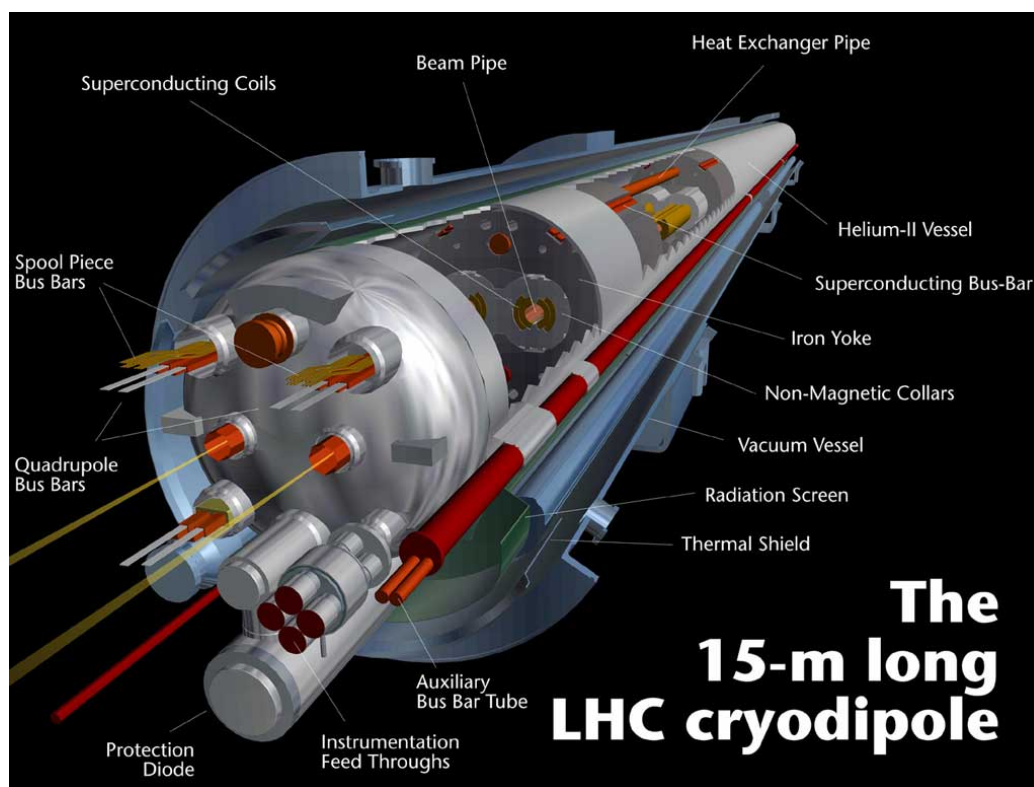
Σχήμα 1.2: Το λογότυπο του οργανισμού (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire).

Web. Στο κεντρικό κτιριακό συγκρότημα του CERN (κοντά στο Meyrin) υπάρχει ένα μεγάλο κέντρο υπολογιστών που περιέχει ισχυρά μέσα επεξεργασίας δεδομένων, κυρίως για την ανάλυση πειραματικών δεδομένων. Λόγω της ανάγκης να γίνουν αυτές οι εγκαταστάσεις διαθέσιμες σε ερευνητές και σε άλλα μέρη, έχει υπάρξει σημαντικός κόμβος δικτύωσης μεγάλης κλίμακας [1].

1.2 Ο Μεγάλος Επιταχυντής Αδρονίων (LHC)

Ο Large Hadron Collider (LHC)[2] είναι ο μεγαλύτερος και πιο ισχυρός επιταχυντής σωματιδίων στον κόσμο. Ξεκίνησε την λειτουργία του στις 10 Σεπτεμβρίου 2008 και παραμένει η τελευταία προσθήκη στο συγκρότημα επιταχυντών του CERN. Ο LHC αποτελείται από ένα δακτύλιο 27-χιλιομέτρων υπεραγωγίων μαγνητών με έναν αριθμό κατασκευών επιτάχυνσης για την ενίσχυση της ενέργειας των σωματιδίων κατά την πορεία τους.

Στο εσωτερικό του επιταχυντή, δύο δέσμες σωματιδίων υψηλής ενέργειας ταξιδεύουν σχεδόν με την ταχύτητα του φωτός, πριν εξαναγκαστούν να συγκρουστούν. Οι δέσμες ταξιδεύουν σε αντίθετες κατευθύνσεις σε ξεχωριστούς αγωγούς δέσμης - δύο σωλήνες που διατηρούνται σε συνθήκες πίεσης κοντά στο απόλυτο κενό. Οι δέσμες καθοδηγούνται γύρω από το δακτύλιο του επιταχυντή υπό την επίδραση ενός ισχυρού μαγνητικού πεδίου που δημιουργείται από υπεραγωγίσιμους ηλεκτρομαγνήτες. Οι ηλεκτρομαγνήτες κατασκευάζονται από σπείρες ειδικών ηλεκτρικών καλωδίων που λειτουργούν σε υπεραγώγιμη κατάσταση, που άγουν αποδοτικά ηλεκτρικό ρεύμα χωρίς αντίσταση ή απώλεια ενέργειας. Αυτό απαιτεί την ψύξη των μαγνητών στους $-271,3^{\circ}\text{C}$

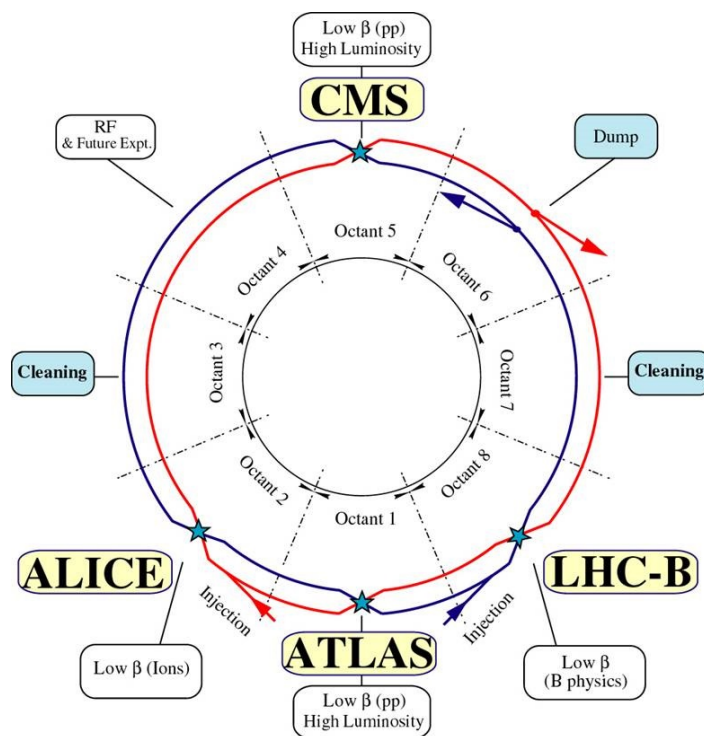


Σχήμα 1.3: Τα βασικά στοιχεία - τα 1232 δίπολα καμπής της δέσμης γύρω από την περίμετρο των 27 χιλιομέτρων του LHC.

- θερμοκρασία ψυχρότερη από αυτήν στο εξώτερο διάστημα. Για το λόγο αυτό, ένα μεγάλο μέρος του επιταχυντή είναι συνδεδεμένο σε ένα σύστημα διανομής υγρού ηλίου, το οποίο ψύχει τους μαγνήτες, καθώς και άλλες υποδομές παροχής.

Χιλιάδες μαγνήτες διαφορετικών ποικιλιών και μεγεθών χρησιμοποιούνται για να κατευθύνουν τις ακτίνες γύρω από τον επιταχυντή. Αυτές περιλαμβάνουν 1232 διπολικούς μαγνήτες μήκους 15 μέτρων, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για να κάμψουν τη δέσμη, και 392 τετραπολικούς μαγνήτες, καθένας μήκους 5-7 μέτρα, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για να εστιάσουν τις ακτίνες. Ακριβώς πριν από την σύγκρουση, ένας άλλος τύπος μαγνήτη χρησιμοποιείται για να «συμπιέσει» τα σωματίδια πλησιέστερα μεταξύ τους για να αυξήσει τις πιθανότητες συγκρούσεων. Τα σωματίδια είναι τόσο μικροσκοπικά που η επιτυχής σύγκρουσή τους είναι παρόμοιας δυσκολίας με το να εκτοξεύαμε δύο βελόνες από 10 χιλιόμετρα απόσταση με τέτοια ακρίβεια ώστε να συγκρουστούν στη μέση της διαδρομής [3, 4].

Όλα τα συστήματα ελέγχου για τον επιταχυντή, οι υπηρεσίες του και η

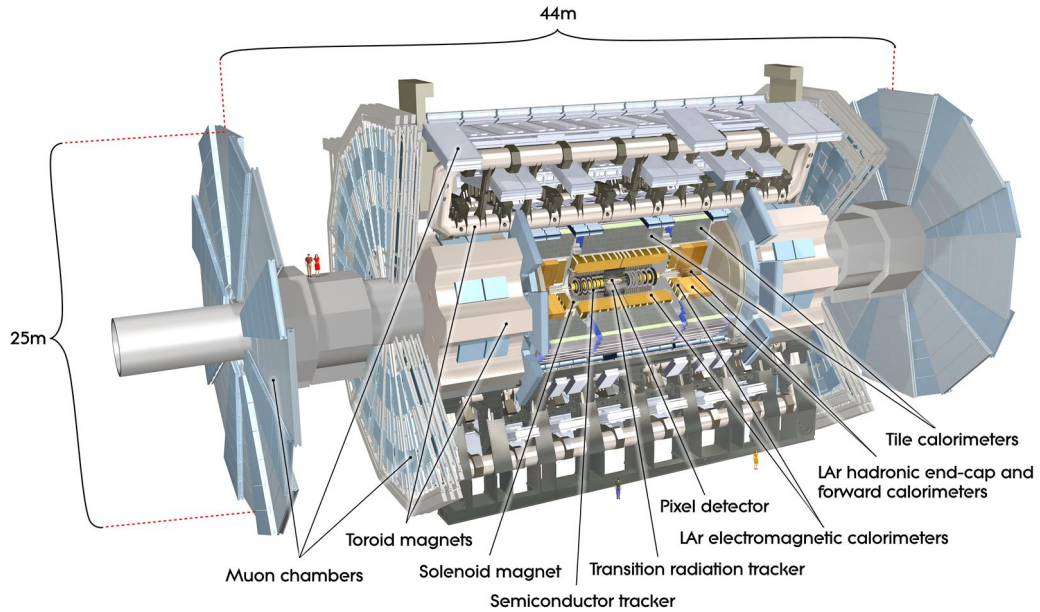


Σχήμα 1.4: Επισκοπικό σχήμα δείχνει τα τέσσερα κύρια πειράματα και τους δύο δακτυλίους του LHC.

υλικοτεχνική υποδομή του όλα στεγάζονται στο κέντρο ελέγχου του CERN. Από εκεί, οι ακτίνες στο εσωτερικό του LHC συγκρούονται σε τέσσερα σημεία γύρω από το δακτύλιο του επιταχυντή, που αντιστοιχούν στις θέσεις των τεσσάρων ανιχνευτών σωματιδίων - ATLAS, CMS, ALICE και LHCb [5, 6].

1.3 Ο Ανιχνευτής ATLAS

Ο ανιχνευτής ATLAS έχει μήκος 44 μέτρα, έχει ύψος 25 μέτρα και ζυγίζει 7000 τόνους. Είναι περίπου συμμετρικός κατά μήκος ως προς το σημείο αλληλεπίδρασης (IP). Χωρίζεται στην περιοχή του barrel, όπου τα modules αποτελούν κυλινδρικά στρώματα και δύο περιοχές endcaps, όπου οι ανιχνευτές σχηματίζουν δίσκους για την αύξηση της κάλυψης του ανιχνευτή. Ο ATLAS αποτελείται κυρίως από έξι υποσυστήματα: τον εσωτερικό ανιχνευτή, τα καλορίμετρα, το φασματόμετρο μιονίων, το σύστημα μαγνητών, το σύστημα σκανδαλισμού και το σύστημα συλλογής δεδομένων [7].



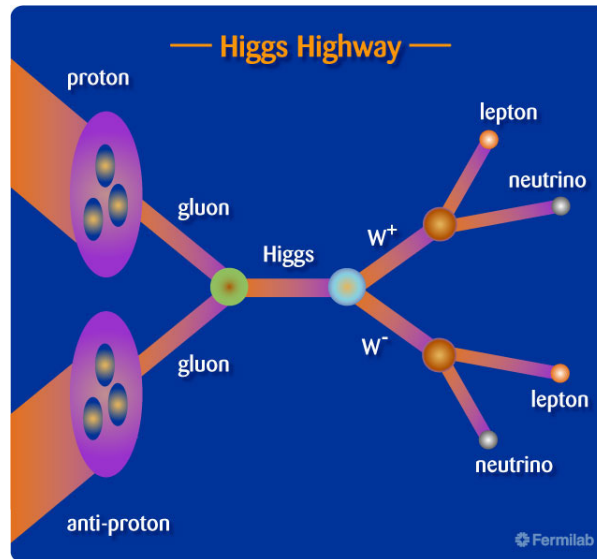
Σχήμα 1.5: Ο ATLAS είναι ο ένας από τους δύο ανιχνευτές γενικού σκοπού στον LHC. Αποτελείται από τρία συστήματα υποανιχνευτών: τον Εσωτερικό ανιχνευτή Τροχιών, τα Καλορίμετρα και το Φασματόμετρο Μιονίων.

1.3.1 Στόχοι φυσικής

Το πείραμα ATLAS έχει σχεδιαστεί για να αξιοποιήσει πλήρως τις δυνατότητες του LHC από πλευράς φυσικής. Η υψηλή φωτεινότητα και η μεγάλη ενέργεια (κέντρου μάζας E_{CM}) της σύγκρουσης πρωτονίων-πρωτονίων επιτρέπουν δοκιμές υψηλής ακριβείας για το Καθιερωμένο Μοντέλο, όσο και για διάφορα άλλα θεωρητικά μοντέλα.

Μία από τις σημαντικότερες δοκιμασίες για το Καθιερωμένο Μοντέλο έρχεται μέσα από μελέτες σχετικά με τα μποζόνια, W και Z , και τις ιδιότητές τους. Το top κουάρκ παράγεται σε επαρκή ρυθμό που επιτρέπει ακριβείς μετρήσεις για την μάζα του. Είναι το βαρύτερο γνωστό σωματίδιο και παίζει σημαντικό ρόλο στην έρευνα νέων φυσικών φαινομένων. Η μελέτη της φυσικής του b -κουάρκ είναι επίσης εφικτή, όπως και των ιδιοτήτων των B -μεσονίων και των διασπάσεών τους, συμπεριλαμβανομένων και ορισμένων σπάνιων διαδικασιών, όπως η παραβίαση της συμμετρίας CP.

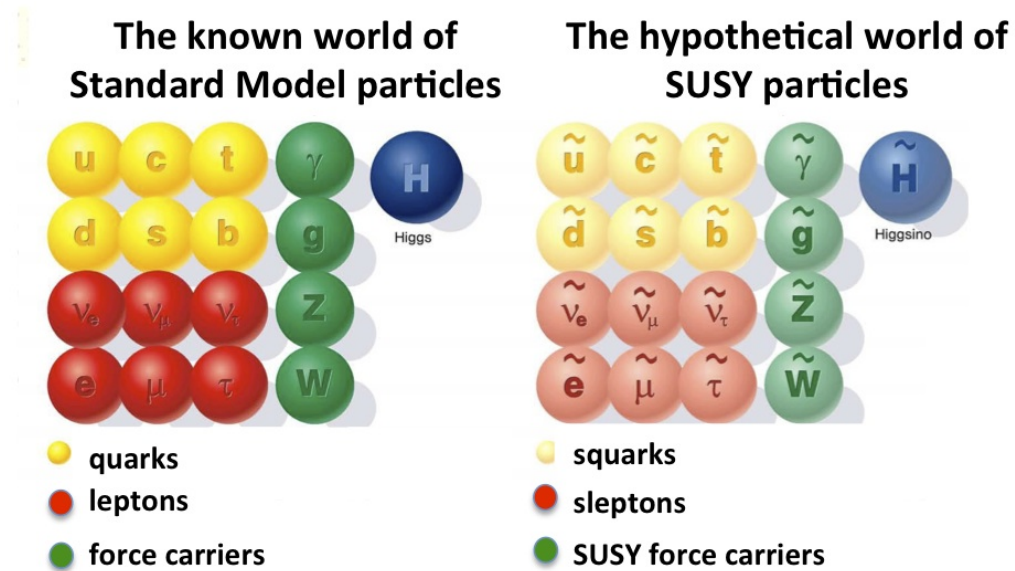
Ένας από τους κύριους στόχους της πρώτης φάσης του προγράμματος φυσικής του LHC ήταν η ανακάλυψη του μποζονίου Higgs όπως αυτό προβλέπεται από το Καθιερωμένο Μοντέλο, το οποίο αποτέλεσε και σημείο



Σχήμα 1.6: Αυτό το σχήμα απεικονίζει μια πιθανή σύγκρουση για την παραγωγή ενός μποζονίου Higgs και την συνακόλουθη διάσπασή του [10].

αναφοράς για τις επιδόσεις του ανιχνευτή ATLAS. Η μάζα του Higgs ήταν μια άγνωστη παράμετρος για το Καθιερωμένο Πρότυπο. Στις 4 Ιουλίου 2012 [8], οι επιστήμονες του CERN επιβεβαίωσαν την ανακάλυψη ενός νέου σωματιδίου με μάζα 125 GeV και σφάλμα ± 0.6 με απόκλιση 5 σίγμα, που σημαίνει βεβαιότητα κατά 99.99995% και πως η παρατήρηση αυτή είναι επαληθεύσιμη και μπορεί να αναπαραχθεί οποτεδήποτε. Θεωρείται ότι το νέο σωματίδιο είναι μποζόνιο και μάλιστα το βαρύτερο που έχει βρεθεί. Επίσης, έχει τα χαρακτηριστικά του σωματιδίου Higgs, με επιφύλαξη βεβαίως, μέχρι να «αποδειχθεί» ότι φέρει πράγματι και τις λοιπές, θεωρητικά, προβλεπόμενες ιδιότητές του εν λόγω μποζονίου.

Μια πληθώρα φαινομένων και μοντέλων πέρα από το Καθιερωμένο Μοντέλο μπορεί να ελεγχθεί στον LHC. Αυτά περιλαμβάνουν την υπερσυμμετρία, η οποία είναι μία από τις θεωρητικά επικρατέστερες υποψήφιες θεωρίες για την επέκταση της φυσικής πέρα από το Καθιερωμένο Μοντέλο. Βασική συνέπεια της υπερσυμμετρίας είναι η εμφάνιση «αδελφών» σωματιδίων για κάθε υπάρχον σωματίδιο, με διαφορετικές και παρεμφερείς ιδιότητες. Έτσι για κάθε κουάρκ θα υπάρχει ένα άλλο σωματίδιο, το υπερσυμμετρικό κουάρκ (s -quark), ίσου φορτίου αλλά διαφορετικής μάζας, και για κάθε λεπτόνιο το αντίστοιχο υπερσυμμετρικό λεπτόνιο (s -lepton). Οι φορείς των δυνάμεων, όπως τα φωτόνια και τα W και Z , θα είναι επίσης νέα μποζόνια βαρέως τύπου, \tilde{W} και \tilde{Z} με μάζες μέχρι 6 TeV το δε μποζόνιο Higgs θα συμπληρωθεί από τουλάχιστον άλλα τέσσερα σωματίδια [9].



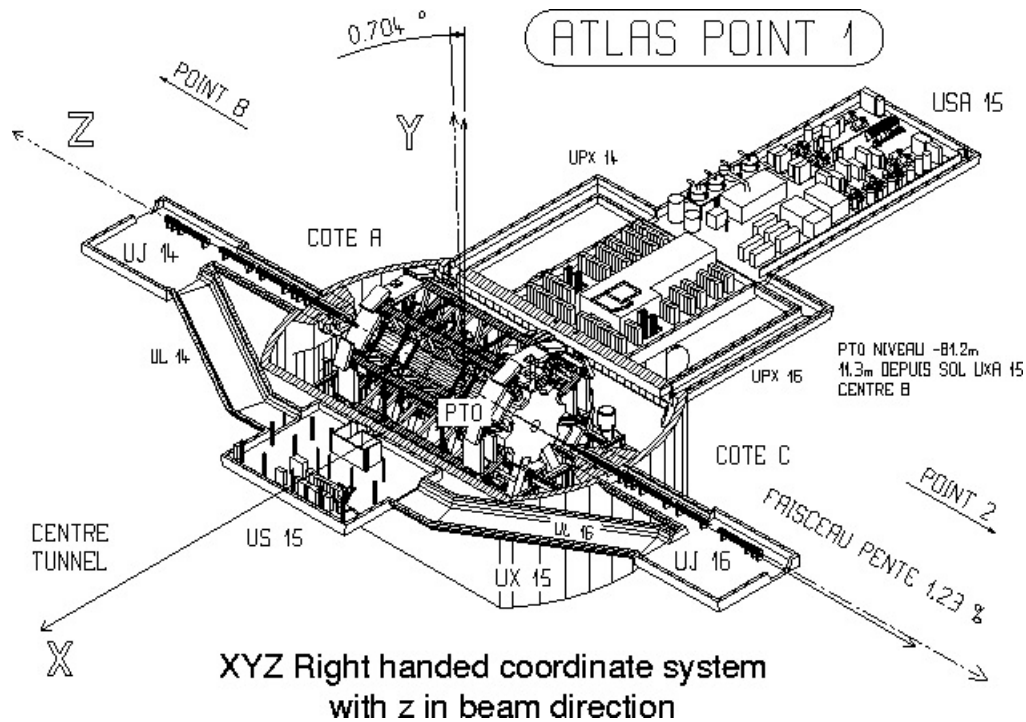
Σχήμα 1.7: Τα γνωστά στοιχειώδη σωματίδια του Καθιερωμένου Μοντέλου και τα υποθετικά υπερσυμμετρικά σωματίδια.

Ένα τόσο σύνθετο πρόγραμμα φυσικής υποχρεώνει τους μηχανικούς να τηρήσουν αυστηρότατες προδιαγραφές στο σχεδιασμό του ανιχνευτή. Αυτό συμβαίνει λόγω των πειραματικών συνθηκών, όπως η ένταση της ακτινοβολίας που υφίστανται τα συστήματα του ανιχνευτή και τα ηλεκτρονικά τους και που είναι απαραίτητη η αντοχή τους σε αυτήν. Η αναλυτικότητα και η γρήγορη απόκριση των συστημάτων είναι επίσης απαραίτητη ώστε να μπορούμε να διαχειριστούμε τις τεράστιες ροές σωματιδίων. Η ικανοποιητική ανάλυση της ορμής τους και η αποδοτική ανακατασκευή της τροχιάς τους σε όλο σχεδόν το εύρος των γωνιών είναι επίσης απαραίτητη. Τέλος, είναι εξίσου σημαντική η απόδοση του triggering για σωματίδια με χαμηλή εγκάρσια ορμή (p_T).

1.3.2 Το σύστημα συντεταγμένων και οι συμβάσεις ονομασίας

Καθολικό σύστημα συντεταγμένων του ανιχνευτή ATLAS

Το σχήμα 1.8 απεικονίζει το καθολικό Καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων που υπακούει στον κανόνα του δεξιού χεριού στον ανιχνευτή ATLAS. Ο άξονας z ορίζεται κατά μήκος της δέσμης του LHC με κατεύθυνση από το point 1 προς το point 8, ενώ ο άξονας x έχει κατεύθυνση προς το κέντρο του



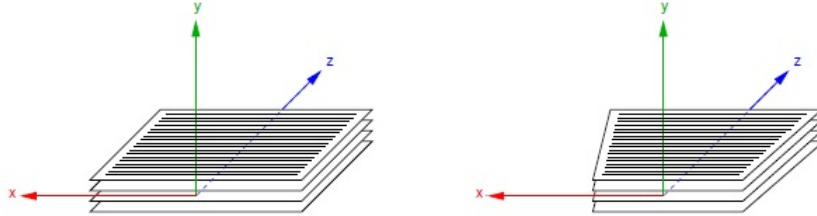
Σχήμα 1.8: Global σύστημα συντεταγμένων του ATLAS.

δαχτυλιδιού του LHC. Το επίπεδο z - x είναι κεκλιμένο υπό γωνία 0.704° ως προς το οριζόντιο επίπεδο, και ο άξονας y έχει κατεύθυνση προς τα πάνω, κάθετα προς το επίπεδο z - x . Η γωνία θ ορίζεται ως προς τον άξονα z , και η pseudorapidity ως $\eta = -\log \tan(\theta/2)$. Στις κυλινδρικές συντεταγμένες, το r είναι η ακτινική απόσταση από τον άξονα της δέσμης (άξονας z) στο επίπεδο x - y και ϕ είναι η γωνία από τον άξονα x . Το κομμάτι του ανιχνευτή που βρίσκεται στα θετικά του z ονομάζεται πλευρά A, ενώ η πλευρά που βρίσκεται στα αρνητικά στην κατεύθυνση του z πλευρά C.

Τοπικό σύστημα συντεταγμένων μονάδων ανιχνευτών

Ένα τοπικό σταθερό σύστημα συντεταγμένων ορίζεται για την κάθε ανιχνευτική μονάδα, ανεξάρτητο από τον προσανατολισμό του ανιχνευτή ATLAS. Το σύστημα αυτό ακολουθεί τον κανόνα του δεξιού χεριού με τον ίδιο τρόπο με το καθολικό όπως φαίνεται και στο σχήμα 1.9. Ο προσανατολισμός και το σημείο προέλευσης ακολουθούν τις συμβάσεις όπως αυτές έχουν οριστεί και για το global σύστημα συντεταγμένων. Το επίπεδο x - z είναι παράλληλο στα επίπεδα των strips μέσα στη μονάδα του ανιχνευτή, με τον άξονα z να εκτείνεται κάθετα στην φορά των strips και τον x παράλληλα. Το σημείο προέλευσης

βρίσκεται στα μέσα του επιπέδου της κάθε μονάδας στο άκρο εκείνο το οποίο βρίσκεται πλησιέστερα προς το σημείο αλληλεπίδρασης των πρωτονίων.

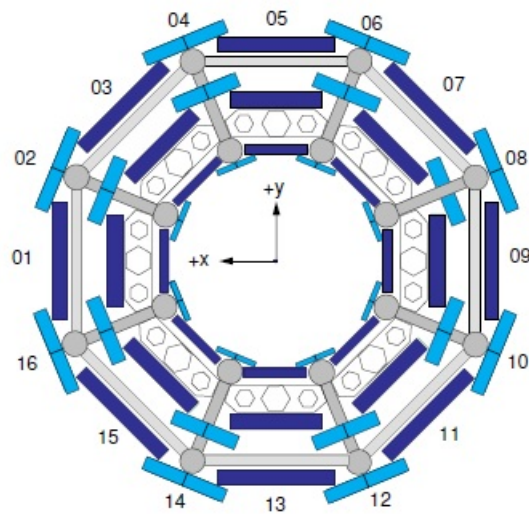


Σχήμα 1.9: Το τοπικό σύστημα συντεταγμένων της κάθε ανιχνευτικής μονάδας του ATLAS. Στο σχήμα απεικονίζονται ορθογώνιες και τραπεζοειδείς τετραπλέτες ανιχνευτών.

Σχέδιο και αρίθμηση του φασματόμετρου μιονίων του ATLAS

Οι οχτώ κρουστάτες του τοροειδούς μαγνήτη στο barrel επιβάλλουν τη διαίρεση σε 16 τομείς οργάνων για το φασματόμετρο μιονίων στην περιοχή αυτή. Οχτώ μεγάλοι τομείς (Large Sectors) οι οποίοι βρίσκονται στις γωνιακές περιοχές μεταξύ των πηνίων, που εκτείνονται για περίπου 29° στον άξονα ϕ και οχτώ μικροί τομείς (Small Sectors) οι οποίοι βρίσκονται στις γωνιακές περιοχές που περιλαμβάνουν ένα από τα τοροειδή πηνία η καθεμία και εκτείνονται για περίπου 20° στον άξονα ϕ . Ανάμεσα σε κάθε μικρό και μεγάλο sector υπάρχει μια αλληλοεπικάλυψη περίπου 2° στον άξονα ϕ . Για λόγους συνοχής και για να διατηρηθεί η ιδέα της προβολικής διάταξης των ανιχνευτών μιονίων σε σχέση με το σημείο αλληλεπίδρασης (Interaction Point) στην περιοχή μετάβασης μεταξύ του barrel και του endcap, η δομή των 16 τομέων αναπαράγεται στην περιοχή των endcaps για τους ανιχνευτές ακριβείας τροχιών.

Οι τομείς αριθμούνται διαδοχικά, αρχίζοντας από τον τομέα 1 ο οποίος περιλαμβάνεται στο θετικό άξονα x ($\phi = 0$). Οι αριθμοί τομέα αυξάνονται με την αύξηση της γωνίας ϕ , βλέπε Σχήμα 1.10. Αυτό το σύστημα αρίθμησης σημαίνει ότι οι μεγάλοι τομείς έχουν μονά νούμερα αρίθμησης ενώ οι μικροί ζυγά [11].

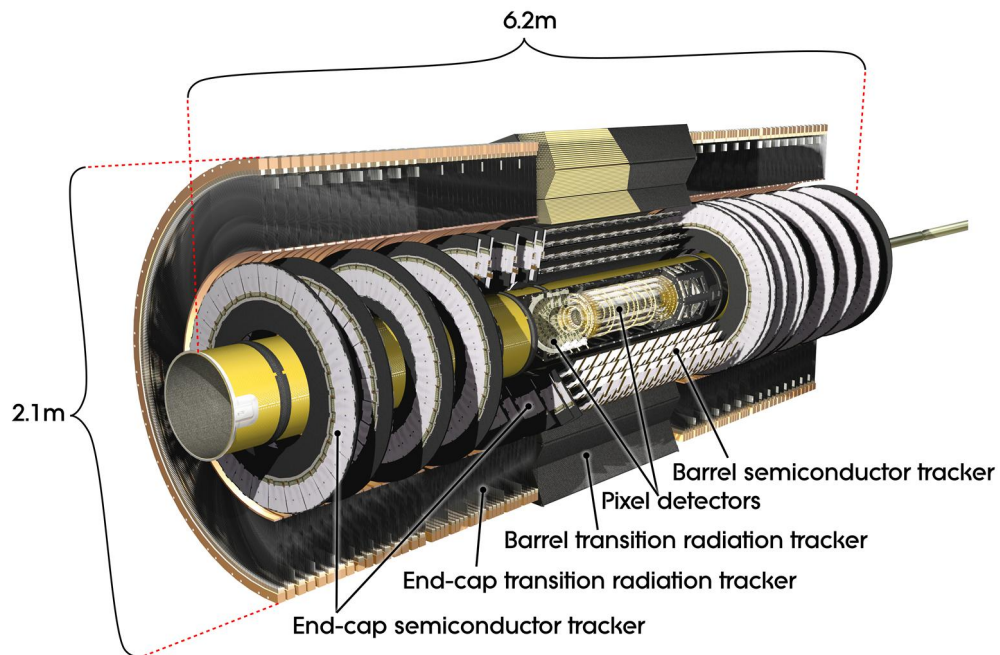


Σχήμα 1.10: Ο ορισμός της αρίθμησης των 16 τομέων του φασματόμετρου μιονίων του ATLAS.

1.3.3 Εσωτερικός ανιχνευτής τροχιών (Inner Detector)

Ο εσωτερικός ανιχνευτής τροχιών (ID) είναι 2.1 m, και το συνολικό μήκος του είναι 6.2 m και αποτελείται από τρεις υποανιχνευτικές διατάξεις. Στο εσωτερικό του συναντάμε τον Pixel Detector, κατόπιν τον SemiConductor Tracker και τέλος στο εξωτερικό του τον Transition Radiation Tracker. Ο ID συνδυάζει τους υψηλής ευκρίνειας ανιχνευτές στο εσωτερικό του με τα ανιχνευτικά τμήματα στην εξωτερική ακτίνα του. Όλα περιλαμβάνονται στο κεντρικό σωληνοειδές, το οποίο παρέχει ένα μαγνητικό πεδίο της τάξεως των 2 T. Υψηλότερη ανάλυση επιτυγχάνεται γύρω από την περιοχή της κορυφής (vertex region) με τη χρήση των ημιαγωγικών ανιχνευτών πίξελ (Silicon Pixel Detectors). Χαρακτηριστικά για κάθε διαδρομή ο ημιαγωγικός ανιχνευτής πίξελ συμβάλλει σε τρεις και ο ανιχνευτής μικρολωρίδων πυριτίου σε τέσσερις ενδείξεις σημείων τροχιάς. Στο εξωτερικό τμήμα του εσωτερικού ανιχνευτή βρίσκεται ο Transition Radiation Tracker ο οποίος παρέχει πληροφορία για 36 σημεία ανά τροχιά χρησιμοποιώντας τους drift tubes του.

Η σχετική ακρίβεια της μέτρησης είναι καλά συνδυασμένη, έτσι ώστε καμία μέτρηση να μην υπερισχύει στην ευκρίνεια της ορμής. Στη περιοχή του barrel ο Pixel Detector και ο SemiConductor Tracker είναι τοποθετημένοι σε ομόκεντρους κυλίνδρους γύρω από τον άξονα της δέσμης, ενώ τα end-caps του ανιχνευτή είναι τοποθετημένα σε δίσκους κάθετα προς τον άξονα



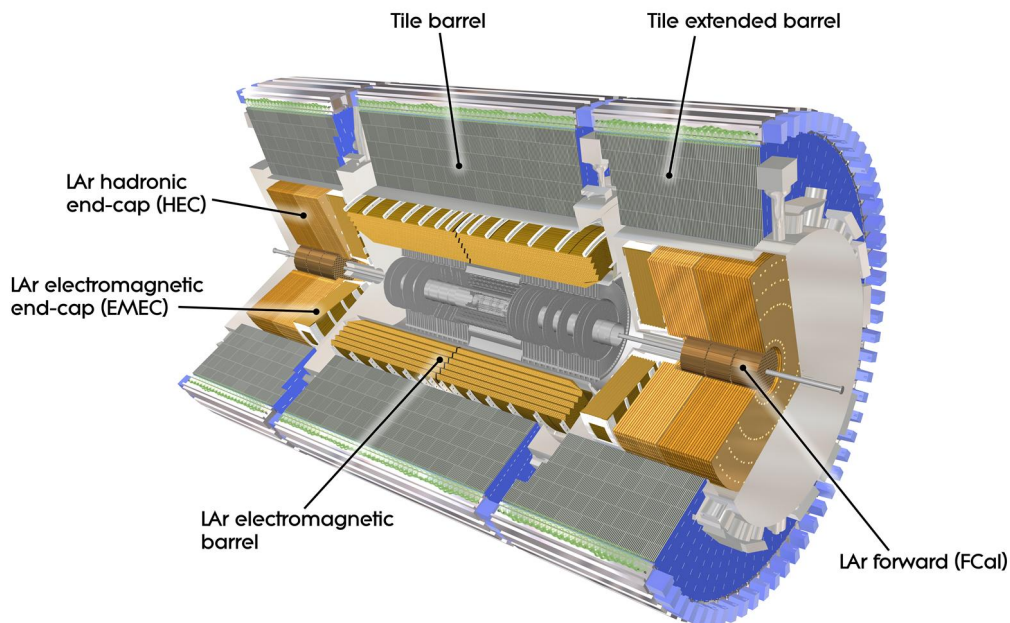
Σχήμα 1.11: Ο Εσωτερικός Ανιχνευτής Τροχιών του ATLAS. Στο σχήμα φαίνονται οι τρεις υποανιχνευτικές διατάξεις που τον αποτελούν (ο Pixel Detector, ο SemiConductor Tracker και ο Transition Radiation Tracker).

της δέσμης. Οι αισθητήρες είναι τοποθετημένοι σε ένα πολύ ισχυρό μαγνητικό πεδίο, που δημιουργείται από ένα κυλινδρικό υπεραγωγικό πηνίο, το οποίο καμπυλώνει τις τροχιές των σωματιδίων. Μετρώντας τις παραμέτρους της τροχιάς, μπορούμε να βρούμε την ορμή, τη διεύθυνση, το πρόσημο του φορτίου και το σημείο προέλευσης του σωματιδίου [12].

1.3.4 Καλορίμετρα (Calorimeters)

Τα καλορίμετρα μετρούν τις ενέργειες των φορτισμένων και των ουδέτερων σωματιδίων. Αποτελούνται από μια συστοιχία μεταλλικών πλακών (απορροφητές) και από ευαίσθητες περιοχές (αισθητήρια στοιχεία). Οι αλληλεπιδράσεις στον απορροφητή μετατρέπουν την προσπίπτουσα ενέργεια του κάθε σωματιδίου σε έναν πίδακα από σωματίδια που ανιχνεύονται από τους αισθητήρες. Στα εσωτερικά μέρη του καλορίμετρου το αισθητήριο στοιχείο είναι υγρό αργό. Οι πίδακες των σωματιδίων στο υγρό αργό απελευθερώνουν ηλεκτρόνια τα οποία έπειτα συλλέγονται και καταγράφονται. Στα εξωτερικά μέρη, οι ανιχνευτές περιέχουν φύλλα πλαστικού σπινθηριστή. Όταν οι πίδακες των

σωματιδίων προσπίπτουν σε αυτά, αναγκάζουν το πλαστικό να εκπέμψει φως που συλλέγεται με τη σειρά του και καταγράφεται [13].

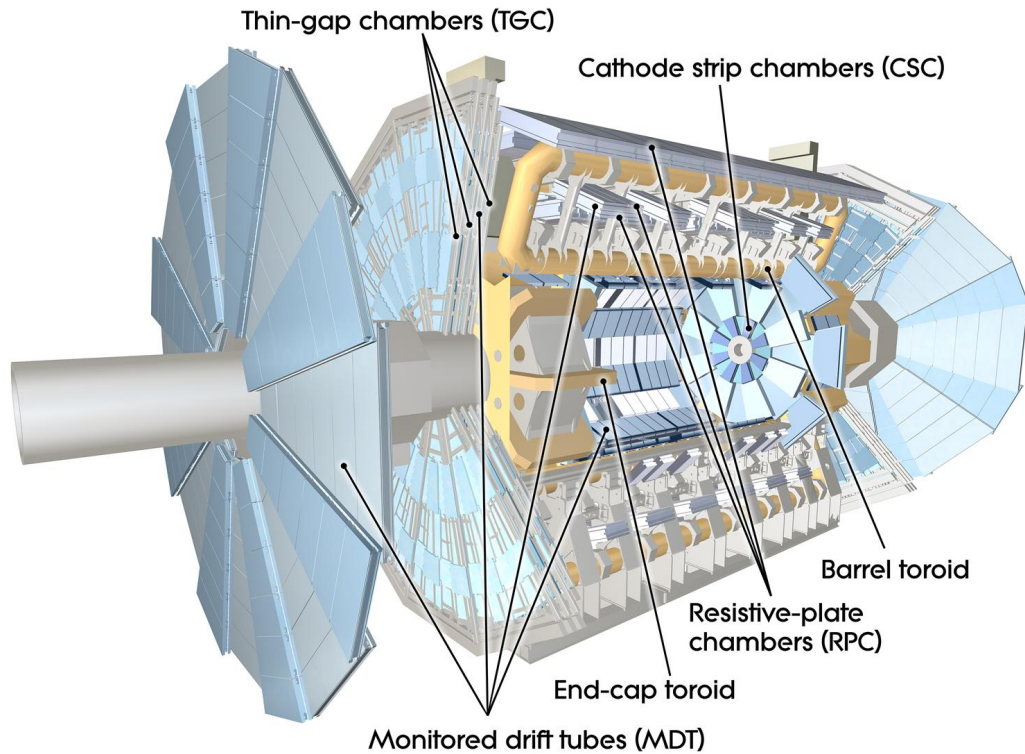


Σχήμα 1.12: Το σύστημα καλοριμέτρων μετράει την ενέργεια και την θέση των σωματιδίων δειγματοληπώντας το απόθεμα ενέργειάς τους. Αποτελείται από τα ηλεκτρομαγνητικά και τα αδρονικά καλορίμετρα.

1.3.5 Φασματόμετρο Μιονίων (Muon Spectrometer)

Ο ρόλος του φασματομέτρου μιονίων (MS) είναι να αναγνωρίσει, να μετρήσει μίονια και να πυροδοτηθεί από αυτά. Το MS έχει επίσης σχεδιαστεί ώστε να παρέχει πληροφορίες για μίονια ανεξάρτητα από τις μετρήσεις του Inner Detector. Όπως φαίνεται και στο σχήμα 1.13, αποτελείται από δύο υποανιχνευτικά συστήματα για μετρήσεις ακριβείας, τους Monitored Drift Tubes (MDT) και τους Cathode Strip Chambers (CSC), και δύο τεχνολογίες σκανδαλισμού, τους Resistive Plate Chambers (RPC) και τους Thin Gap Chambers (TGC).

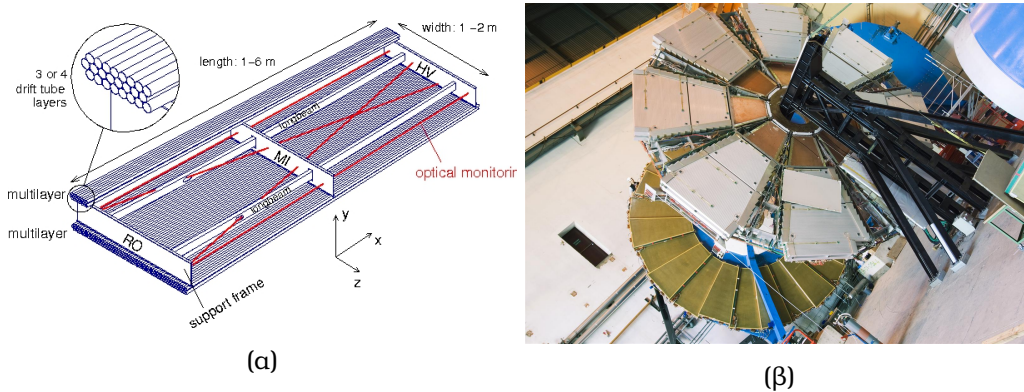
Monitored Drift Tubes Οι θάλαμοι ολίσθησης (drift chambers) εν γένει είναι ένα πολύ σύνηθες εργαλείο για ανίχνευση φορτισμένων σωματιδίων



Σχήμα 1.13: Το φασματόμετρο μιονίων που σκοπό έχει να αναγνωρίσει και να μετρήσει μίονια. Περιλαμβάνει τέσσερις τεχνολογίες ανιχνευτών: τους Monitored Drift Tubes, τους Cathode Strip Chambers, τους Resistive Plate Chambers και τους Thin Gap Chambers.

στα πειράματα φυσικής υψηλών ενεργειών. Ένας τυπικός θάλαμος ολίσθησης είναι ένας κλειστός χώρος γεμάτος με αέριο που περιέχει σύρματα που μεταφέρουν ηλεκτρικό σήμα. Οι MDT (Monitored Drift Tube) γεμίζονται με ένα μείγμα Ar-CO_2 (93-7%) και όπως προαναφέρθηκε μετρούν με ακρίβεια την κάμψη των τροχιών στο $r-z$ επίπεδο του τοροειδούς μαγνήτη και παρέχουν μετρήσεις της ορμής των σωματιδίων. Στο πείραμα ATLAS οι MDT καλύπτουν ολόκληρη την περιοχή των 5500 m^2 η οποία είναι απαραίτητη για τον ακριβή προσδιορισμό των μιονίων στο φάσμα για την pseudorapidity $-2.7 < \eta < 2.7$.

Cathode Strip Chambers Εκεί που η ροή σωματιδίων είναι υψηλότερη, οι MDTs έχουν αντικατασταθεί από CSCs οι οποίοι συνδυάζουν υψηλή χωρική και χρονική ακρίβεια σε υψηλό ρυθμό. Είναι γεμισμένοι με μίγμα Ar-CO_2 (80-20%). Στα καλώδια του επιβάλλεται τάση 1800 V. Η χωρική ακρίβεια του είναι $60 \mu\text{m}$ για την συντεταγμένη των strips και



Σχήμα 1.14: α) Monitored Drift Tube, β) Cathode Strip Chambers.

5 mm για αυτήν των καλωδίων. Αποτελούνται από 4 επίπεδα σε κάθε περιοχή endcap και καλύπτουν τιμές pseudorapidity $2.0 < \eta < 2.7$.

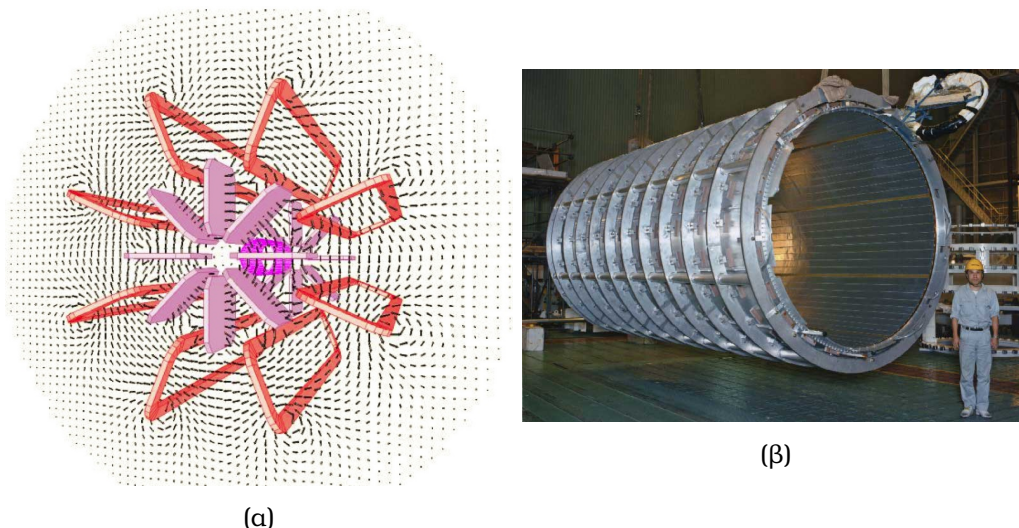
Resistive Plate Chambers Οι θάλαμοι ακριβείας έχουν μεγάλο χρόνο φόρτισης-συλλογής, της τάξης των 20 ns και γι αυτό δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για σκανδαλισμό. Στην περιοχή barrel οι RPC χρησιμοποιούνται αντί άλλων κάτι που επιτρέπει γρήγορο προσδιορισμό της ορμής για το επιπέδο εκείνο του trigger που βασίζεται στο hardware και την απαραίτητη πληροφορία χρονισμού για τους MDT θαλάμους. Οι RPC έχουν χωρική ακρίβεια της τάξης του 1 cm και χρονική της τάξης των 2 ns. Υπάρχουν τρία στρώματα RPC που καλύπτουν τιμές της pseudorapidity $|\eta| = 1.05$.

Thin Gap Chambers Για τον σκανδαλισμό μιονίων για τιμές της pseudorapidity $1.05 < |\eta| < 2.4$ χρησιμοποιούνται οι TGC. Εκτός από το triggering η δεύτερη χρησιμότητά τους είναι ο προσδιορισμός της δεύτερης (αζιμουθιακής) συντεταγμένης για να ολοκληρωθεί έτσι η μέτρηση των θαλάμων MDT στην ακτινική κατεύθυνση. Υπάρχουν τέσσερα στρώματα από αυτούς τους θαλάμους σε κάθε endcap του ανιχνευτή [14].

1.3.6 Μαγνήτες

Ο ανιχνευτής ATLAS περιλαμβάνει δύο τύπους συστημάτων υπεραγωγίων μαγνητών ώστε να δώσει την δύναμη αυτή που απαιτείται για να κάμψει τις τροχιές των φορτισμένων σωματιδίων και ακολούθως να καταστεί δυνατή η μέτρηση της ορμής τους: τον σωληνοειδή μαγνήτη που περιβάλλει τον Inner Detector και το τοροειδές σύστημα μαγνήτη που είναι ενσωματωμένο στο

φασματόμετρο μιονίων.

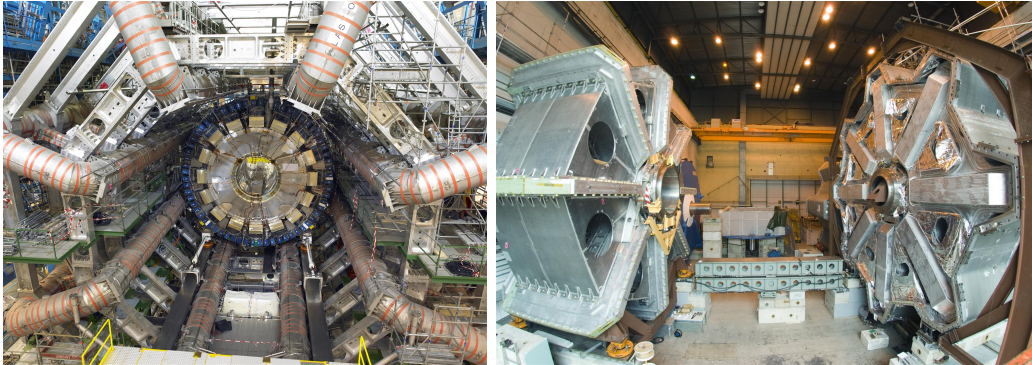


Σχήμα 1.15: α) Το μαγνητικό πεδίο που επικρατεί εντός του ATLAS, β) Ο σωληνοειδής μαγνήτης του ATLAS που περιβάλλει τον Inner Detector.

Το κεντρικό υπεραγωγίμο σωληνοειδές, φαίνεται στο σχήμα 1.14, είναι ευθυγραμμισμένο με τον άξονα της δέσμης και είναι σχεδιασμένο ώστε να παρέχει ένταση μαγνητικού πεδίου στα 2 T κατά μήκος της δέσμης για την μέτρηση της ορμής στον Inner Detector, ελαχιστοποιώντας το εκπεμπόμενο πάχος του μπροστά από το ηλεκτρομαγνητικό καλορίμετρο που βρίσκεται στο barrel. Η εσωτερική και η εξωτερική διάμετρος του σωληνοειδούς είναι 2.46 m και 2.56 m και το μήκος του ανέρχεται στα 5.8 m. Είναι τοποθετημένο σε έναν κρουστάτη που τον μοιράζεται με το καλορίμετρο για να ελαχιστοποιήσει την χρήση υλικού και λειτουργεί στους 4.5° K.

Το τοροειδές σύστημα μαγνητών παρέχει μαγνητικό πεδίο για την μέτρηση της ορμής στο φασματόμετρο μιονίων και έχει μέση τιμή έντασης περί τα 0.5 T. Το μαγνητικό πεδίο που είναι τοροειδές και κάθετο σε αυτό του σωληνοειδούς, δημιουργείται από οχτώ υπεραγωγίμα πηνία στο barrel, και από δύο τοροειδή με οχτώ πηνία το καθένα που βρίσκονται στα endcaps.

Η ένταση του μαγνητικού πεδίου ποικίλλει ανάλογα με την pseudorapidity για τη περιοχή του barrel με ανώτατη τιμή τα 3.9 T, ενώ για τα endcaps η μέγιστη τιμή αγγίζει τα 4.1 T [15].



Σχήμα 1.16: Κατά σειρά ο τοροειδής στο barrel και ο τοροειδής στα endcaps του ATLAS.

1.3.7 Σύστημα σκανδαλισμού και συλλογής δεδομένων (TDAQ)

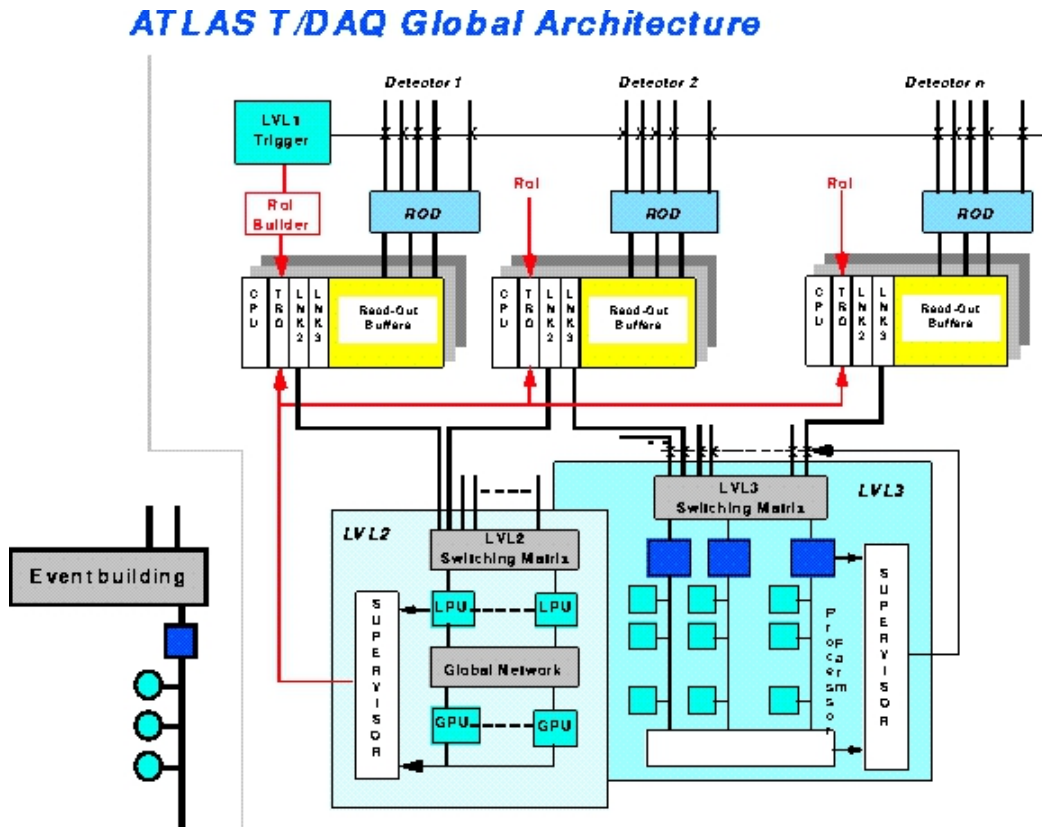
Τα συστήματα σκανδαλισμού και συλλογής δεδομένων (Trigger and Data Acquisition)(TDAQ) είναι τα κύρια εξαρτήματα για την ανάγνωση των δεδομένων. Το σύστημα σκανδαλισμού έχει τρία ξεχωριστά επίπεδα: Το Level-1 (L1) το Level-2 (L2), και το Event Filter (EF). Κάθε επίπεδο σκανδαλισμού βελτιώνει τις αποφάσεις του προηγούμενου επιπέδου και όπου είναι απαραίτητο επιβάλλει επιπλέον κριτήρια επιλογής. Το σύστημα συλλογής δεδομένων λαμβάνει και αποθηκεύει προσωρινά τα δεδομένα από τα γεγονότα αυτά από τα ειδικά ηλεκτρονικά συστήματα readout του ανιχνευτή, στο ρυθμό αποδοχής που επιτρέπει το L1.

Λόγω του ότι οι συγκρούσεις δεσμών συμβαίνουν με ρυθμό 20 MHz, απαιτείται ένα σύστημα σκανδαλισμού ώστε να περιορίσει τις υποψήφιες συγκρούσεις χωρίς όμως να απορρίπτει, ενδιαφέροντα από πλευράς φυσικής, συμβάντα. Το πρώτο επίπεδο σκανδαλισμού, το οποίο βασίζεται καθαρά σε hardware, χρησιμοποιεί πληροφορίες από τα καλορίμετρα και από τα συστήματα σκανδαλισμού των θαλάμων ανίχνευσης μιονίων ώστε να πάρει την απόφαση σε λιγότερο από 2.5 μ s, μειώνοντας τον ρυθμό στα 75 KHz. Επίσης καθορίζει την επονομαζόμενη Region of Interest (RoI), πληροφορία που κατόπιν τροφοδοτεί το L2.

Το επίπεδο σκανδαλισμού 2 βασίζεται σε software και χρησιμοποιεί πλήρως την πληροφορία RoI σε συνδυασμό με τις πληροφορίες από τον Inner Detector για την βελτιστοποίηση της επιλογής συμβάντων. Είναι σχεδιασμένο ώστε να μειώνει περαιτέρω το ρυθμό στα περίπου 3.5 KHz σε μέσο χρόνο επεξεργασίας συμβάντος 40 ms, χρόνος που εξαρτάται από την περιπλοκότητα του συμβάντος. Αν ένα συμβάν περάσει από το δεύτερο επίπεδο, τότε όλα του

τα δεδομένα τροφοδοτούν τον Event Filer.

Ο Event Filter βασίζεται επίσης σε software και έχει πρόσβαση σε όλες τις προηγούμενες πληροφορίες. Είναι σχεδιασμένος να μειώνει τον ρυθμό λίγο κάτω από τα 400 Hz με μέγεθος πληροφορίας συμβάντος περί τα 1.3 MB. Τα συμβάντα που περνούν και το τρίτο αυτό φίλτρο καταγράφονται για περαιτέρω ανάλυση [16].



Σχήμα 1.17: Σχηματική αναπαράσταση του συστήματος TDAQ του ATLAS.

Κεφάλαιο 2

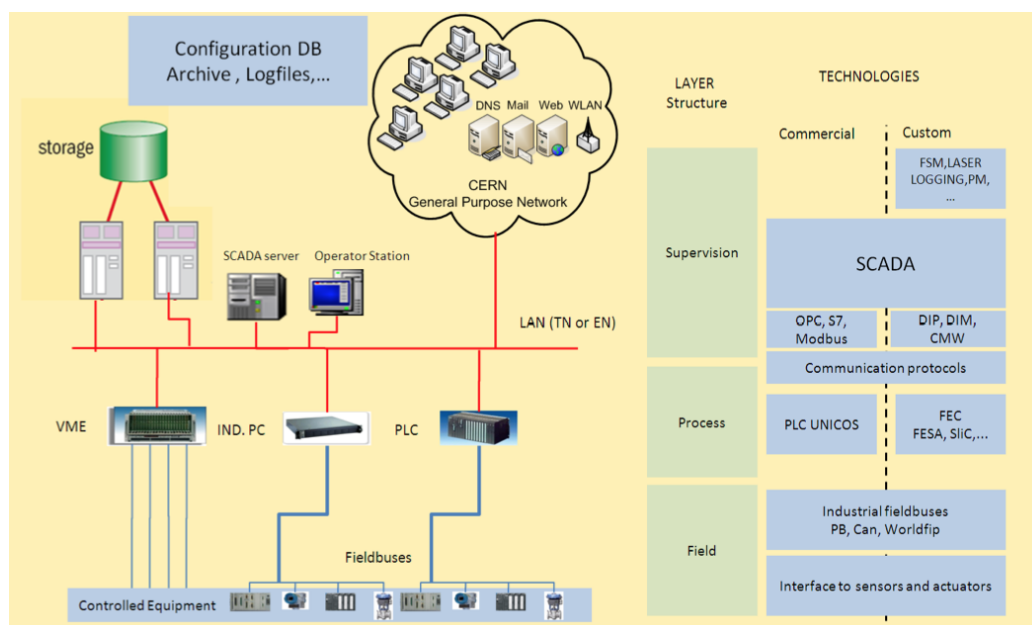
Το σύστημα ελέγχου του ανιχνευτή ATLAS

Ο όρος SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) περιγράφει μια κατηγορία συστημάτων βιομηχανικού αυτομάτου ελέγχου και τηλεμετρίας. Το χαρακτηριστικό των συστημάτων SCADA είναι ότι αποτελούνται από τοπικούς ελεγκτές, που ελέγχουν επιμέρους στοιχεία και μονάδες μιας εγκατάστασης, συνδεδεμένους σε ένα κεντρικό Master Station (Κύριο Σταθμό Εργασίας). Ο κεντρικός σταθμός εργασίας μπορεί κατόπιν να επικοινωνεί τα δεδομένα που συλλέγει από την εγκατάσταση σε ένα πλήθος από σταθμούς εργασίας σε τοπικό LAN ή και να μεταδίδει τα δεδομένα της εγκατάστασης σε μακρινά σημεία μέσω κάποιου συστήματος τηλεπικοινωνίας, πχ μέσω του ενσύρματου τηλεφωνικού δικτύου ή μέσω κάποιου ασύρματου δικτύου.

Ένα Σύστημα Ελέγχου Ανιχνευτή (Detector Control System), είναι απαραίτητο ώστε να γίνει εφικτή η συνεχής παρακολούθηση των πειραμάτων στο σύνολό τους αλλά και των επιμέρους τμημάτων τους. Το Detector Control System επιτρέπει την ομαλή και ασφαλή λειτουργία του hardware και χρησιμεύει ως ένα ομοιογενές περιβάλλον εργασίας για όλους τους υποανιχνευτές και τα υποσυστήματα των πειραμάτων. Ελέγχει, παρακολουθεί και κρατάει ιστορικό των παραμέτρων λειτουργίας, ενώ ενημερώνει τον χρήστη για τυχόν ανωμαλίες που θα προκύψουν και είτε προσαρμόζεται με αυτόματες λύσεις είτε επιτρέπει χειροκίνητες διορθωτικές ενέργειες για την εύρυθμη λειτουργία του πολύπλοκου αυτού συστήματος.

Ένα τόσο σύνθετο σύστημα ανιχνευτών απαιτεί ένα καλά σχεδιασμένο πλαίσιο για τον έλεγχο και την παρακολούθησή τους. Το Δεκέμβρη του 1997 ιδρύθηκε η επιτροπή Joint COntrol Project (JCOP) με σκοπό να κατασκευάσει το πλαίσιο που χρησιμοποιείται και στα τέσσερα πειράματα του LHC [17]. Η αποστολή του πλαισίου εργασίας της JCOP (JCOP Framework), είναι η

επιλογή, η ανάπτυξη και η υποστήριξη των εργαλείων και των components εκείνων που χρησιμοποιούνται στα συστήματα ελέγχου των ανιχνευτών για όλα τα πειράματα του CERN. Ως εκ τούτου, μετά από μια μακρά περίοδο δοκιμών, αποφασίστηκε (1999) να χρησιμοποιείται το PVSS (Prozess Visualisierung- und Steuerungs-System) SCADA σύστημα, ως εργαλείο δημιουργίας των συστημάτων ελέγχου [18] και το State Management Interface (SMI++) για τη ιεραρχία της μηχανής πεπερασμένων καταστάσεων (Finite State Machine).



Σχήμα 2.1: Η δομή ενός συστήματος αυτόματου ελέγχου.

2.1 WinCC-OA

Το WinCC-OA επιλέχθηκε από την επιτροπή JCOP κυρίως επειδή είχε ήδη αρχίσει να γίνεται το πιο διαδεδομένο εργαλείο κατασκευής συστημάτων ελέγχου στους developers σε όλα τα πειράματα του CERN. Βέβαια σημαντικό ρόλο έπαιξε και η scripting γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιεί η οποία προσομοιάζει στην C, όπως και το modularity του. Στα αρνητικά μπορούμε να εντάξουμε τα ελλιπή εγχειρίδια χρήσης, γεγονός που συνέβαλλε στη μακρά περίοδο δοκιμών πριν την καθιέρωση του ως standard εργαλείου.

2.1.1 Ιστορική αναδρομή

Το PVSS, προϊόν της Αυστριακής εταιρείας ETM, είχε αρχίσει να γίνεται ευρέως χρησιμοποιούμενο από πελάτες της Siemens, όπως το CERN, το οποίο είχε επιφυλάξεις για το αν πρέπει να χρησιμοποιείται ένα εργαλείο μιας τόσο μικρής εταιρείας, που πάντοτε θα διέτρεχε τον κίνδυνο της χρεοκοπίας, σε τόσο μεγάλα project εκατομμυρίων ευρώ. Η λύση που επέλεξε η Siemens ώστε να διαλύσει οποιαδήποτε τέτοιου είδους ανασφάλεια ήταν η εξαγορά της εταιρείας.



(α)



(β)

Σχήμα 2.2: α) Το logo της ETM, β) Το logo του PVSS.

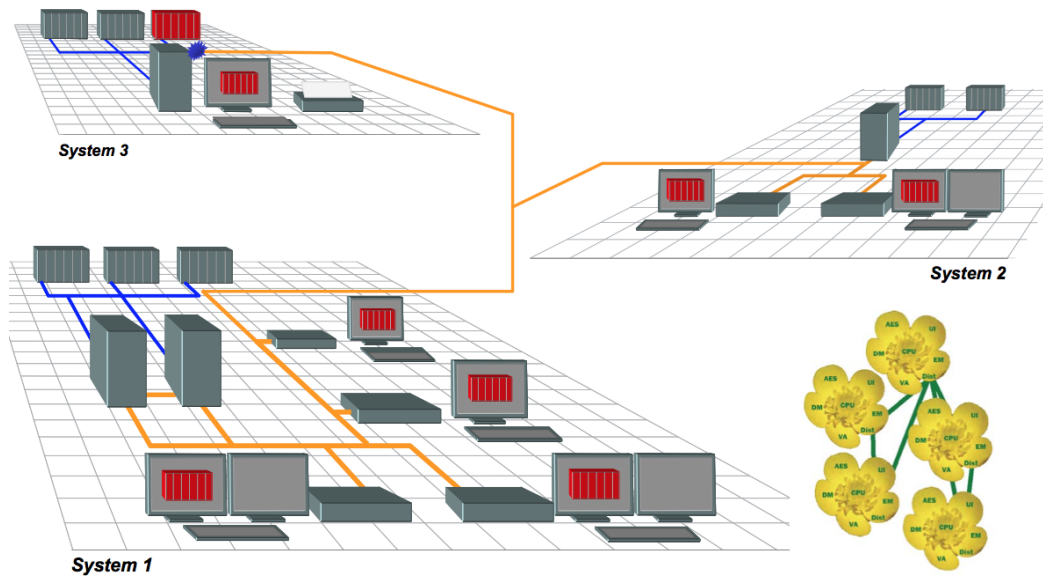
Τώρα, μετά την εξαγορά, το PVSS μετονομάστηκε σε WinCC-OA και δι-ατίθεται στο εμπόριο από την Siemens. Παρόλα αυτά ο χρήστης μπορεί να δει το όνομα PVSS παντού: στο ίδιο το λογισμικό, στο documentation ακόμα και στα υφιστάμενα project που τρέχουν στους ανιχνευτές σήμερα.

Το WinCC-OA είναι ένα λογισμικό που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη συστημάτων ελέγχου, δεν είναι το ίδιο σύστημα ελέγχου. Χρησιμοποιείται για τη σύνδεση με τις συσκευές υλικού ή λογισμικού, για να ανακτά τις τιμές των παραμέτρων τους και για την εποπτεία της καλής λειτουργίας τους. Μπορεί επίσης να παρέχει κάποιες άλλες λειτουργίες, όπως η αρχειοθέτηση των τιμών τους και η διαχείριση των ειδοποιήσεων για λάθη ή προβλήματα [19].

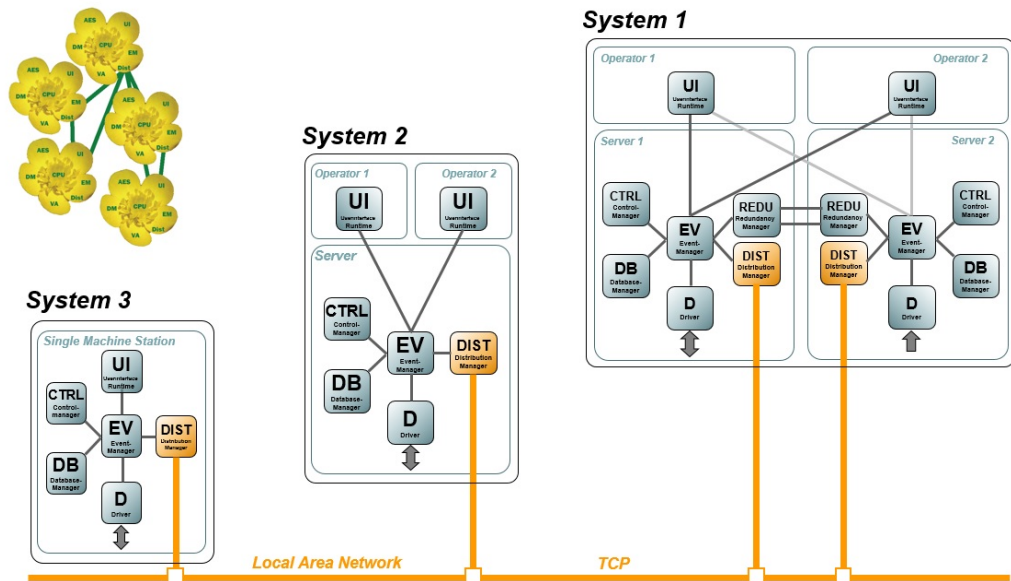
2.1.2 Δομή - Φιλοσοφία - Οι Διαχειριστές (managers)

Στο WinCC-OA υπάρχουν διαφόρων ειδών πιθανά συστήματα όπως α) αυτά που υπάρχουν και ελέγχονται από ένα υπολογιστή, β) αυτά που δια-σκορπίζουν ένα σύστημα αυτόματου ελέγχου σε πολλούς υπολογιστές, γ) αυτά που υλοποιούν διανεμημένα συστήματα κ.ά. Στην παρούσα διπλωματική θα αναλυθούν περαιτέρω τα τελευταία μιας και αυτά είναι που χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο στη περίπτωση που μας απασχολεί στο πείραμα ATLAS.

Διανεμημένα σύστημα distributed system είναι εκείνο που αποτελείται από δύο ή περισσότερα αυτόνομα συστήματα WinCC-OA και διασυνδέονται



(α)



(β)

Σχήμα 2.3: α) Ένα διανεμημένο σύστημα (Distributed System) και β) η διασύνδεση μέσω του manager τους Dist (Distribution Manager).

μέσω ενός δικτύου (LAN). Κάθε σύστημα μπορεί να έχει τις δικές του συνδέσεις στο πείραμα (PLC, DDC, field bus, ...). Κάθε σύστημα είναι δυνατό να επεξεργάζεται και να απεικονίζει δεδομένα από άλλα συστήματα χωρίς να είναι απαραίτητο να φτιάχνει αντίγρατά τους. Είναι επίσης δυνατή η απευ-

θείας πρόσβαση σε online τιμές, καταστάσεις, ειδοποιήσεις ή ακόμα και στο ιστορικό από μια διανεμημένη βάση δεδομένων. Η επικοινωνία πυροδοτείται από «συμβάντα» δηλαδή από αλλαγές στις τιμές των παραμέτρων των συσκευών.

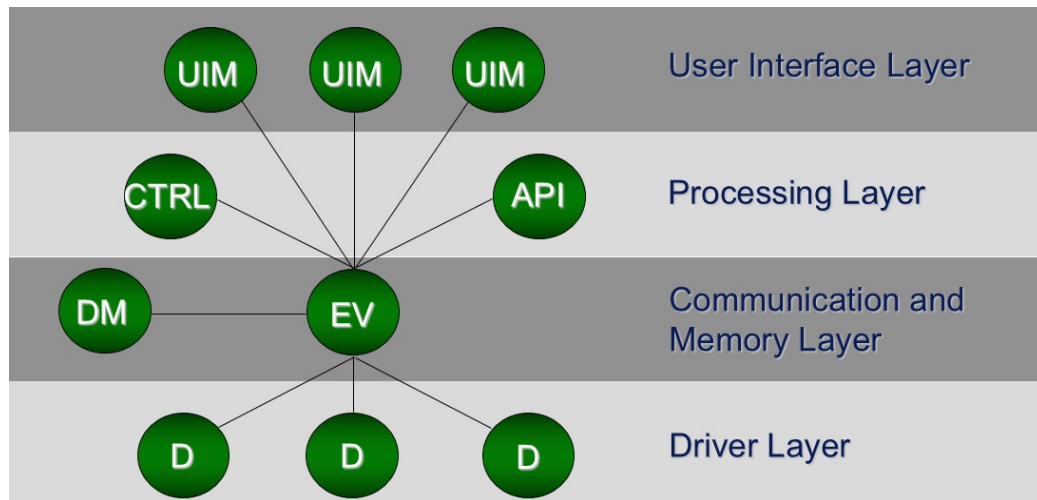
Η φιλοσοφία ενός συστήματος WinCC-OA βασίζεται στα κύρια δομικά του στοιχεία που είναι οι managers. Στη περίπτωση ενός συστήματος όπως αυτό του ATLAS, όλοι οι managers τρέχουν στους διάφορους υπολογιστές που το αποτελούν και εκπληρώνουν όλους του σκοπούς του ελέγχου της όλης διαδικασίας. Τη συλλογή δεδομένων μέσω drivers, την οπτικοποίηση της όλης διαδικασίας, το χειρισμό ολόκληρης της εγκατάστασης, το σύστημα ειδοποιήσεων, την αρχειοθέτηση (τιμών, μετρήσεων, καταστάσεων, ...), τις τάσεις διαφόρων τιμών με τις γραφικές τους παραστάσεις, τις αναφορές κάθε τύπου και τέλος την συντήρησή του από τη σκοπιά του μηχανικού.

Οι managers είναι χωριστές διεργασίες που τρέχουν στο λειτουργικό σύστημα. Ο ρόλος των πιο σημαντικών managers περιγράφεται παρακάτω:

Driver (D) Ο manager αυτός υλοποιεί το πρωτόκολλο επικοινωνίας με το hardware. Επιτρέπει την επεξεργασία άμεσα και εν ώρα λειτουργίας ομαλοποιώντας την ροή δεδομένων, αναλαμβάνει την μετατροπή τιμών και την επικοινωνία με τους drivers. Τέλος παρέχει το application programming interface για τη δημιουργία καινούριων drivers.

Event Manager (EV) Μόνο ένας event manager επιτρέπεται ανά WinCC-OA σύστημα. Ο event manager λαμβάνει και αποτιμά μηνύματα (Events) από άλλους managers και αναλαμβάνει την διανομή αυτών των μηνυμάτων σε άλλους managers. Επίσης, περιλαμβάνει και διαχειρίζεται την τρέχουσα κατάσταση της όλης διαδικασίας (όπως είναι αποθηκευμένη σε datapoints). Τέλος διαχειρίζεται την εξουσιοδότηση χρηστών.

Database Manager (DM) Ο database manager διαχειρίζεται την βάση δεδομένων που αντικατοπτρίζει την κατάσταση στην οποία βρίσκεται το σύστημά μας. Αυτό σημαίνει ότι περιλαμβάνει ένα αρχείο με τις πιο πρόσφατες τιμές και ειδοποιήσεις του συστήματος, ιστορικά δεδομένα αρχειοθέτησης τιμών και ειδοποιήσεων. Η βάση αυτή είναι προσβάσιμη μέσω SQL. Επιπλέον, ο manager αυτός διαχειρίζεται την παραμετροποίηση του συστήματος (π.χ. καταγράφει την εγκατάσταση του συστήματος). Το WinCC-OA εμπεριέχει μία άκρως βελτιστοποιημένη έκδοση της RAIMA στον τοπικό δίσκο. Παρότι η Oracle δεν είναι ο προκαθορισμένος τύπος βάσεως, εντούτοις υποστηρίζεται.



Σχήμα 2.4: Ένα τυπικό σύστημα WinCC-OA και οι managers από τους οποίους αποτελείται.

UI Manager (UIM) Ο manager αυτός κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης εμφανίζει τα panels στο control room. Είναι υπεύθυνος για την οπτικοποίηση των μηνυμάτων που λαμβάνονται από τον Event manager. Επίσης, προωθεί τα δεδομένα που εισάγει ο χρήστης στον EM και συνδέει/αποσυνδέει τον χρήστη από το σύστημα. Τέλος εκτελεί κάποια scripts που υπάρχουν πίσω από το κάθε widget του panel.

Ο ρόλος του manager αυτού όμως δεν σταματά εδώ. Εξίσου σημαντικός είναι ο ρόλος του κατά τη διάρκεια του development. Συγκεκριμένα χρησιμοποιείται για την δημιουργία των panels. Εμπεριέχει πάσης φύσεως βιβλιοθήκες συμβόλων και επιτρέπει την προσθήκη επιπλέον προσαρμοσμένων από τον χρήστη, περιλαμβάνει generic panels, έχει επιλογές για εισαγωγή widgets (ακόμα και με drag & drop) και φυσικά παρέχει τον editor για την συγγραφή κώδικα.

Control Manager (Ctrl) Ο control manager εκτελεί τα scripts που δεν χρειάζονται πληκτρολόγιο ή οθόνη. Ο μεταγλωττιστής έχει σύνταξη παρόμοια με αυτήν της C με κάποιες όμως διαφορές. Δηλαδή, δεν υπάρχουν καθόλου pointers, υπάρχει ειδική επεξεργασία strings και δυναμικοί πίνακες. Ο control manager έχει ικανότητα πολλαπλών thread. Τα scripts πυροδοτούνται από events όπως αυτά ορίστηκαν προηγουμένως ή ακόμα και χρονικά events. Τέλος έχει μια πολύ μεγάλη βιβλιοθήκη από συναρτήσεις.

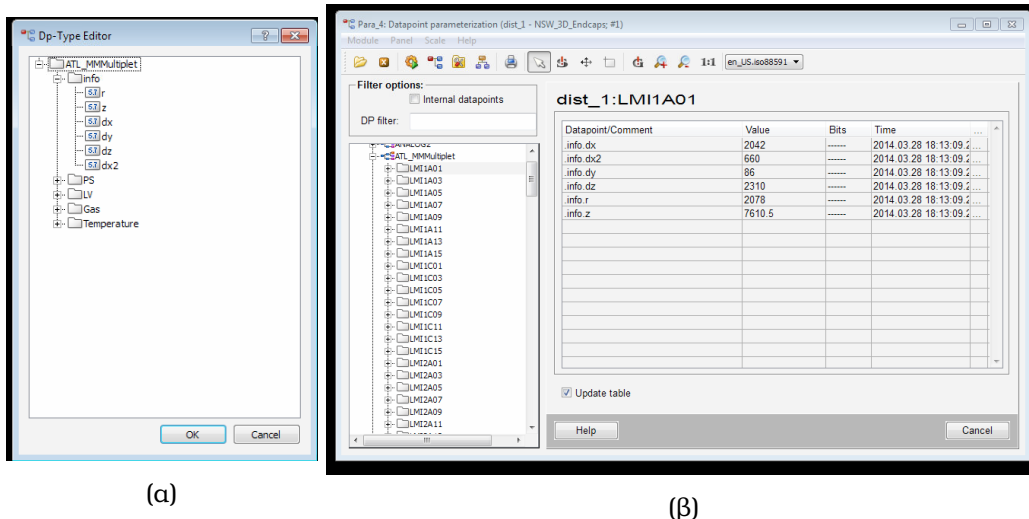
API Manager (API) Ο API manager επιτρέπει την ενσωμάτωση δικού μας

κώδικα στο σύστημα και παρέχει το API σε κλάσεις όπως αυτές στην C++.

2.1.3 Εργαλεία του WinCC-OA

Για να επιτύχει τον σκοπό του να επιβλέπει, να διαμορφώνει και να χειρίζεται τις συσκευές, το WinCC-OA παρέχει τα ακόλουθα εργαλεία:

Βάση Δεδομένων Οι πληροφορίες που αφορούν τις συσκευές αποθηκεύονται σε μία εσωτερική βάση δεδομένων του WinCC-OA σε μία δομή από τα datapoints. Τα datapoints αυτά είναι κατηγοριοποιημένα σε διάφορους τύπους datapoint που είναι παρόμοιοι με τις κλάσεις όπως αυτές ορίζονται στην ορολογία του αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού. Όλες οι πληροφορίες αποθηκεύονται στα αποκαλούμενα στοιχεία datapoint (datapoint elements) όπου είναι παράμετροι των datapoints. Όλη αυτή η δομή καθορίζεται από τον χρήστη και μπορεί να είναι όσο περίπλοκη χρειαστεί. Για να μπορούμε να καθορίσουμε ρυθμίσεις που αφορούν τις ειδοποιήσεις ή την αρχειοθέτηση, κάθε στοιχείο datapoint μπορεί να εμπεριέχει αρχεία ρύθμισης (Configs).



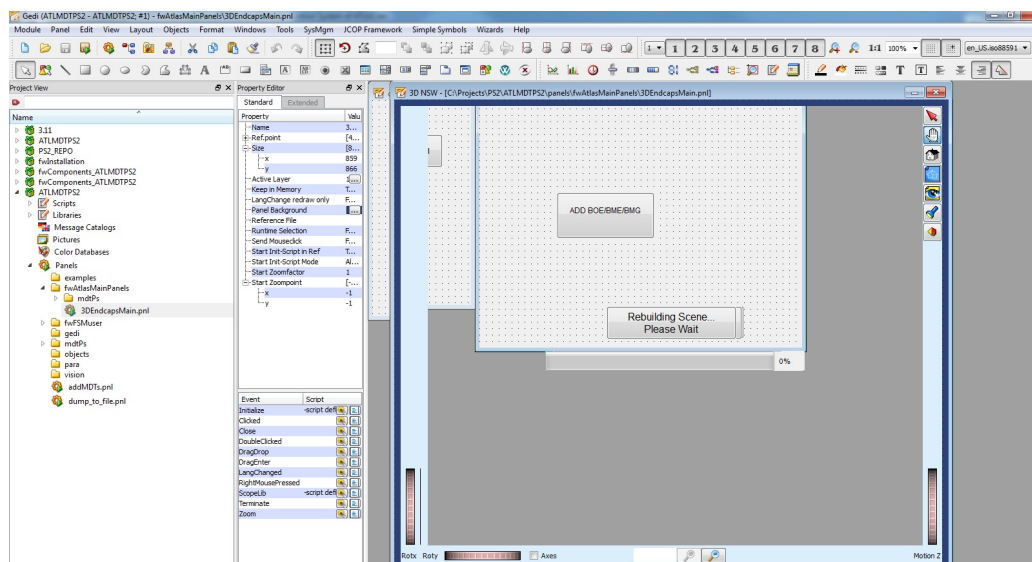
(α)

(β)

Σχήμα 2.5: α) Η δομή ενός DataPoint Type και β) η βάση από datapoints όπως αυτά εμφανίζονται στο παράθυρο παραμετροποίησης.

Γραφικό Περιβάλλον Επεξεργασίας (Graphical Editor) Ο Graphical Editor επιτρέπει στον χρήστη να κατασκευάσει τις δικές του διεπαφές χρήστη, τα επονομαζόμενα panels, με τη χρήση αντικειμένων drag &

drop. Ο Graphical Editor παρέχει στον developer διάφορα εργαλεία όπως κουμπιά, πίνακες, πεδία κειμένου, και λίστες drop-down τα οποία μπορούν να τοποθετηθούν οπουδήποτε στο πάνελ και να ρυθμιστούν μέσω scripts.



Σχήμα 2.6: Στο σχήμα απεικονίζεται το περιβάλλον εργασίας του Graphical Editor κατά τον σχεδιασμό ενός panel.

Scripts Ελέγχου Τα scripts ελέγχου επιτρέπουν στους developers να γράψουν κώδικα ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί ανεξάρτητα και να τρέξει ως διεργασία background. Η γλώσσα γραφής των scripts προσομοιάζει στη C και το WinCC-OA παρέχει μία πολύ μεγάλη βιβλιοθήκη από συναρτήσεις προς χρήση.

Drivers Οι drivers χρησιμοποιούνται για την απόκτηση των δεδομένων από το hardware. Αναλαμβάνουν την διασύνδεση ανάμεσα στις συσκευές και το project μας, ο τύπος της σύνδεσης δε αυτής εξαρτάται από τις συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν. Γι αυτόν το λόγο το WinCC-OA παρέχει αρκετούς drivers με ξεχωριστά πρωτόκολλα επικοινωνίας όπως το OPC (Open Process Control) και το DIM (Distributed Information Management).

Alert Screen Η Alert Screen αποτελεί θεμελιώδες κομμάτι του WinCC-OA. Η λέξη alert, που δεν είναι η σωστή λέξη γι αυτό που περιγράφει (η σωστή είναι alarm), είναι κατάλοιπο του γερμανόφωνου PVSS. Οι ειδοποιήσεις κινδύνου ρυθμίζονται από datapoints ή από τα στοιχεία

τους μέσω των αντίστοιχων αρχείων config που αυτά περιλαμβάνουν. Το panel που χρησιμοποιείται για να οπτικοποιήσει τις ειδοποιήσεις αυτές ονομάζεται Alert Screen και περιλαμβάνει ένα από τα δύο πιο σημαντικά εργαλεία για τον υπάλληλο βάρδιας στο control room. Στην Alert Screen υπάρχει μία γραμμή για κάθε ειδοποίηση που έχει δημιουργηθεί από κάθε συναγερμό και παρέχει όλες τις πληροφορίες για τον λόγο που αυτός πυροδοτήθηκε [20].

Sh	Dir	Description	Alarm text	Online Value	Ack	Time	Comment
E	CAME	MDT BA MDM MDM1 BIL6A1S MDM State	BAD	4		2011/12/14 20:27:22.063	
E	CAME	MDT EA MDM6 CanBus BEE_A SUMMARY	BAD Main Elmb Node ST	TRUE		2011/12/14 20:50:35.675	
W	CAME	MDT ElmbPSU Crate4 Branch1S BEE_AADVoltage	LOW	0		2011/12/15 14:32:37.364	
W	CAME	MDT ElmbPSU Crate4 Branch1S BEE_ACANVoltage	LOW	3.6478		2011/12/15 14:32:37.364	
E	CAME	MDT ElmbPSU Crate4 Branch1S BEE_AADVoltage	LOW-LOW	0		2011/12/15 14:32:37.364	
E	CAME	MDT ElmbPSU Crate4 Branch1S BEE_ACANVoltage	LOW-LOW	3.6478		2011/12/15 14:32:37.364	
W	CAME	MDT DDC AutoRecovery Enabled	AutoRecovery is Disabled	FALSE		2012/01/06 14:31:20.611	
W	CAME	MUO BIS BISInterface MDT/GSG ForceMode	VERRIDE LHC STABLE	TRUE	x	2012/01/10 21:47:45.874	
W	CAME	MUO BIS BISInterface TGG ForceMode	VERRIDE LHC STABLE	TRUE	x	2012/01/10 21:47:45.875	
E	CAME	MDT MDM MDM6 CanBus HSA1S SUMMARY	BAD MDM1ELMB STATE	TRUE		2012/02/03 14:42:26.800	
E	CAME	MDT PS HVboard - brContr02 crate1 board01	BOARD UNPLUGGED S	TRUE		2012/02/14 12:05:47.405	
E	CAME	MDT PS HVboard - brContr02 crate1 board02	BOARD UNPLUGGED S	TRUE		2012/02/14 12:05:47.670	

Filter settings:

- Systems: ATLMIDTMDN, ATLMIDTPS1, ATLMIDTPS2, ATLMIDTPS3, ATLMIDTSCS, ATLMUOLCS01, ATLMUOCS
- Severity: W, E, F
- Description: [Dropdown]
- Alert Text: [Dropdown]
- DPE Name: [Dropdown]
- Acknowledgment: All, Acknowledged, Unacknowledged, Not Acknowledgeable, Pending
- Filter Preset: Default
- Buttons: Apply, Filter

Displayed: 12 Unacknowledged: 0 Masked: 54 Masked Alerts Lock Line Position Deselect Settings Close

Σχήμα 2.7: Η Alert Screen περιλαμβάνει όλες τις ειδοποιήσεις του συστήματος, χρωματισμένες ανάλογα με τη σοβαρότητά τους και παρέχει πληροφορίες ώστε να μπορεί ο χρήστης να αντιδράσει σε αυτές.

2.2 Πλαίσιο εργασίας Joint COntrols Project

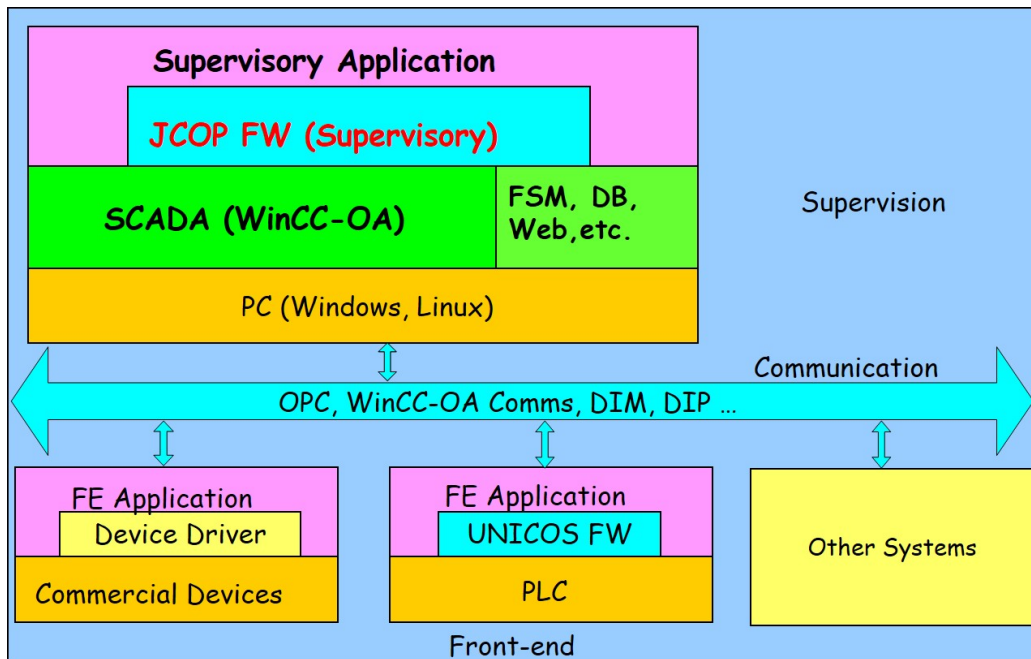
Όπως έχει προαναφερθεί το Joint COntrols Project (JCOP) είναι μια συνεργασία ανάμεσα στα πειράματα του LHC, στο τμήμα φυσικής και στο γκρουπ αυτομάτου ελέγχου του τμήματος των μηχανικών. Ξεκίνησε ώστε να παροτρύνει τη χρήση λύσεων ελέγχου που δημιουργήθηκαν απο κοινού στα πειράματα του LHC και των συνεργατών τους στο τμήμα φυσικής και το τμήμα των μηχανικών. Έτσι συντάχθηκε ένα κείμενο πρότασης για τη δημιουργία αυτού του project. Δεδομένης της αύξησης των περιορισμών όσων αφορά το ανθρώπινο δυναμικό και της ομοιότητας των τεχνικών προδιαγραφών για τα συστήματα ελέγχου σε όλα τα πειράματα, το project έθεσε ως κύριο στόχο την αποδοτικότερη χρήση πόρων. Οι στόχοι, τα πρακτικά και όλες οι υπόλοιπες λεπτομέρειες γι αυτό το project μπορούν να βρεθούν στον Αρχικό Σχεδιασμό Προγράμματος και στην αναφορά της πρώτης φάσης του προγράμματος αυτού που υπάρχει στο διαδίκτυο. Μία Γενική Ανασκόπηση του Joint COntrols Project έγινε στο CERN τον Μάρτιο του 2003. Από το 2009 και έπειτα, ξεκίνησε μια διαδικασία αναδιοργάνωσης και ανακαθορισμού των αρμοδιοτήτων του JCOP.

Μέρα με τη μέρα η επιτροπή που απαρτίζει το JCOP, υπό την προεδρία του JCOP leader, παίρνει αποφάσεις για μία σειρά από ζητήματα. Η επιτροπή συναντάται κάθε δύο βδομάδες και σε αυτήν συμμετέχουν επιπλέον οι συντονιστές των συστημάτων ελέγχου των πειραμάτων όπως επίσης και εκπρόσωποι από το τμήμα Μηχανικών και το τμήμα Φυσικής. Στις μέρες μας, το JCOP παρέχει, υποστηρίζει και συντηρεί ένα κοινό πλαίσιο εργασίας από εργαλεία και εξαρτήματα. Όλα αυτά επιτρέπουν τη ρύθμιση, την επίβλεψη και το χειρισμό όλων των διαφορετικών ανιχνευτικών συστημάτων και επιπλέον περιλαμβάνουν μηχανισμούς επικοινωνίας με τα συστήματα σκανδαλισμού και συλλογής δεδομένων όπως επίσης και με εξωτερικά συστήματα όπως το σύστημα υπηρεσιών του CERN και τον LHC.

Μια σειρά μελετών και υπο-project έχουν υλοποιηθεί υπό το JCOP από τότε που ξεκίνησε. Πλέον, η δουλειά που γίνεται στο JCOP, χωρίζεται σε τέσσερα μεγάλα υπο-project: στο Detector Safety System (DSS), στο Framework (περιλαμβάνει τα εργαλεία και τις οδηγίες εκτέλεσης), στο σύστημα ελέγχου αερίων και στο σύστημα ελέγχου των racks [21].

2.2.1 Εργαλείο εγκατάστασης component και λοιπά εργαλεία

Στο σχήμα που ακολουθεί απεικονίζεται μία δομική ανάλυση των επιμέρους



Σχήμα 2.8: Αρχιτεκτονική συστήματος - Η θέση του JCOP στον πυρήνα του DCS.

στοιχείων που αποτελούν το JCOP Framework. Οι συσκευές και τα εργαλεία που το απαρτίζουν βρίσκονται υπό συνεχή εξέλιξη και προσαρμογή. Τα βασικότερα στοιχεία του είναι:

Component Installation Το εργαλείο εγκατάστασης των επιμέρους components επιτρέπει στο χρήστη να επιλέγει και να εγκαθιστά στο WinCC-OA project μόνο εκείνα τα στοιχεία του JCOP Framework που είναι απαραίτητα για τη λειτουργία του συγκεκριμένου project. Με το εργαλείο αυτό επιτρέπεται εκτός από την εγκατάσταση και η απεγκατάσταση/αναβάθμιση και η επίβλεψη λειτουργίας των components εκείνων που έχουν χαρακτηριστεί ως παρωχημένα. Η εγκατάσταση του συγκεκριμένου component είναι το πρώτο βήμα της εγκατάστασης του JCOP framework ώστε να μπορούν να εγκατασταθούν τα components που ακολουθούν.

Framework Core Το component αυτό είναι η καρδιά του JCOP. Περιέχει τα βασικά στοιχεία ώστε να καταστούν λειτουργικά όλα τα επόμενα components. Εκτός των άλλων περιλαμβάνει τα απαραίτητα configs, τις πιο κοινές συσκευές που χρησιμοποιούνται στο framework, τον πολύ

χρήσιμο Device Editor & Navigator, την FSM (θα αναλυθεί ιδιαίτερος παρακάτω), γενικές λειτουργίες για τον χειρισμό σφαλμάτων κ.ά.

CAEN Power Supplies Η Ιταλική εταιρία CAEN τροφοδοτεί τα περισσότερα πειράματα του CERN με συσκευές παροχής υψηλής τάσης. Έτσι έχει δημιουργηθεί το συγκεκριμένο component που επιτρέπει την επικοινωνία του WinCC-OA με τα τροφοδοτικά της CAEN και τον χειρισμό των καναλιών τροφοδοσίας τους.

Wiener Τα crates και τα συστήματα τροφοδοσίας της Wiener έχουν και αυτά με τη σειρά τους αποτελέσει κομμάτι του Framework. Το συγκεκριμένο component επιτρέπει την επικοινωνία μέσω CAN και TCP/IP με τις συσκευές της Wiener.

Access Control Τα Access Control component έχει ως στόχο να παρέχει ένα συμπαγές μηχανισμό ελέγχου των components του JCOP.

Central Logging Το συγκεκριμένο εργαλείο αναπτύσσεται από τον ATLAS, το CMS, το LHCb και το EN-ICE ώστε να παρέχει ένα σύστημα κεντρικής καταγραφής πεπραγμένων. Συγκεκριμένα συμπεριλαμβάνει πρώτον μια διαδικασία δημοσίευσης μέσω DIM των log μηνυμάτων που δημιουργούν οι WinCC-OA managers. Δεύτερον, μια βιβλιοθήκη που αρχικά δημιουργήθηκε από το CMS και τώρα διατηρείται από το LHCb που δημοσιεύει μέσω DIM όλων των log μηνυμάτων από τις διεργασίες της FSM. Τρίτον, μια διαδικασία αποθήκευσης όλων των παραπάνω σε μία βάση ORACLE. Τέλος, έναν viewer που επιτρέπει την απεικόνιση όλων των παραπάνω αποθηκευμένων log μηνυμάτων.

Configuration Database Στόχος του συγκεκριμένου εργαλείου είναι να προσφέρει τρόπους αποθήκευσης και ανάκτησης από διαφορετικά σει δεδομένων ρυθμίσεων για το σύστημα ελέγχου σε μία εξωτερική βάση δεδομένων της ORACLE. Αυτά περιλαμβάνουν στατικά και δυναμικά δεδομένα ρυθμίσεων για τα datapoints του WinCC-OA.

DIM Η συγκεκριμένη εργαλειοθήκη του WinCC-OA επιτρέπει την επικοινωνία συσκευών που δεν έχουν άλλο τρόπο επικοινωνίας με το WinCC-OA μέσω ενός ξεχωριστού συστήματος επικοινωνίας. Το DIM είναι ένας μηχανισμός επικοινωνίας που έχει τη δυνατότητα να τρέχει σε διάφορες πλατφόρμες. Το WinCC-OA μπορεί να λειτουργεί σαν DIM client ή server.

DIP Το component DIP παρέχει την λειτουργία εκείνη που απαιτείται για την διεπαφή του WinCC-OA σε δεδομένα αυτής της μορφής (DIP). Το

πακέτο περιλαμβάνει το DIP client όσο και το DIP server. Οπότε τα δεδομένα DIP από μία εξωτερική πηγή μπορούν να διαβαστούν μέσω του WinCC-OA και τα υπάρχοντα δεδομένα του WinCC-OA μπορούν να μεταδοθούν μέσω DIP.

FSM (Controls Hierarchy) Τα εργαλεία ελέγχου ιεραρχίας χρησιμοποιούνται για την εφαρμογή ενός ιεραρχικού συστήματος ελέγχου. Το σύστημα ελέγχου αποτελείται από μονάδες ελέγχου που μπορούν να συμπεριληφθούν ή να αποκλειστούν όταν αυτό κριθεί απαραίτητο και λειτουργούν ως Μηχανές Πεπερασμένων Καταστάσεων (Finite State Machines - FSM).

RDB Archiver/External API Το συγκεκριμένο εργαλείο είναι ένα εργαλείο του WinCC-OA που χρησιμοποιείται για να μπορούμε να ρυθμίσουμε, να διαχειριστούμε και να ανακτήσουμε στατιστικά από μια RDB. Το External API επιτρέπει την πρόσβαση σε δεδομένα αποθηκευμένα από το PVSS RDB Archiver σε μία βάση δεδομένων της ORACLE από μία εξωτερική εφαρμογή.

System Overview Για τα πειράματα του LHC που τα συστήματα WinCC-OA είναι πάρα πολλά και τα κανάλια ακόμα περισσότερα και διανεμημένα σε πολλά μηχανήματα που βρίσκονται σε διαφορετικές τοποθεσίες είναι επιθυμητό να έχουμε ένα εργαλείο κεντρικής επίβλεψης, τόσο για την αναγνώριση λαθών όσο και για την επιδιόρθωσή τους. Το εργαλείο είναι μια προσπάθεια να επιτευχθούν οι παραπάνω λειτουργίες.

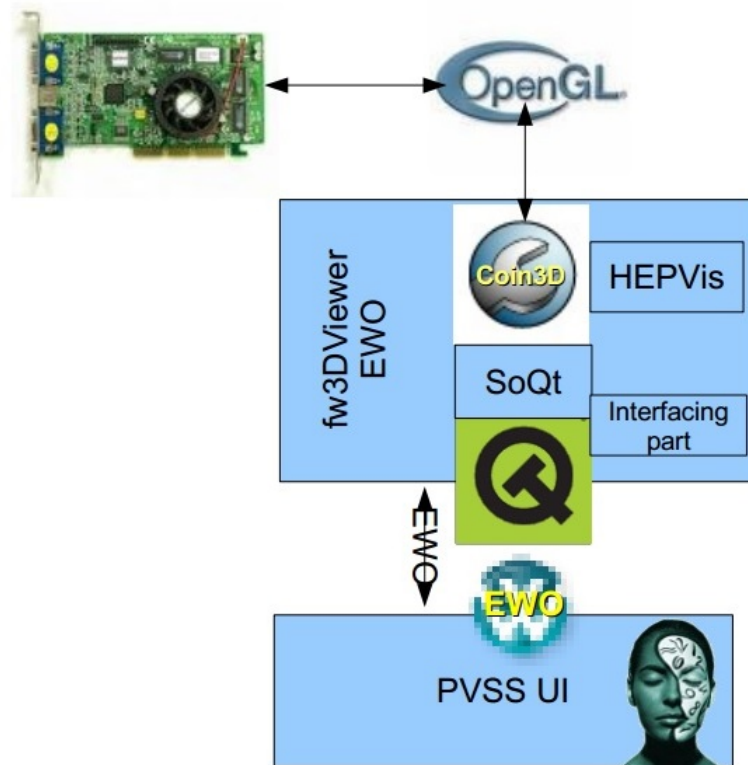
Trending Tool Το εργαλείο αυτό επιτρέπει την απεικόνιση σε γραφικές παραστάσεις των τιμών των διαφόρων datapoints.

XML Στο συγκεκριμένο πακέτο περιλαμβάνονται μια σειρά από εργαλεία όπως: Αυτόματη δημιουργία alerts από XML αρχείο, δημιουργία panel από XML αρχείο, DIP εισαγωγή/εξαγωγή, εισαγωγή αρχείου περιγραφής component για το installation tool, CAEN Easy import, δημιουργία ρυθμίσεων για τον Wiener OPC server κ.ά.

3D Viewer Component τρισδιάστατης απεικόνισης [22].

2.2.2 Το εργαλείο 3D Viewer

Σκοπός αυτού του project είναι να παρέχει ένα WinCC-OA widget (ένα αντικείμενο-EWO), που μπορεί να ενσωματωθεί μέσα σε panels, που επιτρέπει την αναπαράσταση και περιήγηση σε μία τρισδιάστατη σκηνή που έχουν



Σχήμα 2.9: Η δομή και ο τρόπος διασύνδεσης των τεχνολογιών που περιλαμβάνονται στο 3D viewer.

τοποθετηθεί γεωμετρικά αντικείμενα. Έτσι μπορεί να απεικονιστεί ένα ολόκληρο σύστημα υποανιχνευτών και να επιβλεφθεί με ένα πολύ διαισθητικό τρόπο κάνοντας την δουλειά του υπαλλήλου βάρδιας, πολύ αποτελεσματική και λιγότερο σύνθετη.

2.3 Finite State Machine (FSM)

Η μηχανή πεπερασμένων καταστάσεων είναι μια αφαιρετική αναπαράσταση του πειράματός μας. Περιγράφει την κατάσταση στην οποία βρίσκεται, αν παίρνει δεδομένα ή είναι σε λειτουργία standby, αν είναι αναμμένο ή όχι. Το JCOP αποφάσισε να επιλέξει το προϊόν SMI++ (State Management Interface) το οποίο είχε αναπτυχθεί για το πείραμα DELPHI. Με το SMI μπορούμε να κατασκευάσουμε μία μηχανή πεπερασμένων καταστάσεων και ένα εξειδικευμένο σύστημα τα οποία είναι ζωτικής σημασίας για τον έλεγχο και τον

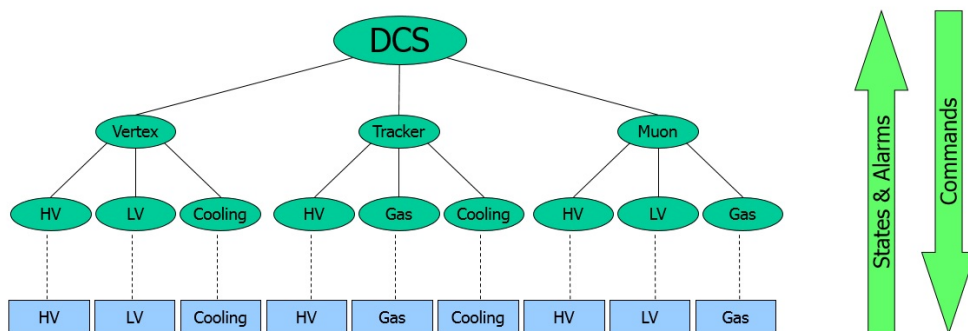
χειρισμό μεγάλων πειραμάτων όπως αυτά που διεξάγονται στο CERN.

Δεδομένου ότι οι υπάλληλοι βάρδιας δεν είναι εξοικειωμένοι με το σύστημα ελέγχου ενός συστήματος τόσο περίπλοκου όσο αυτό π.χ. του ATLAS, είναι εξαιρετικά χρήσιμο να αναπαρίσταται με τη βοήθεια της FSM αυτό, όσο πιο απλά και κατατοπιστικά γίνεται. Είναι εντυπωσιακό ότι το CERN έχει επιτύχει, οι υπάλληλοι βάρδιας να μπορούν να χειρίζονται ικανοποιητικά το DCS σε χρόνο λίγο περισσότερο από τριάντα λεπτά!

Τελικά, η FSM είναι ένα εργαλείο που συνοψίζει τις συνθήκες πολλών διαφορετικών συσκευών στο σύστημα ελέγχου ανιχνευτή σε μια μόνο συνολική κατάσταση. Επιπλέον επιτρέπει στον χειριστή του συστήματος ελέγχου να λειτουργεί τον ανιχνευτή με μερικά μόνο κλικ του ποντικιού και επιβάλλει στους developers να κρύψουν την πολυπλοκότητα του συστήματος.

2.3.1 Ιεραρχία της FSM

Η FSM βασίζεται σε ένα αυστηρό ιεραρχικό οικοδόμημα που το αποτελούν σχέσεις γονιού-παιδιού. Σε αυτήν την κατασκευή τύπου δένδρου οι εντολές διαδίδονται από τους γονείς προς τα παιδιά, ενώ οι καταστάσεις διαδίδονται από τα παιδιά προς τους γονείς. Με αυτόν τον τρόπο, όταν απαιτείται κάποια ενέργεια που αφορά όλα τα παιδιά είναι εξαιρετικά αποδοτικό να δοθεί η εντολή αυτή στον υψηλότερο κόμβο και αντιστοίχως η κατάσταση του υψηλότερου κόμβου συνοψίζει την κατάσταση όλων των κόμβων-παιδιών οποιασδήποτε γενιάς. Όλοι οι κόμβοι βρίσκονται σε κάποια προκαθορισμένη κατάσταση και δέχονται μόνο προκαθορισμένες εντολές όπως αυτές ορίζονται στον τύπο της FSM στην οποία ανήκουν. Οι κόμβοι μπορούν να ανήκουν σε έναν από τους παρακάτω προκαθορισμένους τύπους:



Σχήμα 2.10: Η ιεραρχία της FSM.

Device Unit (DU) Οι κόμβοι αυτού του τύπου αντιστοιχούν συνήθως σε κάποιο instance συσκευής και χρησιμοποιούνται για να επικοινωνήσουν με αυτήν τη συσκευή. Οι εντολές που προέρχονται από τους γονείς τους, μεταφράζονται σε τιμές για την ρύθμιση της συσκευής και καταλλήλως, οι τιμές παραμέτρων καθορίζουν την κατάσταση της συσκευής η οποία διαδίδεται μέχρι τον υψηλότερο κόμβο. Μία μονάδα συσκευής (Device Unit) δεν μπορεί να έχει παιδιά.

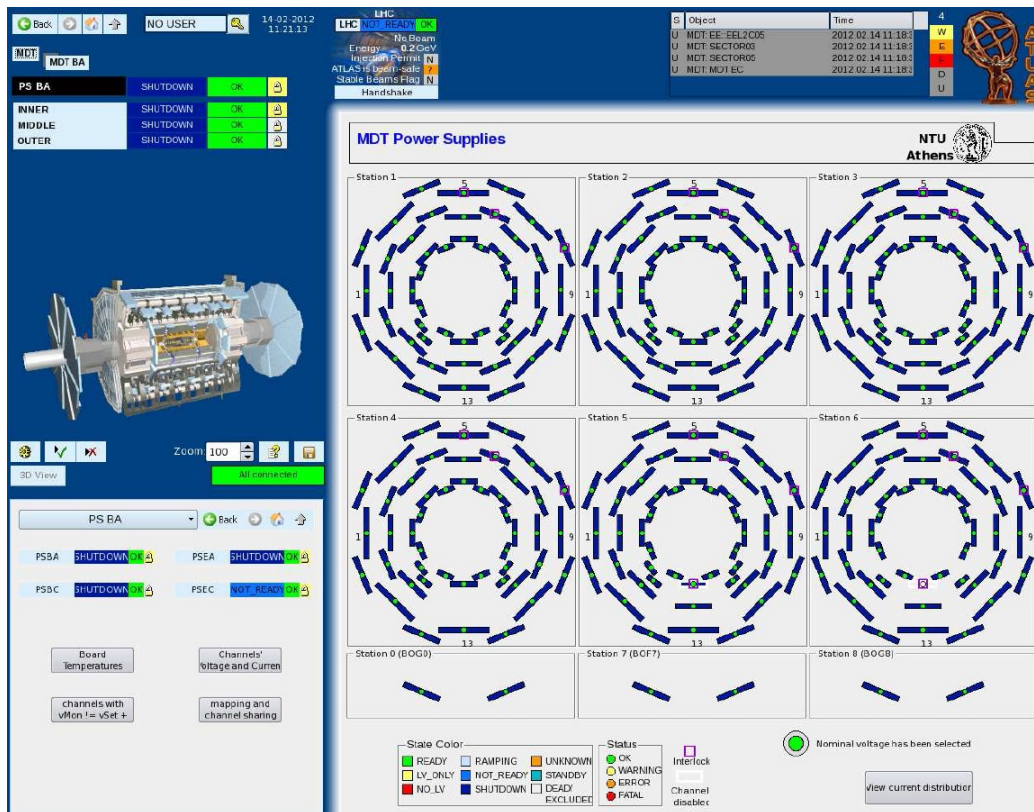
Logical Unit (LU) Οι λογικές μονάδες-κόμβοι δεν μπορούν να είναι διεπαφές συσκευών αλλά μπορούν να περιέχουν μονάδες συσκευών ως παιδιά και να τις ελέγχουν.

Control Unit (CU) Ένα δένδρο FSM πρέπει να περιλαμβάνει τουλάχιστον έναν τέτοιου είδους κόμβο. Αυτός ο κόμβος μπορεί να έχει παιδιά όλων των τύπων αλλά ο γονιός του, αν υπάρχει μπορεί να είναι μόνο τύπου Control Unit. Οι μονάδες ελέγχου έχουν τον απόλυτο έλεγχο του υποδένδρου τους με την έννοια ότι αυτό μπορεί να αποκολληθεί από το υπόλοιπο σύστημα και να λειτουργεί ανεξάρτητα, δεδομένου ότι ο υψηλότερος κόμβος είναι τύπου μονάδας ελέγχου [23].

2.3.2 Διεπαφή χρήστη της FSM

Τα panels που έχουν δημιουργηθεί με τον graphical editor (GEDI) για τον ATLAS αποτελούν την διεπαφή του χρήστη με την FSM και μαζί με την Alert Screen συνθέτουν τα εργαλεία του υπαλλήλου βάρδιας που παρακολουθεί και ελέγχει τη λειτουργία του ανιχνευτή. Ένα τέτοιο panel φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί. Στην πάνω αριστερή γωνία είναι τοποθετημένα τα εργαλεία περιήγησης της FSM καθώς και το σύστημα σύνδεσης χρήστη. Στον κάτω αριστερά χώρο απεικονίζονται τα δευτερεύοντα panels που έχουν σχεδιαστεί για την FSM, ενώ κάτω δεξιά βρίσκεται ο χώρος που απεικονίζονται τα κύρια panels ελέγχου και παρακολούθησης. Τέλος πάνω δεξιά υπάρχει ένας πίνακας που περιέχει τα μηνύματα σφαλμάτων.

Μονάδα περιήγησης και σύνδεσης χρήστη Σε αυτό το κομμάτι υπάρχουν αρκετά κουμπιά για την περιήγηση όπως αυτά που υπάρχουν σε ένα περιηγητή ιστού, δηλαδή μετακίνηση μπροστά ή πίσω εντός της FSM. Η μονάδα σύνδεσης χρήστη επιτρέπει στον υπάλληλο βάρδιας να συνδεθεί ώστε να του αποδοθούν τα αντίστοιχα δικαιώματα χρήσης καθώς και για λόγους καταγραφής. Όλα τα panels της FSM είναι προστατευμένα και περιέχουν το λεγόμενο Access Control που επιτρέπει την χρήση του panel της FSM μόνο από διαπιστευμένους χρήστες.



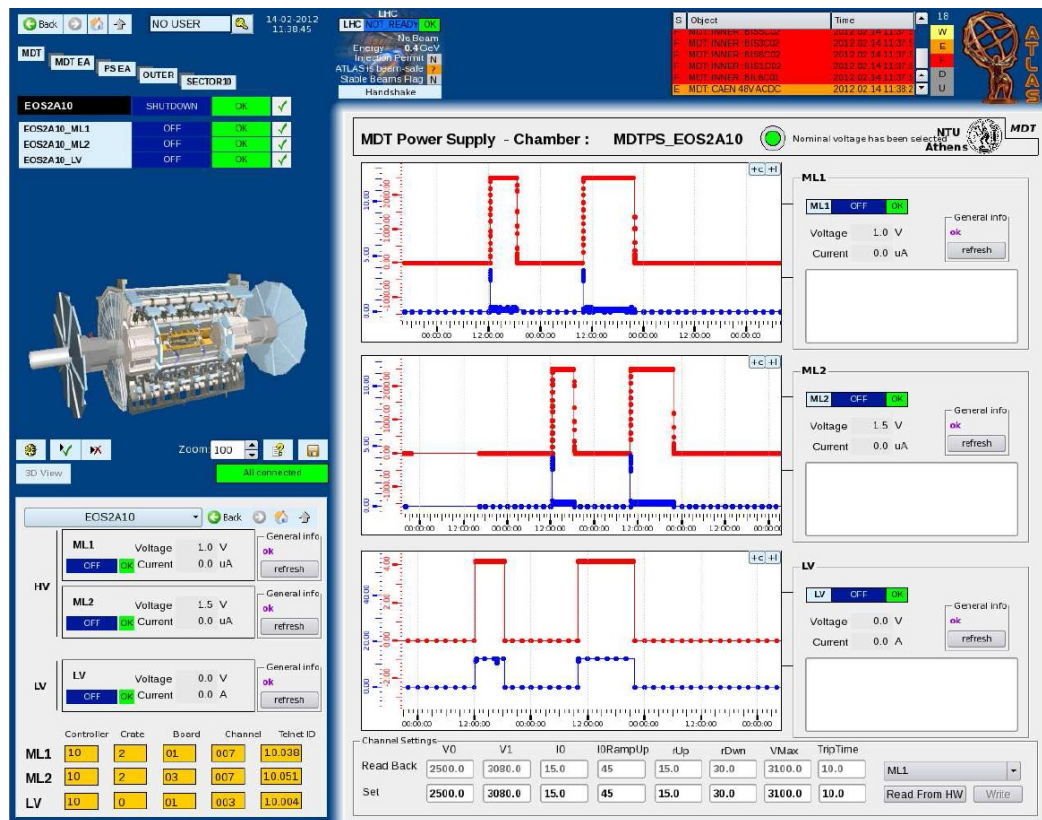
Σχήμα 2.11: Το panel της FSM που αντιστοιχεί στους MDT chambers στην πλευρά A της περιοχής του barrel.

Μονάδα FSM Η μονάδα της FSM (μαύρο κουτί) εμφανίζει τον τρέχων κόμβο στην ιεραρχία της FSM στην οποία ανήκει το εν λόγω panel. Οι γονείς μέχρι τη ρίζα φαίνονται σε αυτήν την απεικόνιση πάνω από τον τρέχων κόμβο ενώ από κάτω φαίνονται όλα του τα παιδιά. Δίπλα από τον τρέχων κόμβο και τα παιδιά του φαίνονται διαφόρων ειδών πληροφορίες: Η κατάσταση λειτουργίας του με το αντίστοιχο χρώμα, το αν ο κόμβος δουλεύει ή όχι και τέλος φαίνεται και το κουμπί ελέγχου που δίνει πληροφορίες για τον αν ο συγκεκριμένος κόμβος είναι ελέγξιμος και αν υπάρχει κάποιο panel για τον έλεγχό του.

Κύρια μονάδα Κάθε κόμβος της FSM αντιστοιχίζεται σε ένα panel όπου παρέχονται πληροφορίες που αφορούν είτε τις παραμέτρους του κόμβου είτε πληροφορίες για τα παιδιά αυτού.

Δευτερεύουσα μονάδα Παρόμοια με την κύρια μονάδα υπάρχει μια δευτερεύουσα στην κάτω αριστερή γωνία του panel. Η συγκεκριμένη μονάδα

χρησιμοποιείται συνήθως για να παρέχει επιπλέον πληροφορίες για τον τρέχων κόμβο ή τα παιδιά του ή για να συνοψίζει τις πληροφορίες που παρέχονται στο κεντρικό panel [24].



Σχήμα 2.12: Στο σχήμα αυτό φαίνονται στην πάνω αριστερή γωνία τα εργαλεία περιήγησης της FSM καθώς και το σύστημα σύνδεσης χρήστη, κάτω αριστερά απεικονίζονται τα δευτερεύοντα panels, ενώ κάτω δεξιά βρίσκεται ο χώρος που απεικονίζονται τα κύρια panels, τέλος πάνω δεξιά υπάρχει ο πίνακας που περιέχει τα μηνύματα ασφαλιών.

Κεφάλαιο 3

LS1 - New Small Wheel - Ανιχνευτές MicroMeGaS

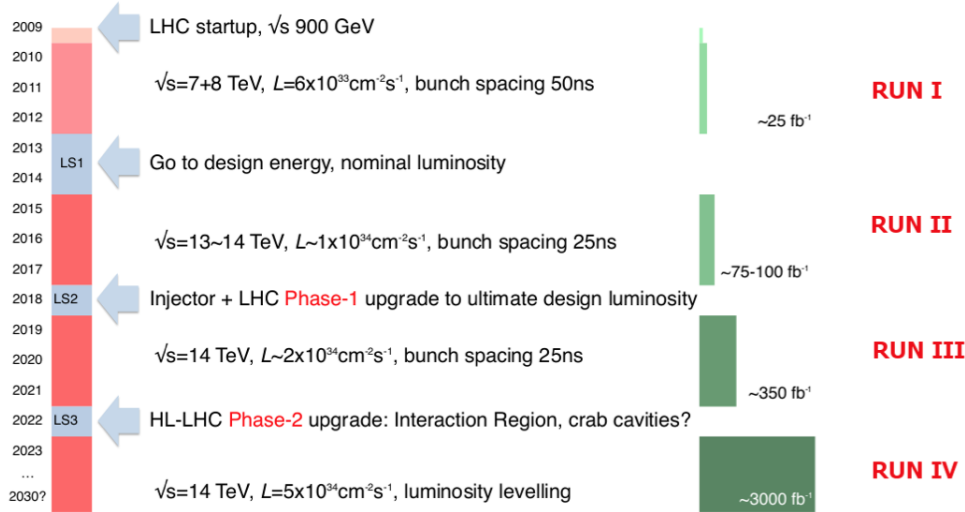
Το συγκρότημα του μεγάλου επιταχυντή ανδρονίων (LHC) θα αναβαθμιστεί σε διάφορες φάσεις που θα επιτρέψει στο πρόγραμμα φυσικής να επεκταθεί σημαντικά. Μετά το πρώτο μεγάλο κλείσιμο, κατά τη διάρκεια του 2013-2014, η ενέργεια του επιταχυντή θα αυξηθεί πολύ κοντά στην προσχεδιασμένη τιμή στα 7 TeV ανά δέσμη και η φωτεινότητα (luminosity) θα φθάσει ή θα υπερβεί την τιμή σχεδιασμού του $1 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Μετά το δεύτερο μεγάλο κλείσιμο το 2018, η φωτεινότητα του επιταχυντή θα αυξηθεί στα $2\text{-}3 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ επιτρέποντας στον ATLAS να συλλέγει περίπου 100 fb^{-1} ανά έτος. Μία επόμενη αναβάθμιση προγραμματίζεται, η οποία θα επιφέρει σημαντικές αλλαγές στην περιοχή του σημείου αλληλεπίδρασης (IP) επιπλέον των βελτιώσεων και σε άλλα μέρη του επιταχυντή. Οι βελτιώσεις αυτές, θα έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση της φωτεινότητας στα $5 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ [25]. Η ολοκληρωμένη φωτεινότητα (integrated luminosity) με αυτή την τελευταία αναβάθμιση θα είναι 3000 fb^{-1} μετά από περίπου 10 χρόνια λειτουργίας.

Τα σχέδια για την παγίωση και τη βελτίωση των δυνατοτήτων του ανιχνευτή όσων αφορά τη φυσική, οι νέες τεχνικές προκλήσεις που θα χρειαστεί να αντιμετωπιστούν και οι λύσεις που έχουν σχεδιαστεί, περιγράφονται σε αυτό το κεφάλαιο.

3.1 Περίοδος μακράς παύσης λειτουργίας 1

Προκειμένου να επωφεληθεί από το βελτιωμένο LHC, ο ανιχνευτής ATLAS θα πρέπει να αναβαθμιστεί ώστε να έχει καλύτερη απόδοση σε υψηλότερη φωτεινότητα, ακολουθώντας το ίδιο χρονοδιάγραμμα όπως αυτό της

αναβάθμισης του LHC. Το σχήμα 3.1 δείχνει κατά προσέγγιση το χρονοδιάγραμμα για τις προγραμματισμένες αναβαθμίσεις του LHC και του ATLAS.



Σχήμα 3.1: Προσεγγιστικό χρονοδιάγραμμα για τις προγραμματισμένες αναβαθμίσεις του LHC και του ATLAS.

3.1.1 Εισαγωγή

Ο κύριος στόχος της αναβάθμισης Phase-I του ATLAS (2018) αφορά στο Level-1 σκανδαλισμό [26]. Ο στόχος είναι να μειωθεί το όριο ενεργοποίησης σκανδαλισμού, καθώς και να μπορεί να διακρίνει καλύτερα σε σχέση με το υπόβαθρο, διατηρώντας παράλληλα το χαμηλό κατώφλι εγκάρσιας ορμής (p_T) για μονά λεπτόνια (e και μ) και να διατηρεί το ρυθμό του Level-1 σκανδαλισμού σε διαχειρίσιμο επίπεδο. Αναβαθμίσεις προγραμματίζονται τόσο για το σύστημα σκανδαλισμού μιονίων όσο και για αυτό των καλοριμέτρων, χωρίς τα οποία, η πυροδότηση μονού λεπτονίου Level-1 θα έπρεπε είτε να προρυθμιστεί σε κλίμακα, είτε το κατώτατο όριο (p_T) να αυξηθεί, έχοντας ως αποτέλεσμα την σημαντική απώλεια αποδοχής για πολλά ενδιαφέροντα γεγονότα φυσικής. Η αναβάθμιση Phase-II του ATLAS περιλαμβάνει μια πλήρη αντικατάσταση του κεντρικού συστήματος παρακολούθησης καθώς και σημαντικές αναβαθμίσεις των συστημάτων σκανδαλισμού και ανάγνωσης δεδομένων (readout system) [27].

Η πρόσφατη ανακάλυψη του μποζονίου Higgs με μάζα περίπου 125 GeV έχει επιφέρει λεπτομερείς μελέτες σχετικά με τη φύση του νέου μποζονίου.

Η συνέχεια αυτών των μελετών με υψηλότερα στατιστικά στοιχεία και υψηλότερες τιμές ενέργειας θα είναι ένα σημαντικό συνεπακόλουθο της επικείμενης αναβάθμισης του προγράμματος φυσικής του LHC. Ο Ανιχνευτής ATLAS θα χρησιμοποιηθεί για να εξετάσει φυσικά φαινόμενα πέρα από το καθιερωμένο μοντέλο - όπως ακριβείς μετρήσεις της σύζευξης του μποζονίου Higgs σε μποζόνια φορείς και φερμιόνια καθώς και μελέτες σπάνιων διασπάσεων του μποζονίου Higgs ($H \rightarrow \mu\mu$, αυτό-σύζευξη του Higgs κλπ.), ταυτόχρονα με τη σύγκριση των αποτελεσμάτων αυτών με εκείνα που θα προσδοκούσαμε από το καθιερωμένο μοντέλο. Ενώ η υψηλή φωτεινότητα θα παράσχει περισσότερα στοιχεία, είναι σημαντικό επίσης ο ανιχνευτής ATLAS να είναι ακόμη σε θέση να λειτουργήσει στο νέο αυτό περιβάλλον υψηλότερου υποβάθρου, ενώ παράλληλα να διατηρεί απόδοση τόσο καλή, όσο αυτή που είχε στις χαμηλότερες φωτεινότητες.

3.1.2 Αναβάθμιση του φασματομέτρου μιονίων

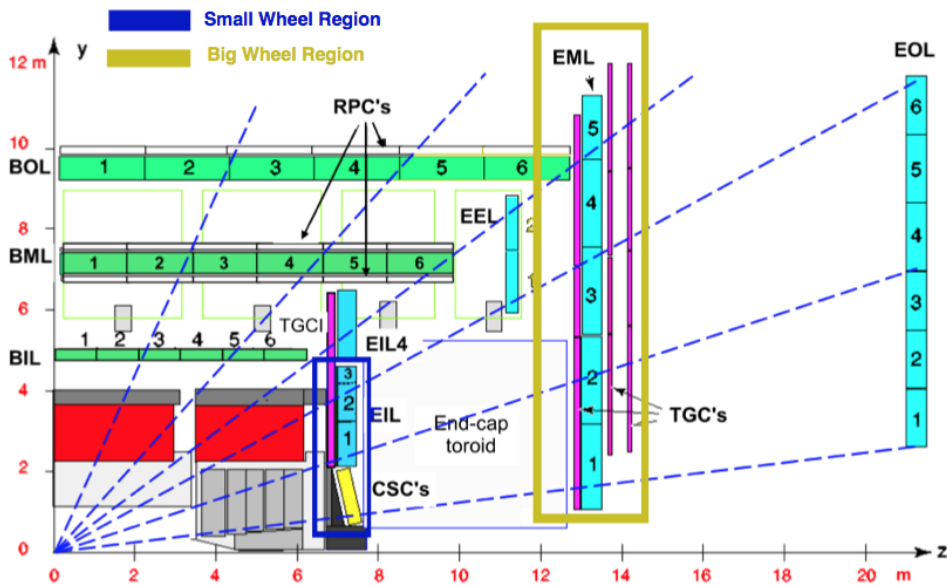
Η αναβάθμιση Phase I του φασματομέτρου μιονίων του ATLAS επικεντρώνεται στην περιοχή των endcaps. Το σχήμα 3.2, δείχνει μία εγκάρσια τομή του ανιχνευτή ATLAS στο επίπεδο z-y. Το σύστημα υποανιχνευτών barrel καλύπτει την περιοχή της pseudorapidity για $|\eta| < 1.0$ ενώ το σύστημα των endcaps καλύπτει το διάστημα $1.0 < |\eta| < 2.7$ για ανίχνευση μιονίων και το $1.0 < |\eta| < 2.4$ για Level-1 σκανδαλισμό. Το barrel σύστημα και το σύστημα endcap αποτελούνται από τρεις σταθμούς το καθένα, και μετράνε την ορμή των μιονίων με βάση την καμπυλότητα της υπό την επίδραση των τοροειδών μαγνητών του ATLAS.

Σε υψηλή φωτεινότητα τα δύο ακόλουθα σημεία έχουν ιδιαίτερη σημασία :

- Αν η απόδοση των θαλάμων ανίχνευσης μιονίων (ιδίως στην περιοχή endcap) υποβαθμίζεται με την αναμενόμενη αύξηση του ρυθμού υποβάθρου του πειραματικού σπηλαίου. Μια πρόβλεψη από τα παρατηρούμενα ποσοστά στις χαμηλότερες συνθήκες φωτεινότητας του 2012 (Run I) για την υψηλή φωτεινότητα και τις συνθήκες υψηλής ενέργειας, υποδεικνύει μια σημαντική υποβάθμιση της επίδοσης ανίχνευσης, τόσο από την άποψη της ανιχνευτικής ικανότητας όσο και από την άποψη της διακριτικής ικανότητας (resolution) στο σταθμό που βρίσκεται στο εσωτερικό endcap (στα $z = 7$ m), τους λεγόμενους «Small Wheels». Δεδομένου ότι η μέτρηση υψηλής ανάλυσης της ορμής των μιονίων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την παρουσία μετρημένων σημείων στο επίπεδο των «Small Wheels» (δηλαδή μπροστά από τον τοροειδή μαγνή-

τη στα endcaps), αυτή η υποβάθμιση είναι επιζήμια για την απόδοση του ανιχνευτή ATLAS.

- Η μιονική πυροδότηση Level-1 στην περιοχή των endcaps βασίζεται σε τροχιακές αποτυπώσεις στους θαλάμους TGC στο μεσαίο μιονικό σταθμό (ανιχνευτής μιονίων endcap, EM) που βρίσκεται μετά τον τοροειδή μαγνήτη του endcap. Η εγκάρσια ορμή, p_T , των μιονίων καθορίζεται από τη γωνία του τμήματος που έλαβε σήμα, σε σχέση με την κατεύθυνση που δείχνει προς το σημείο αλληλεπίδρασης. Ένα σημαντικό μέρος του ποσοστού πυροδοτήσεων μιονίων στο endcap είναι από το υπόβαθρο. Σωματίδια χαμηλής ενέργειας, κυρίως πρωτόνια, που παράγονται στο υλικό που βρίσκεται μεταξύ του Small Wheel και του σταθμού του EM, παράγουν λανθασμένες πυροδοτήσεις χτυπώντας τους θαλάμους ενεργοποίησης στα endcaps, σε γωνίες παρόμοιες με αυτές των πραγματικών μιονίων υψηλής p_T . Μια ανάλυση των στοιχείων του 2012 καταδεικνύει ότι περίπου 90% των μιονικών πυροδοτήσεων στο endcap είναι εσφαλμένες. Κατά συνέπεια, ο ρυθμός ενεργοποίησης του μιονικού Level-1 στα endcaps είναι οκτώ έως εννέα φορές υψηλότερος από εκείνη στην περιοχή barrel.



Σχήμα 3.2: Το σχήμα αυτό δείχνει το 1/4 μιας εγκάρσιας τομής του ανιχνευτή ATLAS στο επίπεδο z-y.

Και τα δύο θέματα θέτουν ένα σοβαρό περιορισμό για την απόδοση του ATLAS πέρα από το μέγεθος της σχεδιαζόμενης φωτεινότητας: Αυτόν της μειωμένης αποδοχής καλών μιονίων για παρακολούθηση και έναν अपαράδεκτο ρυθμό ψεύτικων πυροδοτήσεων Level-1 μιονίων υψηλής p_T προερχόμενα από την μπροστινή κατεύθυνση.

Προκειμένου να λυθούν αυτά τα δύο προβλήματα ταυτόχρονα, ο ATLAS προτείνει να αντικατασταθούν τα υπάρχοντα μιονικά Small Wheels με τα New Small Wheels (NSW). Το NSW είναι ένα σύνολο από ανιχνευτές παρακολούθησης τροχιών ακριβείας και ανιχνευτών πυροδότησης, τα οποία είναι ικανά να δουλεύουν σε υψηλούς ρυθμούς με εξαιρετικές χωρικές και χρονικές αναλύσεις σε πραγματικό χρόνο. Οι ανιχνευτές αυτοί μπορούν να παράσχουν στο σύστημα μιονικής πυροδότησης Level-1 με online δεδομένα για ενεργοποιημένα τμήματα ανίχνευσης τροχιών, καλής γωνιακής διακριτικής ικανότητας, για να επιβεβαιώνουν ότι το παρακολουθούμενο μίονιο ξεκίνησε από το IP. Με αυτό τον τρόπο οι λανθασμένες πυροδοτήσεις από το endcap θα μειωθούν σημαντικά. Με το προτεινόμενο NSW το σύστημα μιονίων του ATLAS, θα διατηρήσει την ικανότητα αποδοχής που είχε το εξαιρετικό σύστημα ανίχνευσης μιονίων στα υψηλότερα αναμενόμενα επίπεδα φωτεινότητας του LHC. Ταυτόχρονα το ποσοστό πυροδότησης των χαμηλού p_T μιονίων του Level-1 (συνήθως $p_T > 20$ GeV), θα διατηρηθεί σε ένα αποδεκτό επίπεδο.

Το εύρος της pseudorapidity του προτεινόμενου NSW (και του υπάρχοντος Small Wheel) είναι $1.3 < |\eta| < 2.7$. Η υπόλοιπη περιοχή του εσωτερικού σταθμού, $1.0 < |\eta| < 1.3$, καλύπτεται από τους υπάρχοντες ανιχνευτές EIL4 του υφιστάμενου συστήματος μιονίων endcap. Ο θάλαμος TGC στον EIL4 θα χρησιμοποιηθεί για να παράσχει μια πρόχειρη επιβεβαίωση ότι το ένα σωματίδιο θα έχει διαγράψει τροχιά στη ζώνη του τοροειδούς μαγνήτη στο endcap, μειώνοντας τις ψεύτικες πυροδοτήσεις στην περιοχή endcap. Ωστόσο, οι θάλαμοι EIL4 καλύπτουν περίπου μόνο το 50% της πλήρους αζιμουθιακής γωνίας, ενώ ο υπόλοιπος χώρος καταλαμβάνεται από τα πηνία του τοροειδούς μαγνήτη στο barrel. Ένα σχέδιο για μιας μικρής κλίμακας αναβάθμιση μελετάται για να γεμίσει την ακάλυπτη περιοχή.

Πριν από την εγκατάσταση του NSW το 2018, οι υπάρχοντες θάλαμοι TGC των Small Wheels και του EIL4 θα ενσωματωθούν στο endcap σύστημα πυροδότησης κατά τη διάρκεια του LS1, προκειμένου να μειωθούν οι ψευδείς πυροδοτήσεις σε ένα αποδεκτό ποσοστό της τάξης του $1.0 < |\eta| < 1.9$. Λόγω του μικρού αριθμού των στρώσεων (2 στρώσεις ανά θάλαμο) και της «χαλαρής» χωρικής κατάτμησης του υπάρχοντος ανιχνευτή, μόνο μια πρόχειρη θέση χτυπήματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επιβεβαίωση της πυροδότησης endcap. Το αναμενόμενο ποσοστό μείωσης είναι της τάξης του 30%. Αυτό θα εγκατασταθεί κατά τη διάρκεια του Run II μετά το LS1 προκειμένου να

βελτιωθεί η Level-1 πυροδότηση endcap και να ελεγχθεί στο βασικό πλάνο της αναβαθμισμένης πυροδότησης του NSW.

Το σχέδιο του NSW, ανταποκρίνεται στις προδιαγραφές για μια πολύ καλή γωνιακή διακριτική ικανότητα τροχιάς, της τάξης του 1 mrad στο Level-1 σύστημα πυροδότησης. Τα σήματα υποβάθρου στο βεβαρυμένο, λόγω υψηλής πυκνότητας τροχιών, περιβάλλον του NSW, μπορούν να καταστέλλονται χρησιμοποιώντας αυτή τη γωνιακή διακριτική ικανότητα. Είναι επίσης ένα σημαντικό βήμα για την περαιτέρω βελτίωση του Level-1 μιονικού συστήματος πυροδότησης, όπως προβλέφθηκε στην Phase-II αναβάθμιση για ακόμα υψηλότερη φωτεινότητα. Για την Phase-II αναβάθμιση του Level-1, ο χρόνος αντίδρασης θα μειωθεί, ώστε πιο επιλεκτικές πυροδοτήσεις από τα calorimeters και το νέο Level-1 σύστημα σκανδαλισμού ανίχνευσης καθώς και από το μιονικό σύστημα, να μπορούν να εφαρμοσθούν. Η αναβάθμιση Phase-II θα βελτιώσει σημαντικά την διακριτική ικανότητα της p_T του μιονικού συστήματος πυροδότησης Level-1, ρίχνοντας το κατώτατο όριο ενεργοποίησης και μειώνοντας την συμβολή από μόνια χαμηλότερης p_T , μικρότερης από το κατώτατο ονομαστικό όριο.

Αυτό θα επιτευχθεί με τη χρήση των πληροφοριών που θα παρέχονται από ανιχνευτές ακριβείας (Monitored Drift Tubes, MDT) ως μέρος του μιονικού συστήματος πυροδότησης στα endcaps και συνδυάζοντάς το με την γωνία του αντίστοιχου τμήματος που ενεργοποιήθηκε, που θα παρέχεται από το NSW [28].

3.2 Η διάταξη του New Small Wheel

Το προτεινόμενο σύστημα ανίχνευσης του NSW έχει σχεδιαστεί για να πληρούνται όλες οι προδιαγραφές που παρουσιάστηκαν στην προηγούμενη παράγραφο. Το NSW που παρουσιάζεται εδώ, αποτελείται από 16 επίπεδα ανίχνευσης σε δύο στρώσεις των 4 επιπέδων ανά τεχνολογία ανίχνευσης (4 TGC μικρολωρίδων (small-strip) τους sTGC και 4 επίπεδα Micromegas (MM)). Τα sTGC έχουν κυρίως αναπτυχθεί για την πυροδότηση, δεδομένης της σπουδαίας δυνατότητας αναγνώρισης που έχουν ώστε να πυροδοτούν καταγραφές. Οι ανιχνευτές, διατάσσονται με τέτοιο τρόπο (sTGC - MM - MM - sTGC) ώστε να μεγιστοποιηθεί η απόσταση μεταξύ των δύο sTGC στρωμάτων.

Καθώς ανακατασκευάζεται η online τροχιά μέσω των δεδομένων συγκρούσεων, με περιορισμένη ακρίβεια, η επαυξημένη απόσταση μεταξύ των στρωμάτων των sTGC, επιτρέπει μία βελτίωση της διακριτικής ικανότητας για την online ανακατασκευή τροχιάς, δεδομένης της γωνίας, όπως αυτή παρέχεται από την πρώτη στρώση. Ως εκ τούτου, αυτή η ρύθμιση του ανιχνευτή

είναι η καλύτερη για την online ανάλυση τροχιάς. Οι ανιχνευτές MM έχουν εξαιρετική ακρίβεια παρακολούθησης τροχιάς, εξαιτίας του μικρού κενού (5 mm) και του μικρού βήματος λωρίδων (strip pitch 0.5 mm), η οποία υπερβαίνει τις απαιτούμενες προδιαγραφές.

Η επιλογή οκτώ επιπέδων ανά ανιχνευτή υπαγορεύθηκε από την ανάγκη να παρασχεθεί ένα εύρωστο και πλήρως λειτουργικό σύστημα ανίχνευσης καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του. Τα κύρια θέματα τα οποία έχουν διευθετηθεί είναι η λειτουργία σε ένα υψηλό υπόβαθρο και η φθορά του ανιχνευτή με το χρόνο καθώς και η επιρροή τους στην ικανότητα ανίχνευσης, την αποδοτικότητα ανακατασκευής τροχιών και την διακριτική ικανότητα (resolution). Τα νετρόνια στο υπόβαθρο, όπως και τα φωτόνια καθώς και οι ακτίνες δ καταστρέφουν μια σειρά από συγκρούσεις πραγματικών τροχιών. Με οκτώ επίπεδα ανά ανιχνευτή, οι τροχιές αναδομούνται αξιόπιστα και με υψηλή ακρίβεια κάτω από αυτές τις συνθήκες.

Επιπλέον, το NSW αναμένεται να λειτουργεί καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του πειράματος ATLAS. Ο υψηλός αριθμός επιπέδων θα εξασφαλίσει μία σωστή απόδοση του ανιχνευτή ακόμα και αν κάποιες φορές κάποια από τα επίπεδα αποτύχουν να λειτουργήσουν κανονικά. Η πρόσβαση και οι ευκαιρίες επισκευής θα είναι σπάνιες, ιδιαίτερα μετά το LS3, και ζητήματα ενεργοποίησης θα περιορίσουν κατά πολύ τη δυνατότητα οποιωνδήποτε πιθανών παρεμβάσεων.

Επιπρόσθετα, μπορεί να χρειαστεί για λόγους μακροπρόθεσμης σταθερότητας να λειτουργούν τα επίπεδα των ανιχνευτών με τις ρυθμίσεις υψηλής τάσης, χαμηλότερα από τις ρυθμίσεις που εξασφαλίζουν την βέλτιστη λειτουργία. Οκτώ επίπεδα ανά ανιχνευτή θα εξασφαλίσουν ακόμα περισσότερο συνολική αποδοτικότητα κοντά στο 100% τόσο για την online όσο και για την offline ανακατασκευή της τροχιάς.

Οι δύο τεχνολογίες ανίχνευσης του NSW συμπληρώνουν επίσης η μία την άλλη όσον αφορά τις κύριες λειτουργίες τους. Οι sTGC μπορούν να συμβάλουν στην offline ακρίβεια εντοπισμού τροχιών, καθώς είναι σε θέση να μετρήσουν συγκρούσεις τροχιάς με διακριτική ικανότητα περίπου στα 150 m (αναλόγως της τροχιακής γωνίας του περιστατικού).

Για την πυροδότηση, η εμπειρία έχει δείξει ότι η ύπαρξη επιπλέον συστημάτων υποβοήθησης είναι άκρως σημαντική στην εμπρόσθια κατεύθυνση σε υψηλές φωτεινότητες. Οι ανιχνευτές MM θα χρησιμοποιηθούν σαν ένας πυροδοτικός μηχανισμός επιπλέον των sTGC για να παρέχουν βελτιωμένη υποβοήθηση και εγκυρότητα. Προκαταρκτικές μελέτες πάνω στον σκανδαλισμό μέσω των MM είναι πολύ ενθαρρυντικές και είναι σε εξέλιξη επιπρόσθετες εργασίες.

3.2.1 Γενική μηχανική δομή των ανιχνευτών του NSW

Οι ανιχνευτές που χρησιμοποιούνται στο NSW, οι sTGC και οι MM είναι επίπεδοι ανιχνευτές αερίου. Ενώ η δομή των ηλεκτροδίων των δύο τύπων των ανιχνευτών είναι διαφορετική, η μέτρηση θέσης επαφίεται στις λωρίδες ακριβείας στο επίπεδο καθόδου μέσω PCBs και στις δύο περιπτώσεις. Για να γίνει άκαμπτο το κάθε ενιαίο επίπεδο ανίχνευσης, πίνακες σαν κερήθρες (honeycomb panels) είναι κολλημένοι στα PCBs. Οι μονάδες ανίχνευσης που παραδίδονται από τους τόπους παραγωγής είναι επίπεδα ενός ανιχνευτή, συναρμολογημένα σε πολλαπλά σάντουιτς, όπου εναλλάσσονται κενά αερίων με ηλεκτρόδια, PCBs και πίνακες ακαμψίας. Συνήθως έχουν τραπεζοειδές σχήμα.

3.2.2 Προδιαγραφές διάταξης

Το γενικότερο σχέδιο του NSW υπαγορεύεται από τις ακόλουθες προδιαγραφές:

- Συμβατότητα με τους υπάρχοντες ανιχνευτές τροχιάς
- Συμβατότητα με το endcap σύστημα ευθυγράμμισης
- Υψηλή ακρίβεια πυροδότησης και ικανότητα παρακολούθησης και
- Υποβοήθηση παρακολούθησης και πυροδότησης

Η συμβατότητα με τους υπάρχοντες ανιχνευτές παρακολούθησης προϋποθέτει τον ακριβή συντονισμό όλων των θαλάμων ώστε να είναι παράλληλοι με τους θαλάμους σωλήνων ολίσθησης των EM και EO wheels με ακρίβεια 2 mrad, προκειμένου να αποφευχθεί η χειροτέρευση της διακριτικής ικανότητας της ανακατασκευής τροχιάς, αναμιγνύοντας την ακρίβεια στις μετρήσεις με λιγότερο ακριβείς μετρήσεις λόγω κακής ευθυγράμμισης. Αυτή η συμβατότητα καθορίζει επίσης και το ελάχιστο μέγεθος των θαλάμων του NSW καθώς έχουν να καλύψουν τους θαλάμους MDT EM και EO, όσων αφορά τη γεωμετρική προβολή τους, ώστε $|\eta| > 1.3$.

Η συμβατότητα με το σύστημα ευθυγράμμισης του endcap προϋποθέτει ότι κάποιοι οπτικοί αισθητήρες έχουν τοποθετηθεί σε συγκεκριμένα σημεία της εξωτερικής μεριάς του NSW, και κοιτούν προς τα έξω από το σημείο αλληλεπίδρασης, προκειμένου να μεταφέρουν την ευθυγράμμιση από το NSW στο EM wheel. Επομένως, δεν θα πρέπει να υπάρχουν παρεμβολές στους αισθητήρες ή στα μονοπάτια ευθυγράμμισης. Ένα παρόμοιο σύστημα όπως

αυτό υπάρχει με τις μπάρες ευθυγράμμισης και τους αισθητήρες στους θαλάμους, φαίνεται να είναι η φυσική επιλογή για το σύστημα ευθυγράμμισης του NSW, καθώς υπάρχουν μόνο λίγοι σύνδεσμοι ανάμεσα στο SW και στο EM wheel και έτσι όλοι οι θάλαμοι μέσα στο NSW θα πρέπει να αντιστοιχιστούν με αυτές τις θέσεις. Επιπλέον, το υπάρχων σύστημα ευθυγράμμισης του endcap είναι πολύ καλά κατανοητό και έχει αποδώσει τα μέγιστα στην αρχική λειτουργία του LHC.

Οι πρώτες δύο προδιαγραφές έτσι υπαγορεύουν ότι η διάταξη του NSW θα αποτελείται από 16 τομείς θαλάμων ακριβείας, 8 μικρούς και 8 μεγάλους, καθώς και από ένα σύστημα ευθυγράμμισης στο endcap (όπως και στο υπάρχων SW).

Οι προδιαγραφές 3 και 4 έχουν επιπτώσεις στο κατασκευαστικό σχέδιο των ενιαίων σταθμών ανίχνευσης. Σχηματίζονται πυροδοτήσεις από ταυτόχρονες συγκρούσεις σε πολλά επίπεδα του ανιχνευτή. Για να αποκτηθεί η απαιτούμενη γωνιακή διακριτική ικανότητα του περίπου 1 mrad, εντός του χρόνου αντίδρασης του Level-1 του 1 μ s, οι θάλαμοι πρέπει σε όλη τη διάρκεια να είναι ευθυγραμμισμένοι και τοποθετημένοι ο ένας σε σχέση με τον άλλο, έτσι ώστε να ξεπερνιέται το όριο ανοχής των περίπου 200 μ m. Για την off-line ανακατασκευή τροχιών, απαιτούνται τα δεδομένα ευθυγράμμισης του συστήματος. Ωστόσο, μόνο λίγα από τα επίπεδα του NSW μπορούν να εφοδιαστούν με αυτούς τους οπτικούς αισθητήρες. Επομένως, τόσο για τους MM ανιχνευτές όσο και για τα συστήματα ανίχνευσης sTGC, απαιτείται ένα στέρεο και ακριβές μηχανικό ζευγάρι των επιπέδων ανίχνευσης ώστε να επιτευχθεί άκαμπτη κατασκευαστική δομή στην οποία οι σχετικές θέσεις των ανιχνευτών θα παραμένουν αναλλοίωτες.

3.2.3 Ένταξη και απαιτήσεις συστήματος

Ο προτεινόμενος ανιχνευτής NSW περιορίζεται από τις ακόλουθες γενικές προδιαγραφές ένταξης συστήματος:

- Οι πραγματικές διαστάσεις ολόκληρου του συστήματος του ανιχνευτή, συμπεριλαμβανομένης και της μηχανικής δομής υποστήριξης και των ασπίδων ακτινοβολίας, δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τις διαστάσεις του υπάρχοντος Small Wheel. Ειδικότερα οι διαστάσεις «φακέλου» του ανιχνευτή θα πρέπει να χωράνε στον χώρο μεταξύ του καλοριμέτρου στο endcap και του τοροειδούς στο endcap, $|z| = 6780 \text{ mm} - 7890 \text{ mm}$ (ονομαστική θέση).
- Ο ανιχνευτής θα πρέπει να λειτουργεί στις περιβαλλοντικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία) που αναμένονται στον ATLAS.

- Συστήματα υποβοήθησης, σταθερότητας και ακρίβειας θα πρέπει να σχεδιασθούν στα ηλεκτρονικά ανάγνωσης δεδομένων, στην κατανομή των LV / HV και στη σύνδεση άλλων υπηρεσιών.
- Θα πρέπει να εξασφαλισθεί η πρόσβαση στα ηλεκτρονικά και στα άλλα σχετικά σημεία του ανιχνευτή για επιτόπια συντήρηση.
- Ο ανιχνευτής θα πρέπει είναι πλήρως λειτουργικός πριν την εγκατάσταση, ώστε να αποφευχθεί η επιτόπια συντήρηση.
- Η ενεργοποίηση του υλικού θα πρέπει να ενσωματωθεί στα πρωτόκολλα συναρμολόγησης, εγκατάστασης και πρόσβασης στον ανιχνευτή για συντήρηση.

3.2.4 Βασική διάταξη

Η βασική διάταξη του NSW δεδομένων των προδιαγραφών που προαναφέρθηκαν, είναι οι εξής:

- Οι sTGC ως πρωτεύων σύστημα πυροδότησης και οι MM ως πρωτεύων ανιχνευτής ακριβούς τροχιάς.
- Αποδεχόμενη πυροδότηση για συμβάντα με pseudorapidity της τάξεως του $1.3 < |\eta| < 2.5$.
- Αποδεχόμενη ανίχνευση ακριβούς τροχιάς για συμβάντα με pseudorapidity της τάξεως του $1.3 < |\eta| < 2.7$.
- Οκτώ μικροί και οκτώ μεγάλοι τομείς, που καλύπτουν αντίστοιχα τους αντίστοιχους τομείς των θαλάμων MDT, EM και EO, υπό την γεωμετρική έννοια της προβολής τους σε αυτούς, για ακριβή παρακολούθηση τροχιάς.
- Επίπεδο τροχό ανίχνευσης, δηλαδή όχι κεκλιμένοι θάλαμοι όπως ο σημερινός CSC.
- Οκτώ επίπεδα ανίχνευσης sTGC, και οκτώ επίπεδα ανίχνευσης MM σε κάθε τομέα. Για να μεγιστοποιηθεί η απόσταση ανάμεσα στους sTGC επειδή είναι οι πρωτεύοντες θάλαμοι πυροδότησης, η σειρά της διάταξης στην κατεύθυνση z είναι τέσσερις στρώσεις sTGC, τέσσερις στρώσεις MM, ένας προαιρετικός χώρος και υποστηρικτική δομή, τέσσερις στρώσεις MM, τέσσερις στρώσεις sTGC.

- Γνώση των εσωτερικών θέσεων των λωρίδων με ακρίβεια στα 40 μm .
- Η επαναχρησιμοποίηση της υπάρχουσας θωράκισης JD. Τροποποιήσεις της κωνικής θωράκισης, στην εσωτερικότερη ακτίνα του NSW, μπορούν επίσης να εξεταστούν, εάν θεωρηθεί αναγκαίο, ώστε να διανοιχτεί ο υπάρχων χώρος για τους ανιχνευτές.

Ο προσδιορισμός θέσης των στοιχείων των ανιχνευτών, ο οποίος παρέχει τις ακριβείς πληροφορίες τροχιάς (δηλαδή οι λωρίδες τόσο για τους sTGC όσο και τους MM) έχει χαλαρώσει από τα 20 μm όπως ισχύει για τους τρέχοντες θαλάμους MDT, στα 40 μm . Η μικρή επίπτωση στην ανάλυση της ορμής των μιονίων θεωρείται αποδεκτή συγκριτικά με την προσπάθεια που απαιτείται για να επιτευχθεί καλύτερη γεωμετρία σε μεγάλες επίπεδες δομές ανίχνευσης [29].

3.2.5 Τύποι αντικειμένων και ονοματοδοσία συνδεσμολογιών

Σε αυτή την ενότητα, επεξηγούνται οι τύποι αντικειμένων της διάταξης του ανιχνευτή και η ονοματοδοσία των δομικών λίθων των ανιχνευτικών μονάδων.

Plane Ένας υποθάλαμος αερίου με τις συσκευές ανάγνωσης των strips του.

Multiplet Μία διάταξη n planes μιας ενιαίας τεχνολογίας (sTGC ή MM) στην κατεύθυνση του z ($n = 1$ έως 4).

Module Μία διάταξη από m multiplets ($m \geq 1$) στην κατεύθυνση του r (σε κυλινδρικές συντεταγμένες) που αποτελεί ένα ενιαίο ανεξάρτητο αντικείμενο.

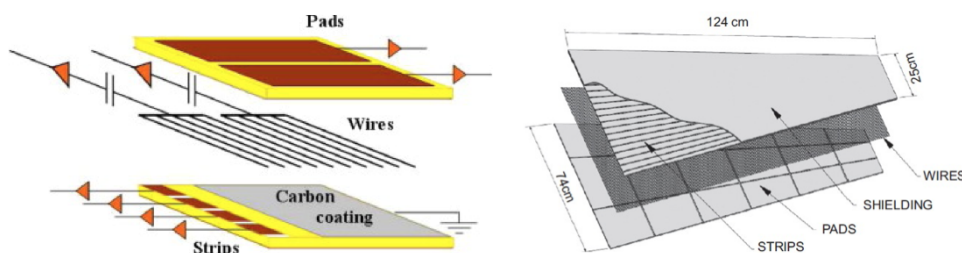
Chamber Μία διάταξη από δύο modules μιας ενιαίας τεχνολογίας (sTGC ή MM) στην κατεύθυνση του z και ένα ή περισσότερα modules στην κατεύθυνση του r που συναποτελούν ένα ενιαίο ανεξάρτητο αντικείμενο. Ένας chamber μπορεί να περιλαμβάνει ένα εσωτερικό ή εξωτερικό πλαίσιο spacer ανάμεσα στα modules στην κατεύθυνση του z .

Wedge Μία διάταξη από modules μιας ενιαίας τεχνολογίας (sTGC ή MM) στην κατεύθυνση του z , που καλύπτει έναν ολόκληρο τομέα (sector) στο επίπεδο $r - \phi$.

Sector $1/16\sigma$ του NSW στην πλευρά A ή C (που αντιστοιχεί σε ένα μεγάλο ή μικρό γεωμετρικά sector), συναποτελούμενο από δύο sTGC wedges και δύο MM wedges.

3.2.6 Η τεχνολογία ανίχνευσης των sTGC και οι επιδόσεις τους

Οι απαιτήσεις για το σύστημα ενεργοποίησης του NSW έχουν οριστεί. Οι ανιχνευτές πυροδότησης θα πρέπει να παρέχουν ικανότητα αναγνώρισης και διαχωρισμού των παλμών που το διαπερνούν (bunch crossings), επίσης απαιτείται καλή χρονική διακριτική ικανότητα και καλή γωνιακή διακριτική ικανότητα, καλύτερη από το 1 mrad, για online ανακατασκευές τμημάτων τροχιών, το οποίο με τη σειρά του, συνεπάγεται αρκετά καλή online χωρική διακριτική ικανότητα. Ο ανιχνευτής sTGC παρέχει και τις δύο δυνατότητες και γι αυτό τον λόγο θεωρείται ως ο κύριος ανιχνευτής πυροδότησης στο NSW. Παρέχει επίσης και καλή χωρική ανάλυση για offline ανίχνευση, η οποία θα βοηθήσει την ακριβή παρακολούθηση, ειδικά κατά τη διάρκεια της φάσης HL-LHC.



Σχήμα 3.3: Η εσωτερική δομή των ανιχνευτών sTGC.

3.3 Ανιχνευτές MicroMeGaS

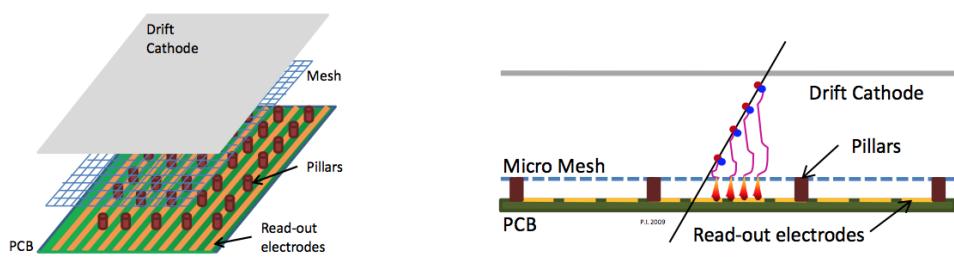
Οι προδιαγραφές για το σύστημα ακριβούς εντοπισμού στο NSW έχουν αποσαφηνιστεί. Οι ανιχνευτές εντοπισμού, θα πρέπει να παρέχουν καλή χωρική διακριτική ικανότητα, ανεξαρτήτως της γωνία πρόσπτωσης του σωματιδίου, υψηλή ανιχνευτική απόδοση ακόμα και στις υψηλότερες τιμές θορύβου υποβάθρου, και καλό διαχωρισμό δυο τροχιών για να απορρίπτει τις ακτίνες δέλτα που συνοδεύουν τα μίονια. Σε αυτήν την παράγραφο θα παρουσιαστούν οι εξαιρετικές δυνατότητες εντοπισμού τροχιών του ανιχνευτή MM (υψηλότερες από 100 μm για όλες τις γωνίες των συγκρούσεων των σωματιδίων στο NSW).

Η πολύ λεπτή κατάτμηση των λωρίδων ανάγνωσης των MM, μαζί με την αρκετά καλή χρονική διακριτική ικανότητα, μπορεί επίσης να αξιοποιηθεί

για να συμπληρώσει το σύστημα σκανδαλισμού με βάση το sTGC, προσθέτοντας στην σταθερότητα και την επαλήθευση του συστήματος ακόμη και ως εφεδρεία .

3.3.1 Τεχνολογία και χαρακτηριστικά

Η τεχνολογία MicroMeGaS (μία συντομογραφία για το «micro mesh gaseous structure» (MM)) αναπτύχθηκε στο μέσον της δεκαετίας του 1990 [30]. Επιτρέπει την κατασκευή λεπτών ασύρματων αερίων ανιχνευτών σωματιδίων. Οι MM ανιχνευτές αποτελούνται από ένα επίπεδο τμήμα (drift) ηλεκτρόδιο, ένα διάκενο αερίου λίγων χιλιοστών το οποίο λειτουργεί ως περιοχή μετατροπής και ολίσθησης, και ένα λεπτό μεταλλικό πλέγμα με τυπική τιμή απόστασης τα 100-150 μm από το ηλεκτρόδιο ενδείξεων (readout electrode), δημιουργώντας μια περιοχή ενίσχυσης (amplification region). Ένα σχέδιο της αρχής λειτουργίας του ανιχνευτή MM παρουσιάζεται στο σχήμα 3.4.



Σχήμα 3.4: Ένα σχέδιο της αρχής λειτουργίας του ανιχνευτή MM.

Στον αρχικό σχεδιασμό το ηλεκτρόδιο ολίσθησης και το πλέγμα ενίσχυσης ήταν σε αρνητικά δυναμικά υψηλής τάσης (HV), το ηλεκτρόδιο ενδείξεων (readout) ήταν γειωμένο (το πλάνο παροχής HV έχει τροποποιηθεί για την εφαρμογή ανιχνευτών MM στον ATLAS, βλέπε ακόλουθες ενότητες). Τα δυναμικά HV επιλέγονται με τέτοιο τρόπο ώστε το ηλεκτρικό πεδίο στην περιοχή ολίσθησης (drift region) να είναι μερικές εκατοντάδες V/cm και 40-50 kV/cm στην περιοχή ενίσχυσης. Φορτισμένα σωματίδια που διέρχονται από την περιοχή του drift ionίζουν το αέριο. Τα ηλεκτρόνια που απελευθερώνονται από την διαδικασία ιονισμού, ολισθαίνουν προς το πλέγμα. Με ένα ηλεκτρικό πεδίο στην περιοχή ενίσχυσης 50-100 φορές ισχυρότερο απ ότι στο drift, το πλέγμα είναι διαφανές για περισσότερο από το 95% των ηλεκτρονίων. Η χιονοστιβάδα ηλεκτρονίων λαμβάνει χώρα στην λεπτή περιοχή ενισχύσεως, ακριβώς πάνω από το ηλεκτρόδιο ενδείξεων (readout).

Η ολίσθηση των ηλεκτρονίων στο διάκενο μετατροπής είναι μια σχετικά αργή διαδικασία ανάλογα με το αέριο που υπάρχει στο drift, την απόσταση ολίσθησης, και το πεδίο στο drift. Διαρκεί συνήθως αρκετές δεκάδες νανοδευτερόλεπτα. Από την άλλη πλευρά η διαδικασία ενίσχυσης συμβαίνει σε κλάσματα του νανοδευτερολέπτου, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα ένα γρήγορο παλμό ηλεκτρονίων στις λωρίδες ενδείξεων. Τα ιόντα που παράγονται κατά την διαδικασία της χιονοσιβάδας, κινούνται σε αντίθετη κατεύθυνση με τα ηλεκτρόνια πίσω προς το πλέγμα ενίσχυσης. Τα περισσότερα από τα ιόντα παράγονται στο τελευταίο βήμα της χιονοσιβάδας, δηλαδή όταν αυτή τελειώνει και επομένως είναι κοντά στην ταινία ενδείξεων. Δεδομένης της σχετικά χαμηλής ταχύτητας μετακίνησης των ιόντων, τους παίρνει περίπου 100 nm να φτάσουν στο πλέγμα, παρόλα αυτά η διαδικασία παραμένει αρκετά γρήγορη σε σχέση με άλλους ανιχνευτές. Η γρήγορη αυτή εκκένωση των θετικών ιόντων, είναι αυτή που κάνει τους ανιχνευτές MM ιδιαιτέρως κατάλληλους για να λειτουργούν σε πολύ υψηλές ροές σωματιδίων.

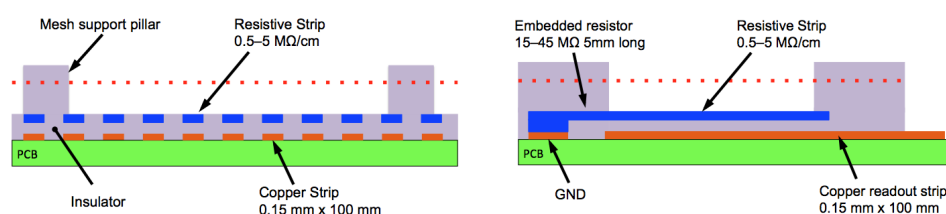
Οι ανιχνευτές MM έχουν χρησιμοποιηθεί επιτυχώς σε πειράματα φυσικής με σωματίδια υψηλής ενέργειας τα προηγούμενα χρόνια όπου απαιτείται καλή χωρική διακριτική ικανότητα σε υψηλούς ρυθμούς [31, 32]. Οι ανιχνευτές MM χρησιμοποιήθηκαν επίσης επιτυχώς σαν θάλαμοι ενδείξεων των Time Projection Chambers [33, 34].

3.3.2 Ανάπτυξη των Resistive MicroMeGaS ανιχνευτών

Το αδύνατο σημείο του αρχικού σχεδιασμού των MM ήταν η ευπάθεια στους σπινθήρες. Οι σπινθήρες, συμβαίνουν όταν ο συνολικός αριθμός των ηλεκτρονίων της χιονοσιβάδας φτάσει τις μερικές 10^7 (όριο του Raether). Έτσι για να επιτευχθεί υψηλή αποδοτικότητα ανίχνευσης για ελάχιστα ιονισμένα μίονια επιτάσσεται η ενίσχυση αερίου να είναι της τάξεως του 10^4 . Επομένως, η διαδικασία ιονισμού, παράγει περισσότερο από 1000 ηλεκτρόνια σε αποστάσεις συγκρίσιμες με την τυπική έκταση μια χιονοσιβάδας (μερικές εκατοντάδες μικρόμετρα) και ενέχει τον κίνδυνο σπινθήρων. Τέτοια επίπεδα ιονισμού, επιτυγχάνονται εύκολα με χαμηλής ενέργειας σωματίδια Άλφα ή με αργά κινούμενα φορτισμένα συντρίμια από αλληλεπιδράσεις νετρονίων (ή άλλων) στο αέριο του ανιχνευτή ή σε κάποιο από τα στερεά του μέρη. Οι σπινθήρες μπορεί να κάνουν ζημιά στον ανιχνευτή και στα ηλεκτρονικά ανάγνωσης και/ή να οδηγήσουν σε μεγάλους ανενεργούς χρόνους, ως αποτέλεσμα της κατάρρευσης του HV.

Για του ανιχνευτές MM έχει δημιουργηθεί (από τη συνεργασία MAMMA) και θα εγκατασταθεί στο NSW ένα σύστημα προστασίας από τους σπινθήρες. Προσθέτοντας ένα στρώμα από ανθεκτικές λωρίδες (resistive strips) στο πάνω

μέρος ενός λεπτού μονωτήρα, ακριβώς πάνω από το ηλεκτρόδιο ενδείξεων το MM γίνεται άτρωτο στους σπινθήρες [35]. Το ηλεκτρόδιο ενδείξεων δεν είναι πλέον απευθείας εκτεθειμένο στο φορτίο το οποίο δημιουργείται από την περιοχή ενίσχυσης, αντίθετα τα σήματα είναι χωρητικά συζευγμένα με αυτό. Με την προσθήκη αυτής της προστασίας κάποιο μέρος του πλάτους του σήματος χάνεται, αλλά ο θάλαμος μπορεί να λειτουργεί σε υψηλότερο κέρδος αερίου και έτσι οι εντάσεις των σπινθήρων μειώνονται περίπου κατά τρεις τάξεις μεγέθους. Η αρχή λειτουργίας του συστήματος προστασίας από τους σπινθήρες σχηματικά απεικονίζεται στο σχήμα 3.5.



Σχήμα 3.5: Η αρχή λειτουργίας του συστήματος προστασίας από τους σπινθήρες του ανιχνευτή Resistive-MicroMeGaS.

Το σχέδιο των ανιχνευτών αυτών με προστατευτικές λωρίδες για τον περιορισμό σπινθήρων έχει ελεγχθεί επιμελώς υπό δέσμες ανδρονίων και νετρονίων, σε τιμές οι οποίες υπερβαίνουν κατά πολύ αυτές που αναμένονται στον ATLAS. Επιπλέον, ένας μεγάλος αριθμός ανιχνευτών έχει εκτεθεί σε 8 keV ακτίνες X σε τιμές περίπου της τάξεως των 10 MHz/cm². Τέλος, από την αρχή του 2011, 4 μικροί ανιχνευτές MM έχουν λειτουργήσει αλάνθαστα στο Small Wheel του ATLAS καθώς και δύο μικρά πρωτότυπα σε περιβάλλον υψηλών τιμών ακτινοβολίας, μπροστά από το ηλεκτρομαγνητικό καλορίμετρο του endcap (EMEC).

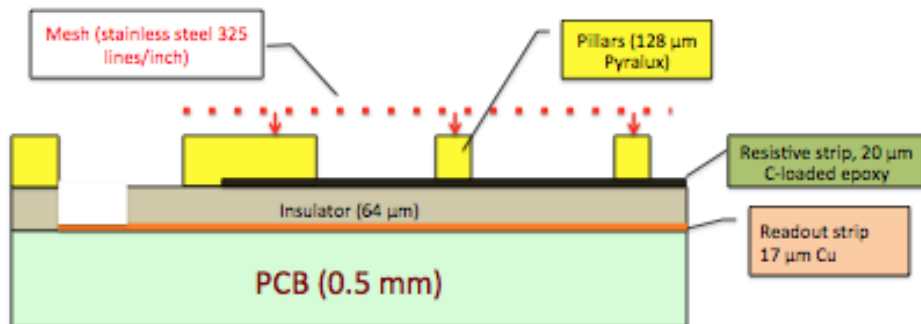
3.3.3 Οι ανιχνευτές MicroMeGaS του NSW

Οι ανιχνευτές MM για το NSW διαφέρουν σε τουλάχιστον δύο σημεία από το αρχικό σχέδιο των MM. Πρώτον, η προστασία ανθεκτικών λωρίδων χρησιμοποιείται όπως περιγράφηκε παραπάνω, και δεύτερον αντί να εφαρμόζονται αρνητικά HV στο πλέγμα ενίσχυσης και να κρατάμε τις ανθεκτικές λωρίδες γειωμένες, εφαρμόζουμε θετική HV στις ανθεκτικές λωρίδες και το πλέγμα ενίσχυσης συνδέεται με τη γη. Αυτή η διάταξη έχει ως αποτέλεσμα πιο σταθερή λειτουργία για τους ανιχνευτές. Έτσι, με αυτό τον τρόπο οι

σπινθήρες παύουν να είναι πρόβλημα. Το ρεύμα που προκαλείται από τους σπινθήρες έτσι, μπορεί να διαφεύγει πολύ γρήγορα στη γη μέσω του πλέγματος και το πλέγμα να διατηρεί το δυναμικό του. Επιπλέον πλεονεκτήματα του τροποποιημένου HV σχεδίου είναι η καλύτερη εστίαση των γραμμών του πεδίου, ανάμεσα στο πεδίο ενίσχυσης και στις ανθεκτικές λωρίδες, το οποίο συνεπάγεται καλύτερη συλλογή φορτίων από τις ανθεκτικές λωρίδες και σημαντική απλοποίηση της κατασκευής του ανιχνευτή.

Σε αντίθεση με τους περισσότερους ανιχνευτές MM που είναι τώρα σε λειτουργία, στην παρούσα εφαρμογή, το πλέγμα ενίσχυσης δεν είναι ενσωματωμένο στη δομή ανάγνωσης ενδείξεων. Τα πλεονεκτήματα για τους ανιχνευτές μεγάλων περιοχών είναι τα ακόλουθα :

- το μέγεθος του πλέγματος περιορίζεται μόνο από την κατασκευαστική ικανότητα πλεγμάτων και των μηχανών επέκτασής του και δεν περιορίζονται από το μέγεθος των επιμέρους PCBs.
- διευκολύνει το άνοιγμα του ανιχνευτή και τον καθαρισμό του.
- διαχωρίζει την παραγωγή του PCB από την μηχανική κατασκευή.



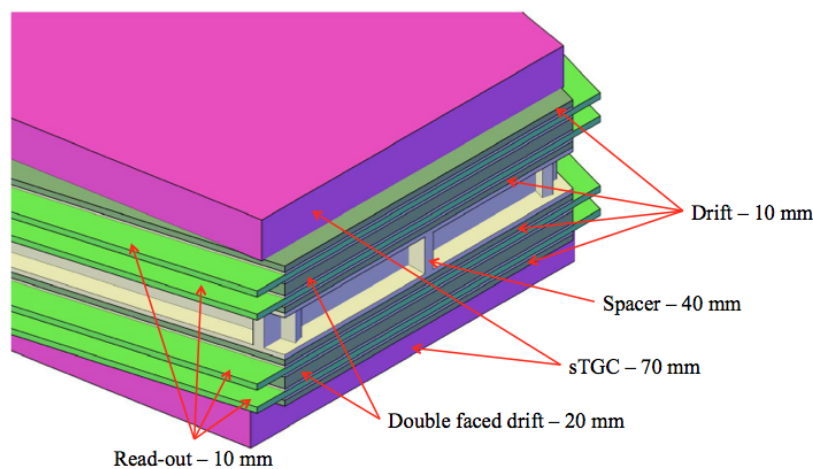
Σχήμα 3.6: Σχηματική απεικόνιση της εσωτερικής δομής των καρτών αναγνώσεων ενδείξεων (readout boards) των MM, σημειώνουμε ότι το μικρο-πλέγμα δεν αποτελεί μέρος του PCB αναγνώσεων ενδείξεων (readout PCB).

Το σχήμα 3.6 δείχνει σχηματικά την εσωτερική δομή ενός PCB αναγνώσεων ενδείξεων (readout PCB). Οι λωρίδες ανάγνωσης σχεδιάζονται πάνω στα, πάχους 0.5 mm, PCBs και εν συνεχεία καλύπτονται από λεπτή στρώση μονωτήρα, πάχους 64 μm , ακολουθούμενη από ανθεκτικές λωρίδες. Στο πάνω μέρος των ανθεκτικών λωρίδων μπαίνουν οι υποστηρικτικοί πυλώνες

του πλέγματος (pillars). Το πλέγμα κάθεται σε αυτούς τους πυλώνες, παρόλα αυτά δεν είναι μέρος του PCB ανάγνωσης ενδείξεων αλλά μέρος του πάνελ ολίσθησης.

3.3.4 Η διάταξη σε σφήνες των MicroMeGaS στα endcaps

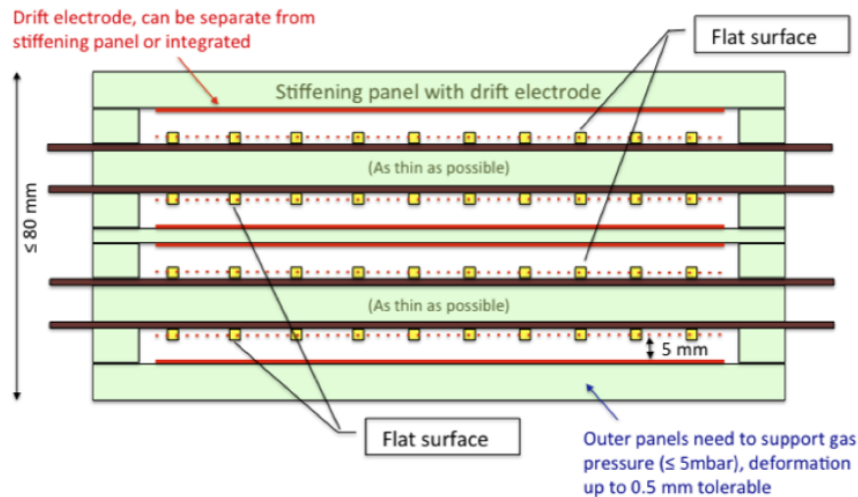
Η ενσωμάτωση των ανιχνευτών MM και η συνολική εμφάνιση τους έχει περιγραφεί στο Κεφάλαιο 2. Είναι τοποθετημένοι σε μεγάλους και μικρούς τομείς. Οι διαστάσεις των τομέων επιλέγονται έτσι ώστε να επιτυγχάνεται περίπου η ίδια αξιμουθιακή επικάλυψη των ενεργών περιοχών, όπως στο τρέχων Small Wheel. Κάθε τομέας αποτελείται από οκτώ επίπεδα ανιχνευτών MM, τα οποία ομαδοποιούνται σε δύο ομάδες των τεσσάρων στρωμάτων η κάθε μία (ως εκ τούτου, τετραπλέτες), που χωρίζονται από έναν διαχωριστή (spacer) πάχους 40 mm. Στο σχήμα 3.7 απεικονίζεται σχηματικά η διάταξη των ανιχνευτών μέσα σε έναν τομέα.



Σχήμα 3.7: Σχηματική απεικόνιση της διάταξης των ανιχνευτών μέσα σε έναν τομέα.

Κάθε τετραπλέτα περιέχει τέσσερα ενεργά στρώματα, ομαδοποιημένα σε δύο ζεύγη, όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 3.8. Σε κάθε ζεύγος οι ανιχνευτές είναι τοποθετημένοι back to back. Με μία τέτοια διάταξη, πρώτον, το υπόβαθρο δεν θα είναι συγγραμμικό για δύο γειτονικά επίπεδα και έτσι μπορεί

να απορριφθεί και δεύτερον, συστηματικές μετατοπίσεις των ανακατασκευασμένων θέσεων των σωματιδίων, λόγω της απόκλισης του μονοπατιού των ολισθήμενων ηλεκτρονίων σε ένα μαγνητικό πεδίο (γωνία Lorentz), επιτρέπει αυτο-ακύρωση (δηλαδή διόρθωση).



Σχήμα 3.8: Σχηματική απεικόνιση της διάταξης των ανιχνευτών μέσα σε μία τετραπλέτα.

Η κατάτμηση των τομέων των MM στην ακτινική κατεύθυνση κατέληξε να γίνεται με ακτινικό διαχωρισμό των τομέων σε δύο μικρότερες ενότητες. Μηχανικά πρωτότυπα είναι υπό κατασκευή που θα βοηθήσουν στη διαδικασία αξιολόγησης της οδού που έχει επιλεγεί.

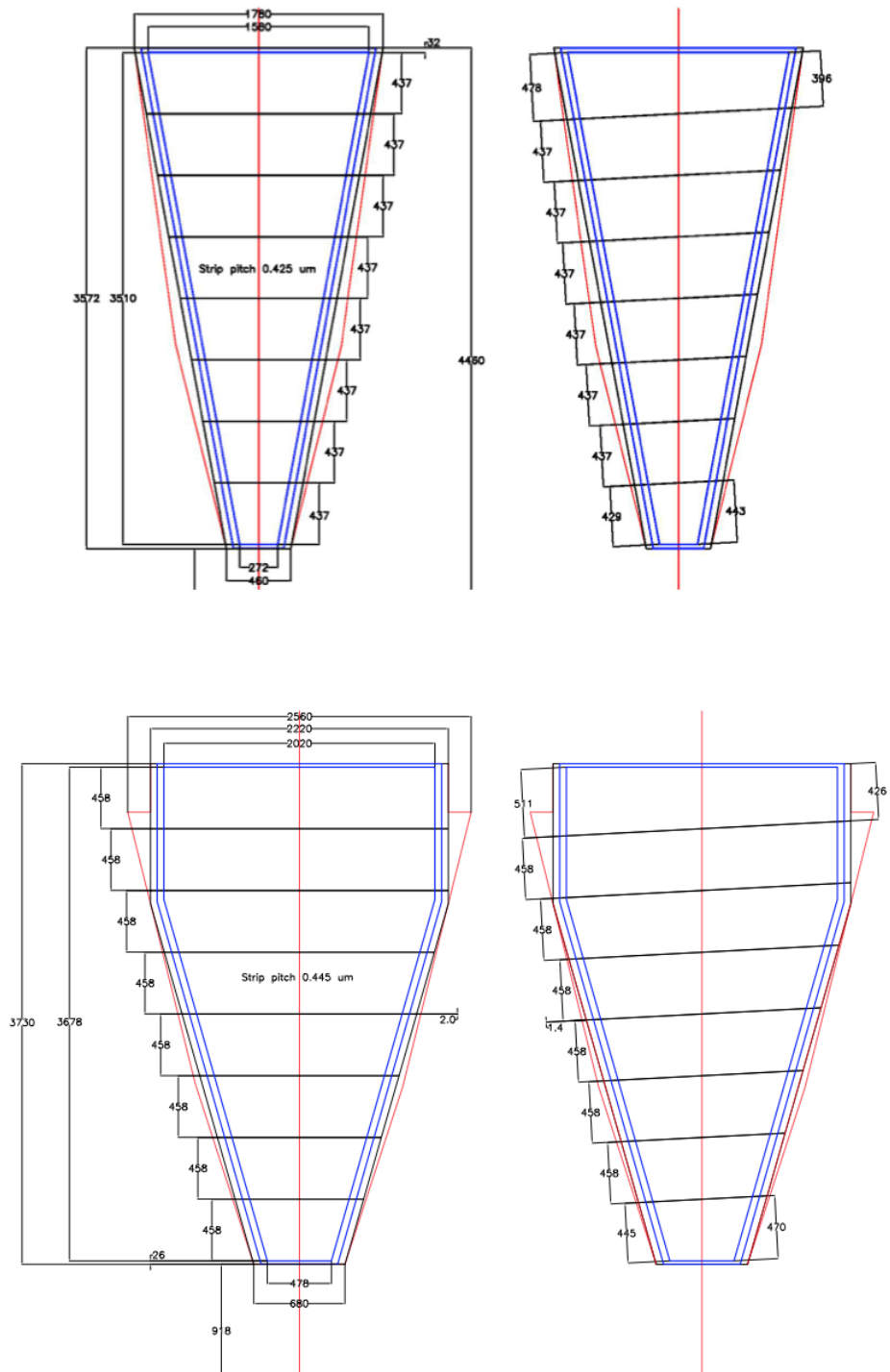
Ανεξαρτήτως της ακτινικής κατάτμησης των ανιχνευτών, η ενεργός περιοχή ενός επιπέδου ανίχνευσης θα αποτελείται από 8 PCBs ανά τομέα. Προκειμένου να μείνει μέσα στις διαστάσεις στις οποίες οι περισσότεροι κατασκευαστές PCBs μπορούν να διαχειριστούν, αυτά θα έχουν ακτινική διάσταση 400-500 mm, και θα καλύπτουν το πλήρες εύρος (πλάτος) των τομέων. Στο σχέδιο με τις δύο μικρότερες ενότητες (modules) που έχει επιλεγεί, τέσσερα PCBs θα κολληθούν σε δύο άκαμπτους πίνακες.

Οι λωρίδες ανάγνωσης σε κάθε δεύτερη στρώση ανιχνευτή έχουν κλίση 1.5° σε σχέση με τις λωρίδες σε κάθε μονή στρώση, ώστε να μπορεί να μετρηθεί η δεύτερη συντεταγμένη. Αυτό απαιτεί μικρές προσαρμογές στην διάταξη των πλακετών PCB και στη δρομολόγηση των λωρίδων ανάγνωσης. Για να κρατήσουμε το ίδιο βήμα απόστασης λωρίδων (strip pitch) απαιτούνται

δύο επιπλέον τσιπάκια ανάγνωσης ανά στρώμα, προκειμένου να διαβαστούν οι επιπλέον λωρίδες στις πάνω αριστερά γωνίες. Οι λίγες επιπλέον λωρίδες που απαιτούνται στις κάτω δεξιά γωνίες του τομέα δεν θα διαβαστούν.

Κάθε PCB μεταφέρει 1024 λωρίδες ανάγνωσης με ένα τυπικό βήμα λωρίδας 0,4 έως 0,45 mm. Κάθε πλακέτα PCB διαβάζεται από δύο πλακέτες ανάγνωσης, έχοντας 8 μπροστινά τσιπάκια (VMM) με 64 κανάλια το καθένα. Το πάνω μισό των λωρίδων ανάγνωσης διαβάζεται από τη μία μεριά, το κάτω μισό από την άλλη μεριά, εναλλάξ. Οι πλακέτες ανάγνωσης βρίσκονται κατά μήκος των πλευρών του ανιχνευτή. Ο χώρος που προβλέφθηκε για τα front-end ηλεκτρονικά είναι πλάτους 50 mm. Επιπλέον 50 mm έχουν προβλεφθεί για το πλαίσιο του ανιχνευτή και τον «νεκρό» χώρο μέσα στο πλαίσιο, έχοντας ως αποτέλεσμα μια ανενεργή περιοχή 100 mm κατά μήκος της πλευράς του ανιχνευτή. Η αντίστοιχη νεκρή περιοχή στην ακτινική κατεύθυνση είναι 30 mm. Η ενεργός περιοχή του ανιχνευτή υποδεικνύεται από τις εσωτερικές γραμμές στο σχήμα 3.9. Μία ενεργή επικάλυψη έχει προβλεφθεί ανάμεσα σε μεγαλύτερους και μικρότερους τομείς.

Μέσα σε μια πολυπλέτα (multiplet) τεσσάρων στρωμάτων MM, δύο στρώματα (back-to-back), θα είναι εξοπλισμένα με λωρίδες χωρίς κλίση και τα άλλα δύο στρώματα, (ξανά back-to-back), με κεκλιμένες λωρίδες. Κατ' αυτόν τον τρόπο διατηρείται η χωρική διακριτική ικανότητα του πλήρους ενιαίου επιπέδου. Η ακρίβεια της δεύτερης συντεταγμένης είναι περίπου 1.5 mm.



Σχήμα 3.9: Απεικονίζεται η κατάμηση των μικρών και μεγάλων τομέων σε PCBs καθώς και οι ενεργές περιοχές των ανιχνευτών. Στα αριστερά τα η-modules και δεξιά, με τις κεκλιμένες λωρίδες ανάγνωσης, τα stereo-modules.

Κεφάλαιο 4

Το 3D σύστημα ελέγχου των MicroMeGaS του NSW

4.1 Συντεταγμένες και Διαστάσεις

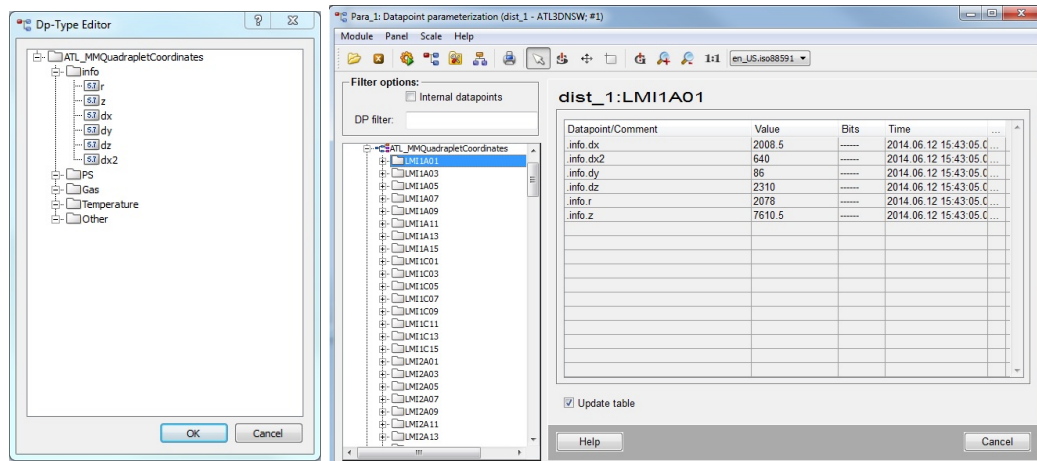
Οι συντεταγμένες και οι διαστάσεις των τελικών θαλάμων δεν είναι ακόμα καθορισμένες, παρόλα αυτά, αυτές θα έχουν μια σταθερή τιμή όταν τοποθετηθούν για το Run-II το 2018. Έτσι η πρώτη σκέψη για το που θα αποθηκευτούν αυτές οι τιμές ήταν ως σταθερές εντός του κώδικα στο panel και όταν πλέον οι θάλαμοι έχουν εγκατασταθεί θα μπορούσε ο developer να βάλει αυτές τις τιμές στον κώδικα μια φορά και για πάντα σε constants. Όμως, όπως θα αναλυθεί και παρακάτω, για λόγους ευκολίας προσαρμογής, επιλέχθηκε η αποθήκευση των δεδομένων σε datapoints στη βάση δεδομένων RAIMA που προσφέρει το WinCC-OA.

Οι τρέχουσες πληροφορίες που χρησιμοποιήθηκαν για τα multiplets μας, ανασύρθηκαν από το twiki, τη σελίδα συνεργασίας/συντονισμού του ATLAS στο <https://twiki.cern.ch/twiki/bin/viewauth/Atlas/NSWParameterBook>. Εδώ ο υπεύθυνος για το βιβλίο παραμέτρων και συμβάσεων, κρατά ενημέρο το collaboration για τις διαστάσεις και τις συντεταγμένες όλων των υποανιχνευτικών συστημάτων του New Small Wheel. Οποτεδήποτε ο user του panel, χρειαστεί να ενημερώσει το 3D-DCS, μπορεί να χρησιμοποιήσει το εργαλείο που αναπτύχθηκε για αυτήν τη δουλειά, συμπληρώνοντας τα πεδία του, με τις τιμές που βρίσκονται στην ιστοσελίδα αυτή.

4.1.1 Δομή του Datapoint Type

Το datapoint type με όνομα ATL_MMQuadrupletCoordinates που χρησιμοποιήθηκε, εμπεριέχει στη δομή του έναν φάκελο με τις πληροφορίες που αφορούν τις συντεταγμένες του καθώς και άλλους που αφορούν τις κατηγορίες πληροφοριών που παρακολουθούνται και εμπίπτουν στο συγκεκριμένο multiplet ή στην περιοχή που αυτό βρίσκεται. Συγκεκριμένα η δομή του φακέλου πληροφοριών συντεταγμένων και διαστάσεων με το όνομα info περιέχει τα εξής πεδία :

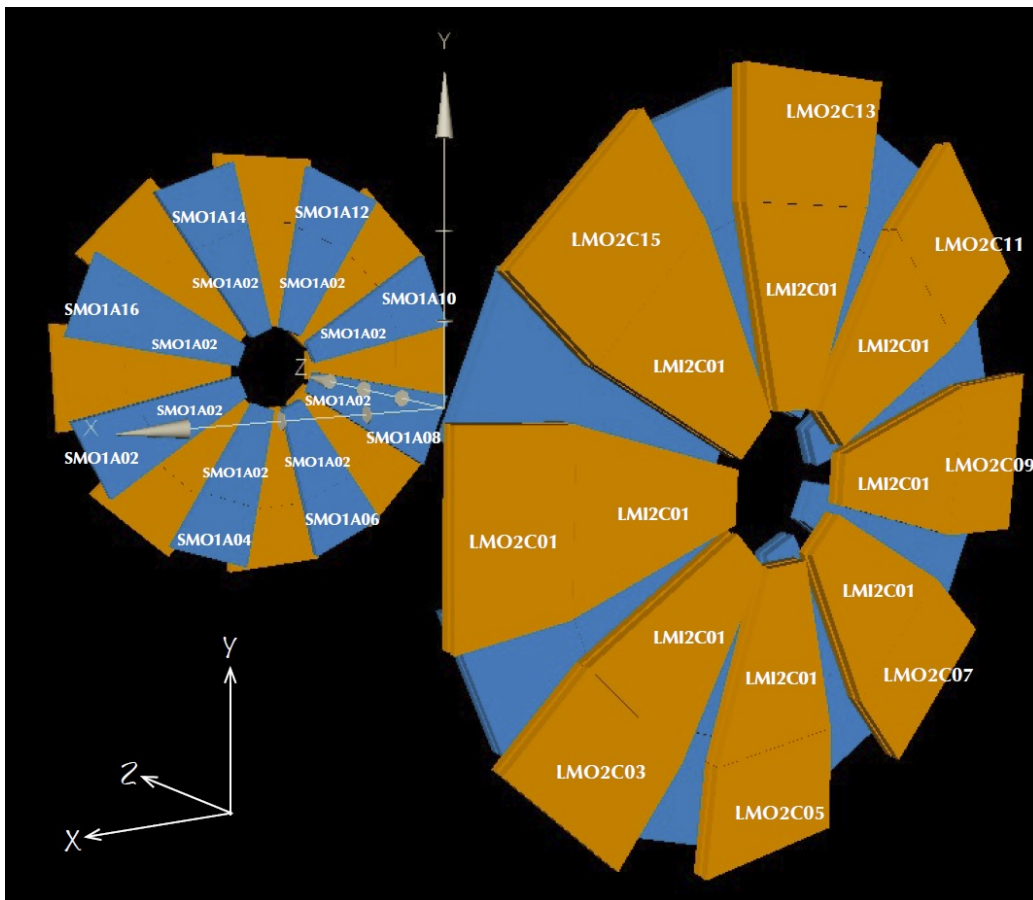
- .info.r** περιέχει την απόσταση του κέντρου του multiplet από τον άξονα της δέσμης.
- .info.z** περιέχει την απόσταση του κέντρου του quadruplet από το επίπεδο x-y του global συστήματος συντεταγμένων.
- .info.dx** περιέχει το μήκος της πάνω βάσης του multiplet.
- .info.dy** περιέχει το πάχος του multiplet.
- .info.dz** περιέχει το ύψος του multiplet.
- .info.dx2** περιέχει το μήκος της κάτω βάσης του multiplet.



Σχήμα 4.1: α) Δομή του Datapoint Type, β) Οι καταχωρήσεις των datapoints.

4.1.2 Ονοματολογία

Ένα πρόβλημα που κληθήκαμε να λύσουμε ήταν η ονοματολογία των multiplets αφού αυτή πρέπει να ακολουθεί τις συμβάσεις των υπάρχοντων θαλάμων υποανιχνευτικών συστημάτων και φυσικά να προσδιορίζει και να προδίδει την θέση του στον ανιχνευτή. Έτσι αποφασίστηκε να ακολουθηθεί η παρακάτω σύμβαση: Το όνομα του multiplet να αποτελείται από πέντε πεδία που συνθέτουν το όνομά του.



Σχήμα 4.2: Η ονοματολογία των MM multiplets.

Πεδίο 1: Το πρώτο πεδίο συμπληρώνεται αναλόγως με το μέγεθος του wedge που ανήκει το multiplet δηλαδή μπορεί να είναι είτε LM αν αναφερόμαστε σε ένα μεγάλο wedge multiplet (Large wedge's Multiplet), είτε SM αν αναφερόμαστε σε ένα μικρό wedge multiplet (Small wedge's Multiplet).

Πεδίο 2: Το δεύτερο πεδίο συμπληρώνεται αναλόγως με το αν το multiplet βρίσκεται κοντύτερα στον άξονα της δέσμης, όποτε συμπληρώνεται με ένα I (Inner) ή με ένα O (Outer) αν βρίσκεται μακρύτερα.

Πεδίο 3: Το τρίτο πεδίο συμπληρώνεται αναλόγως με το αν το multiplet βρίσκεται στην πλευρά του σημείου αλληλεπίδρασης (Interaction Point) όπου λαμβάνει την τιμή 1, ή αν βρίσκεται στην πλευρά του endcap που βρίσκεται σε μεγαλύτερες αποστάσεις στον άξονα z οπότε και λαμβάνει την τιμή 2.

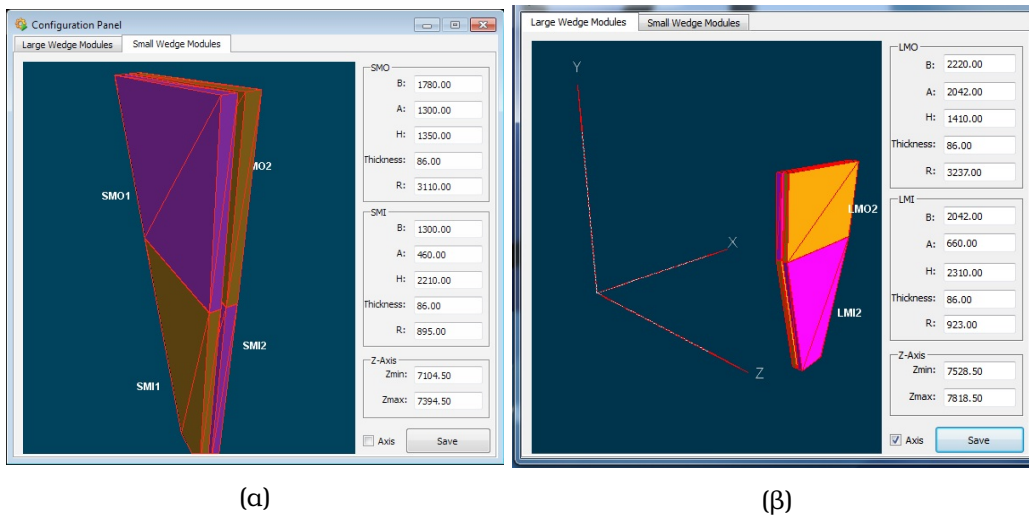
Πεδίο 4: Το τέταρτο πεδίο συμπληρώνεται από το γράμμα που αντιστοιχεί στο endcap στο οποίο βρίσκεται το multiplet δηλαδή είτε στην πλευρά A είτε στην C.

Πεδίο 5: Τέλος το τελευταίο πεδίο συμπληρώνεται με τον διψήφιο αριθμό που αντιστοιχεί στο wedge που ανήκει το multiplet, δηλαδή 01-16, και αφορά την γωνία ϕ που σχηματίζει ο άξονας y του global συστήματος συντεταγμένων με τον άξονα z του τοπικού συστήματος συντεταγμένων του συγκεκριμένου multiplet.

4.2 Το 3D configuration tool των MicroMeGaS

Όπως προαναφέρθηκε, από την αρχή υπήρξε η ανάγκη για έναν ελαστικό τρόπο αποθήκευσης και ανανέωσης των συντεταγμένων και των διαστάσεων των multiplets. Μία λύση θα ήταν να χρησιμοποιήσουμε ένα εξωτερικό αρχείο τύπου xml ή cvs όπου θα μπορούσε ο χρήστης να αλλάζει τις τιμές και να παρέχει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για τα αντικείμενα. Αυτή η λύση έδωσε έναν τρόπο ανανέωσης αλλά προσέθεσε σε πολυπλοκότητα. Ένα από τα προβλήματα ήταν ότι δεν υπήρχε ανοχή σε συντακτικά λάθη και ο χρήστης δυσκολευόταν να αντιμετωπίσει και να αποσφαλματώσει το εξωτερικό αυτό αρχείο.

Για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα και προκειμένου οι αλλαγές που κάνει ο χρήστης στις συντεταγμένες να έχουν κάποιο άμεσο αντίκτυπο, δημιουργήθηκε ένα panel εισαγωγής συντεταγμένων και διαστάσεων, τύπου one-step wizard, που περιλαμβάνει μια σκηνή 3D αναπαράστασης ώστε ο χρήστης να έχει άμεση αντίληψη των αλλαγών που προκαλεί στις συντεταγμένες των multiplets. Έτσι προσπαθήσαμε να εξαλείψουμε την πιθανότητα συντακτικών, γραμματικών και λογικών λαθών και όλα αυτά σε μια πολύ απλή και άμεση διεπαφή χρήστη.



Σχήμα 4.3: α) Στη 3D σκηνή του Configuration Tool διακρίνεται μία μικρή wedge με τις διαστάσεις των multiplets του στα πεδία τιμών, β) Μία μεγάλη wedge (αυτή που ανήκει στον sector 03) στο global σύστημα συντεταγμένων του ATLAS.

Το panel περιλαμβάνει την τρισδιάστατη σκηνή απεικόνισης όπου φαίνονται τα 4 multiplets που αποτελούν τον sector. Υπάρχουν δύο tabs στο configuration tool, ένα που αφορά τα multiplets του μεγάλου wedge και ένα για την ρύθμιση των multiplets που ανήκουν στο μικρό wedge. Σε κάθε panel υπάρχουν τρία frames, αυτό που βρίσκεται πάνω και δεξιά αφορά τις διαστάσεις και την θέση στο χώρο των outer multiplets, ένα για τα inner multiplets και τέλος ένα για την θέση τους στον άξονα της δέσμης (συντεταγμένες z).

Σε καθένα από τα δύο βασικά frames χωροταξικής περιγραφής των multiplets υπάρχουν τα εξής πεδία:

B: Σε αυτό το πεδίο εισάγεται το μήκος της πάνω βάσης του τραπεζοειδούς multiplet.

A: Σε αυτό το πεδίο εισάγεται το μήκος της κάτω βάσης του τραπεζοειδούς multiplet.

H: Σε αυτό το πεδίο εισάγεται το ύψος του τραπεζοειδούς multiplet.

Thickness: Αυτό το πεδίο αφορά το πάχος του multiplet.

R: Τέλος αυτό το πεδίο συμπληρώνεται από την απόσταση της κάτω βάσης του multiplet από τον άξονα z.

Στο τρίτο frame ακολούθως υπάρχουν τα εξής δύο πεδία:

Zmin: Σε αυτό το πεδίο εισάγεται η απόσταση του κοντινότερου σημείου του inner wedge από το επίπεδο x-y.

Zmax: Σε αυτό το πεδίο εισάγεται η απόσταση του πιο απόμακρου σημείου του outer wedge από το επίπεδο x-y.

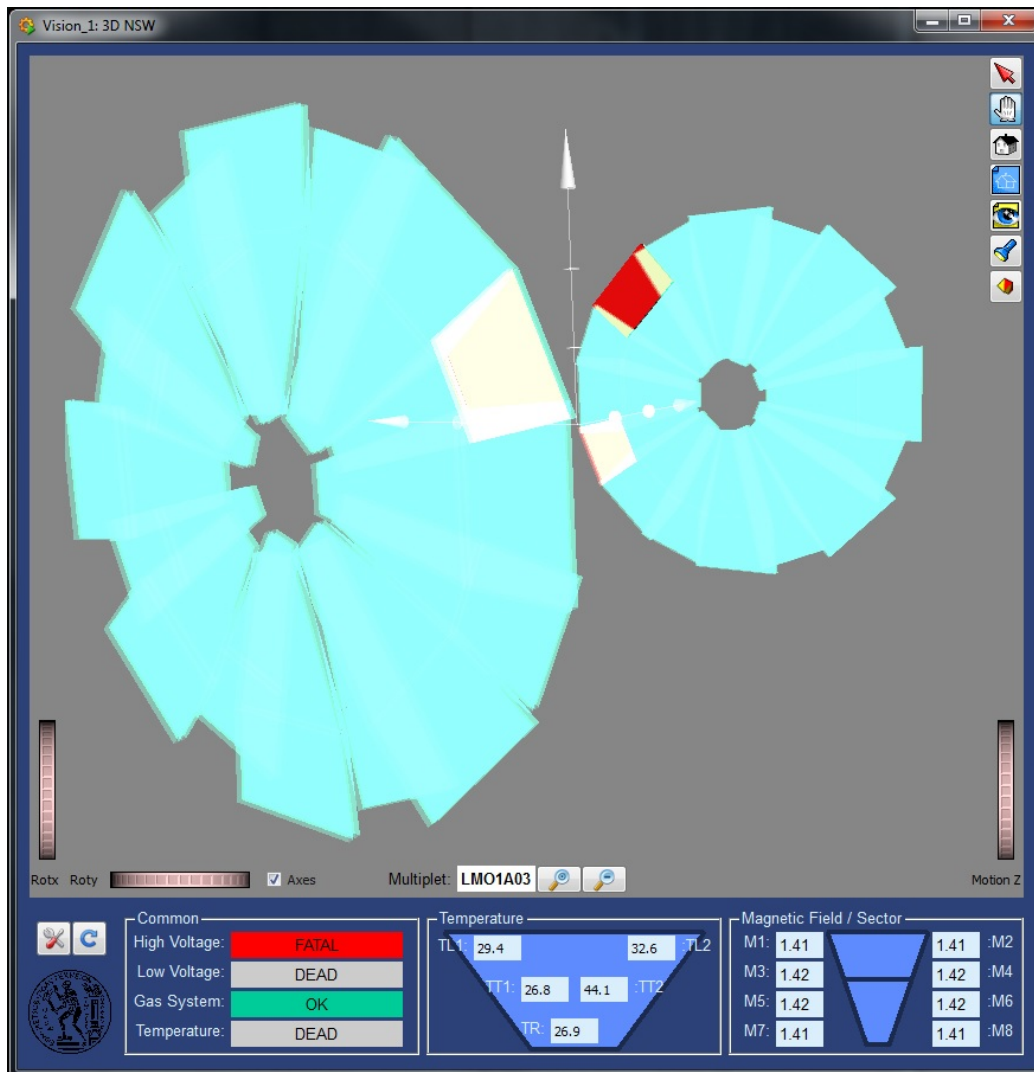
Οι παράμετροι και οι συμβάσεις ονομασιών που αντιστοιχούν στα πεδία είναι εκείνες που συναντώνται στην αντίστοιχη βιβλιογραφία που παρέχεται στο collaboration από το site παραμέτρων και συμβάσεων του New Small Wheel, για την διευκόλυνση του χρήστη.

Οι όποιες αλλαγές στα αντίστοιχα πεδία έχουν άμεση επίδραση στο σχήμα που βλέπει ο χρήστης, έτσι μπορεί να δει τις αλλαγές των διαστάσεων του και έτσι να έχει άμεση εποπτεία του τελικού αποτελέσματος. Τα πεδία δέχονται μόνο floats τιμές, έτσι εξαλείφεται η πιθανότητα ενός τέτοιου είδους ανθρώπινου λάθους, ενώ υπάρχει και η δυνατότητα δημιουργίας ενός μόνο διαστήματος αποδεκτών τιμών, ώστε να αποφευχθούν και τέτοιου είδους λογικά λάθη.

Επιπλέον, υπάρχει η δυνατότητα απεικόνισης των αξόνων του global συστήματος συντεταγμένων για να μπορεί ο χειριστής να επιβλέπει, πέρα από τις διαστάσεις και την χωρική τοποθέτηση των wedges. Τέλος, το κουμπί αποθήκευσης αναλαμβάνει να ενημερώσει τα αντίστοιχα datapoints και να αλλάξει τις τιμές στη βάση δεδομένων.

4.3 Το κύριο 3D panel επισκόπησης των MicroMeGaS

Το panel απεικονίζει την κατάσταση που βρίσκεται το NSW επισκοπικά. Τα «τούβλα» που οικοδομούν το συγκεκριμένο 3D DCS είναι τα multiplets. Έτσι η κατάσταση τους εμφανίζεται στην 3D σκηνή και ακολουθεί της χρωματικές συμβάσεις της FSM που έχει ορίσει η JCOP. Η κατάσταση των multiplets ακολουθεί την ίδια λογική με την FSM. Έτσι αυτή ορίζεται σαν το πατρικό node που έχει παιδιά της, τις καταστάσεις που αφορούν την τροφοδοσία υψηλής τάσης, την τροφοδοσία χαμηλής τάσης, την κατάσταση του συστήματος αερίων που αφορούν το συγκεκριμένο multiplet και του συστήματος θερμοκρασίας των αισθητήρων. Τέλος παρέχονται οι τιμές των αισθητήρων του μαγνητικού πεδίου (οι τιμές εδώ δίδονται ανά sector δηλαδή αφορά και τα τέσσερα multiplet που εντάσσονται στο εν λόγω wedge και τους χειριστήκαμε εκτός λογικής FSM και χρωματισμών, αλλά μόνο ως επιπλέον πληροφορία στη διευκόλυνση του monitoring).



Σχήμα 4.4: Το κύριο panel του τρισδιάστατου συστήματος ελέγχου των MicroMeGaS του NSW όπως θα φαίνεται στην FSM στο control room.

4.3.1 Προαπαιτούμενα λειτουργίας

Το πάνελ αυτό σχεδιάστηκε με την εσωτερική έκδοση του WinCC-OA 3.11 για το CERN (20131010). Απαραίτητη είναι η εγκατάσταση του JCOP framework και συγκεκριμένα του fw3DViewer component. Η έκδοση που χρησιμοποιήθηκε είναι η 5.0.1 του framework και η έκδοση του fw3DViewer που συμπεριλαμβάνεται σε αυτήν. Για να λειτουργήσει το panel χρειάζεται να υπάρχει η FSM των power supplies, των αερίων και των θερμοκρασιών. Τέλος,

θα πρέπει να υπάρχουν τα datapoints με τις τιμές των αισθητήρων για το μαγνητικό πεδίο και εκείνα των θερμοκρασιών στα αντίστοιχα panel που θα κατασκευαστούν.

Όσον αφορά τα datapoints του 3D panel, δεν είναι απαραίτητο να τα δημιουργήσει ο χρήστης. Αυτή η διαδικασία γίνεται αυτόματα. Το μόνο που προαπαιτείται είναι να υπάρχει ο datapoint type με την μορφή που δόθηκε στο υποκεφάλαιο 4.1.1. Τα elements του κάθε datapoint συμπληρώνονται αυτόματα με default τιμές (Ιούνιος 2014) αν δεν υπάρχουν στο σύστημα από προηγούμενη εγκατάσταση ή δεν τα έχει βάλει ο χρήστης μέσω του para ή δεν τα έχει κάνει import. Έπειτα μπορεί ο χρήστης να τις αλλάξει με το configuration tool.

4.3.2 Τα components που αποτελούν το panel

Τρισδιάστατη σκηνή Στην τρισδιάστατη σκηνή απεικονίζονται όλα τα multiplets με τα αντίστοιχα χρώματα αναλόγως με την κατάσταση λειτουργίας που βρίσκονται. Τα χρώματα είναι αυτά που έχουν οριστεί από τις συμβάσεις του JCOP. Το 3D viewer περιλαμβάνει μία συλλογή κουμπιών και τρεις ροδέλες για την πλοήγηση μέσα στον εικονικό αυτό χώρο. Το πρώτο κουμπί πάνω δεξιά χρησιμοποιείται για την επιλογή multiplet, ώστε να εμφανιστούν οι πληροφορίες του στα πλαίσια που βρίσκονται από κάτω. Το δεύτερο κουμπί είναι αυτό που μας μεταφέρει σε κατάσταση πλοήγησης. Τέλος, το τρίτο είναι για επιστροφή στην αρχική προβολή.

Κουμπί επιλογής εμφάνισης αξόνων Με αυτό το checkbox επιλέγεται αν θα φαίνονται οι άξονες του global συστήματος συντεταγμένων του ATLAS.

Πλαίσιο εμφάνισης επιλεγμένου multiplet Όταν ο χρήστης είναι σε κατάσταση επιλογής, αφού έχει πατήσει δηλαδή το δεύτερο κουμπί του 3D viewer, όπως ακριβώς περιγράφεται παραπάνω, τότε σε αυτό το πλαίσιο εμφανίζεται το όνομα του επιλεγμένου multiplet.

Κουμπί πλοήγησης και προβολής επιλεγμένου multiplet Το κουμπί αυτό είναι αρχικά απενεργοποιημένο. Ενεργοποιείται όταν επιλεγθεί κάποιο multiplet και εμφανισθεί το όνομα του στο προηγούμενο πλαίσιο. Τότε δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να πλοηγηθεί στο multiplet (seek to shape) και να εστιάσει η σκηνή σε αυτό κάνοντας διαφανή όλα τα υπόλοιπα multiplets.

Κουμπί αποεπιλογής multiplet και επαναφοράς Το κουμπί αυτό, όταν πατηθεί, προκαλεί στη σκηνή την απώλεια εστίασης στο multiplet που ήταν και την επιστροφή στη γενική επισκόπηση των endcaps του New Small Wheel καθώς και την επαναφορά της διαφάνειας όλων των υπόλοιπων multiplets.

Κουμπί του Configuration Tool Πατώντας αυτό το κουμπί ο χρήστης επιτρέπει το άνοιγμα του Configuration Tool του εργαλείου που έχει περιγραφεί η λειτουργία του προηγουμένως.

Κουμπί ανανέωσης Αυτό το κουμπί ανακατασκευάζει την 3D σκηνή. Διαγράφει όλα τα αντικείμενα και τα υπολογίζει από την αρχή. Η λειτουργία του αφορά κυρίως ενέργειες που αφορούν την αποσφαλμάτωση του panel.

Πλαίσιο παρακολούθησης συστήματος υψηλής τάσης Στο πλαίσιο αυτό εμφανίζεται η κατάσταση που βρίσκεται το σύστημα της υψηλής τάσης για το συγκεκριμένο multiplet, όπως αυτό την ορίζει στο αντίστοιχο panel του στην FSM.

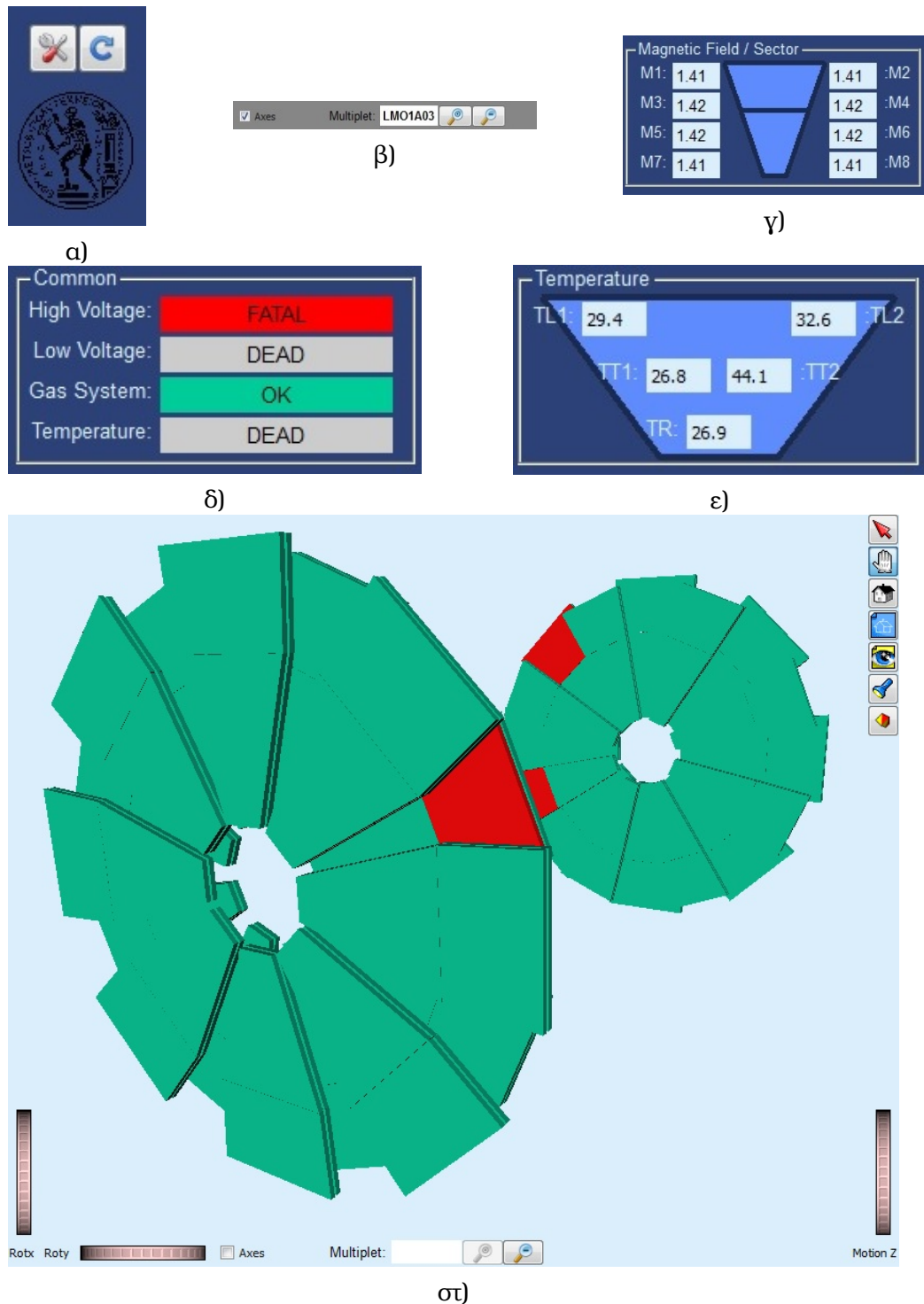
Πλαίσιο παρακολούθησης συστήματος χαμηλής τάσης Εδώ παρακολουθείτε το σύστημα παροχής χαμηλής τάσης ακριβώς όπως και το προαναφερθέν σύστημα υψηλής.

Πλαίσιο παρακολούθησης συστήματος αερίων Στο πλαίσιο αυτό εμφανίζεται η κατάσταση που βρίσκεται το σύστημα αερίων για το συγκεκριμένο multiplet, όπως αυτό την ορίζει στο αντίστοιχο panel του στην FSM.

Πλαίσιο παρακολούθησης συστήματος θερμοκρασίας Στο πλαίσιο αυτό εμφανίζεται η κατάσταση που βρίσκεται το σύστημα θερμοκρασίας για το συγκεκριμένο multiplet, όπως αυτό την ορίζει στο αντίστοιχο panel του στην FSM.

Πλαίσια παρακολούθησης αισθητήρων θερμοκρασιών Στα πλαίσια αυτά εμφανίζονται οι τιμές των πέντε αισθητήρων θερμοκρασίας, όπως λαμβάνονται από τα αντίστοιχα datapoints από το panel απεικόνισης θερμοκρασιών.

Πλαίσια παρακολούθησης αισθητήρων μαγνητικού πεδίου Στα πλαίσια αυτά εμφανίζονται οι τιμές των αισθητήρων μαγνητικού πεδίου, όπως λαμβάνονται από τα αντίστοιχα datapoints από το panel παρακολούθησης μαγνητικού πεδίου. Οι τιμές αυτές θα αφορούν τις ανά sector τιμές.



Σχήμα 4.5: Με τη σειρά φαίνονται α) Το κουμπί του configuration tool και το κουμπί ανανέωσης, β) το checkbox επιλογής αξόνων, το πλαίσιο επιλεγμένου multiplet και τα custom κουμπιά πλοήγησης, γ) το πλαίσιο παρακολούθησης του μαγνητικού πεδίου, δ) τα πιο συνήθη συστήματα επίβλεψης, ε) το πλαίσιο θερμοκρασιών και στ) η 3D σκηνή.

4.3.3 Περιγραφή βασικών στοιχείων του κώδικα

Για να πάρουν όμως ζωή τα widgets και τα components που χρησιμοποιήθηκαν στο panel, έχουν γραφεί αρκετές γραμμές κώδικα και κάποιες πολύ σημαντικές συναρτήσεις λειτουργίας, όλα κρυμμένα μέσα στο panel και πίσω από τα widgets.

panel:Initialize Κατά την αρχικοποίηση του panel εκτός από τις δηλώσεις των βασικών global μεταβλητών και τον ορισμό των global σταθερών, γίνεται και η ομαδοποίηση των αντικειμένων ανάλογα με το αν ανήκουν σε μια μεγάλη ή μια μικρή wedge, αν είναι στο εσωτερικό του ανιχνευτή ή το εξωτερικό κ.ο.κ. Μια ομαδοποίηση πολύ χρήσιμη στη συνέχεια κατά τη διάρκεια επεξεργασίας πολλών multiplets μαζί.

drawEndcaps() Η συνάρτηση drawEndcaps αναλαμβάνει να απεικονίσει τα multiplets στην τρισδιάστατη σκηνή. Παίρνει τα δεδομένα των συντεταγμένων και των διαστάσεων από τα datapoints και τροφοδοτεί με αυτά την συνάρτηση findPosition. Δέχεται ως επιστροφή ένα string το οποίο έπειτα χρησιμοποιεί στην εντολή σχεδιασμού των multiplets. Στο string αυτό περιλαμβάνονται εκτός από τις ακριβείς συντεταγμένες τοποθέτησης του multiplet και ο πίνακας στροφής (rotation matrix).

findPosition() Η συνάρτηση αυτή αναλαμβάνει την εύρεση της θέσης που πρέπει να μπει το κάθε multiplet και πόσο πρέπει να περιστραφεί γύρω από τους άξονες. Παίρνει σαν όρισμα τις τιμές που υπάρχουν στη βάση δεδομένων από την drawEndcaps και τις μεταφράζει σε ένα string κατανοητό από το 3D widget το οποίο και επιστρέφει στην συνάρτηση που το καλεί. Το πιο σημαντικό κομμάτι του υπολογισμού είναι ο πίνακας συνολικής περιστροφής όπως προκύπτει από τους υποπίνακες περιστροφής αξόνων.

multiply() Η συνάρτηση αυτή δέχεται σαν ορίσματα δύο πίνακες 3×3 και τους πολλαπλασιάζει. Επιστρέφει έναν πίνακα 3×3 με το αποτέλεσμα. Χρησιμοποιείται από την συνάρτηση findPosition για να βρεθεί ο rotation πίνακας.

Rx(), Ry(), Rz() Οι συναρτήσεις αυτές υπολογίζουν τους ομώνυμους πίνακες στροφής. Δηλαδή γύρω από τον άξονα x, έπειτα γύρω από τον άξονα y και τέλος γύρω από τον z.

clearScene() Δεδομένου ότι πολλά εργαλεία είναι στη διαδικασία εξέλιξης ώστε να βρίσκονται πάντα στην αιχμή της τεχνολογίας, τα bugs δεν είναι

σπάνιο φαινόμενο. Ένα τέτοιο καλείται να αντιμετωπίσει η συγκεκριμένη συνάρτηση αφού η αντίστοιχη εντολή δεν διέγραφε τα αντικείμενα ούτε ανανέωνε τη σκηνή. Ο ρόλος της, λοιπόν, είναι να διαγράφει όλα τα αντικείμενα από την τρισδιάστατη σκηνή αλλά και από το δένδρο αποθήκευσης αντικειμένων του 3D viewer και να ανανεώνει τη σκηνή.

fw3DViewer_Scene1:Initialize Γίνονται κάποιες βασικές ρυθμίσεις γραφικών για να έχει η τρισδιάστατη σκηνή μία όμορφη και κατανοητή εμφάνιση.

fw3DViewer_Scene1:shapeClicked Αναλαμβάνει να εμφανίσει το όνομα του multiplet που επιλέχθηκε καθώς και να επιτρέψει τη διαδικασία τρισδιάστατης πλοήγησης (seek to shape).

ConfigurationButton:KeyboardFocusIn Μετά την επιστροφή από τη ρύθμιση με το Configuration Tool μια σειρά γεγονότων πρέπει να συμβεί για να απεικονιστούν οι αλλαγές. Μια μπάρα εμφανίζεται καθ' όλη τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας ενημερώνοντας το χρήστη αφού αυτή παίρνει κάποιο χρόνο για να ολοκληρωθεί. Καλούνται οι συναρτήσεις καθαρισμού της σκηνής και ανακατασκευής με τα νέα δεδομένα, ενώ η μπάρα εξαφανίζεται καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας.

ConfigurationButton:Clicked Εμφανίζει την μπάρα που χρησιμοποιεί η προηγούμενη συνάρτηση και την εξαφανίζει στο τέλος της διαδικασίας. Αποεπιλέγει το multiplet που είναι επιλεγμένο και σβήνει το όνομά του από το αντίστοιχο πλαίσιο. Επαναφέρει τους χρωματισμούς της σκηνής και την διαφάνεια των αντικειμένων. Διαγράφει όλα τα αντικείμενα από τη σκηνή και τα ζωγραφίζει ξανά καλώντας την συνάρτηση drawEndCaps.

RefreshButton:Clicked Δίνει την εντολή για να ανοίξει το Configuration Tool.

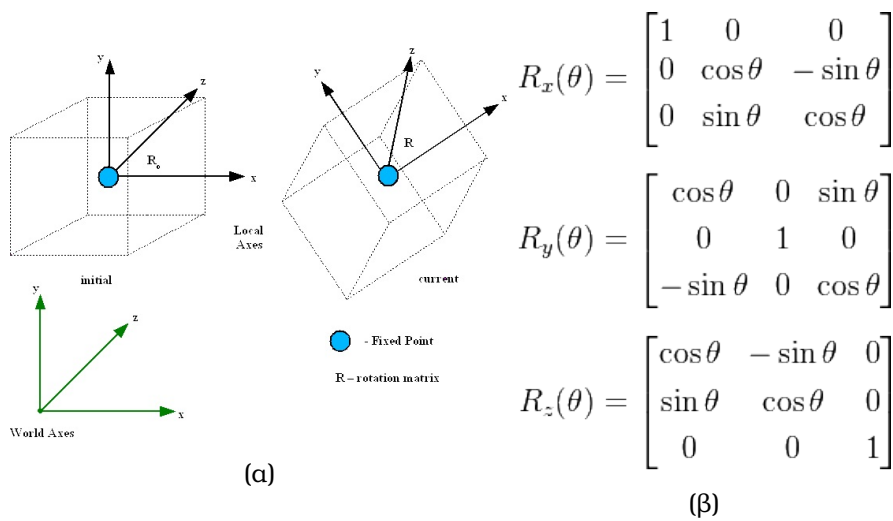
CHECK_BOX1:Clicked Προσθέτει τους άξονες στην τρισδιάστατη σκηνή.

labels:Clicked Όλα τα labels που αφορούν τα συστήματα παρακολούθησης είναι clickable. Όταν ο χρήστης επιλέξει κάποιο από αυτά και εφόσον χρησιμοποιεί το panel μέσα στην FSM του ATLAS, θα μεταφερθεί στο αντίστοιχο node επίβλεψης του συγκεκριμένου συστήματος και θα ανοίξει το αντίστοιχο panel.

checkbox_axis:clicked καλείται η αντίστοιχη συνάρτηση (drawAxes) του 3D viewer που εμφανίζει τους άξονες ή σε περίπτωση αποεπιλογής καλείται η deleteShape που τους διαγράφει.

SeekButton:Clicked Καλεί την συνάρτηση seek to shape του 3D viewer για να εστιάσει στο επιλεγμένο multiplet. Ρυθμίζει με τις αντίστοιχες συναρτήσεις του widget την διαφάνεια των υπόλοιπων multiplets. Αλλάζει τους χρωματισμούς των φόντων τόσο της σκηνής όσο και του widget αυτού καθαυτού για να βελτιώσει την αίσθηση εστίασης στο συγκεκριμένο multiplet.

HomeButton:Clicked Επαναφέρει τους χρωματισμούς των φόντων και τις διαφάνειες στο κανονικό για όλα τα multiplet. Σβήνει το όνομα του multiplet από το πλαίσιο επιλογής και επαναφέρει την κάμερα στην αρχική της θέση.



Σχήμα 4.6: α) Απεικονίζεται η περιστροφή του συστήματος συντεταγμένων και η επίπτωση της στροφής αυτής στο αντικείμενο μας, β) κι εδώ αναπαρίστανται οι τρεις πίνακες στροφής όπως υπολογίσθηκαν στον κώδικα της συνάρτησης findPosition().

Κεφάλαιο 5

Ενσωμάτωση στο υπάρχον DCS και επέκταση στους sTGC

Σε αυτό το κεφάλαιο θα προσπαθήσουμε να δείξουμε πως ακριβώς θα χρησιμοποιηθεί το project αυτό και πώς θα ενταχθεί στο σύστημα αυτόματου ελέγχου του ATLAS όταν το New Small Wheel θα έχει εγκατασταθεί πλήρως. Δεδομένου ότι στη φάση που είμαστε πολλές παράμετροι των ανιχνευτών MicroMeGaS και sTGC είναι ακόμα υπό προσδιορισμό, το panel ακολουθεί μια φιλοσοφία τέτοια, ώστε να επιτρέπει στον χρήστη την παραμετροποίηση πολλών στοιχείων των ανιχνευτών.

Εκτός από τις διαστάσεις και τις συντεταγμένες, που διαχειριζόμαστε με ελαστικότητα όπως δείχθηκε με το Configuration Tool, στοιχεία όπως οι διασυνδέσεις των καναλιών υψηλής τάσης, η παροχή των ηλεκτρονικών, το σύστημα διανομής των αερίων, το layout των αισθητήρων θερμοκρασίας ανά multiplet κ.ά. προσδιορίζονται ενδεικτικά, σύμφωνα με τα τελευταία διαθέσιμα στοιχεία, αλλά δίδεται και στον χρήστη η δυνατότητα και η μεθοδολογία για να τα παραμετροποιήσει, όταν οι τελικές προδιαγραφές γίνουν διαθέσιμες.

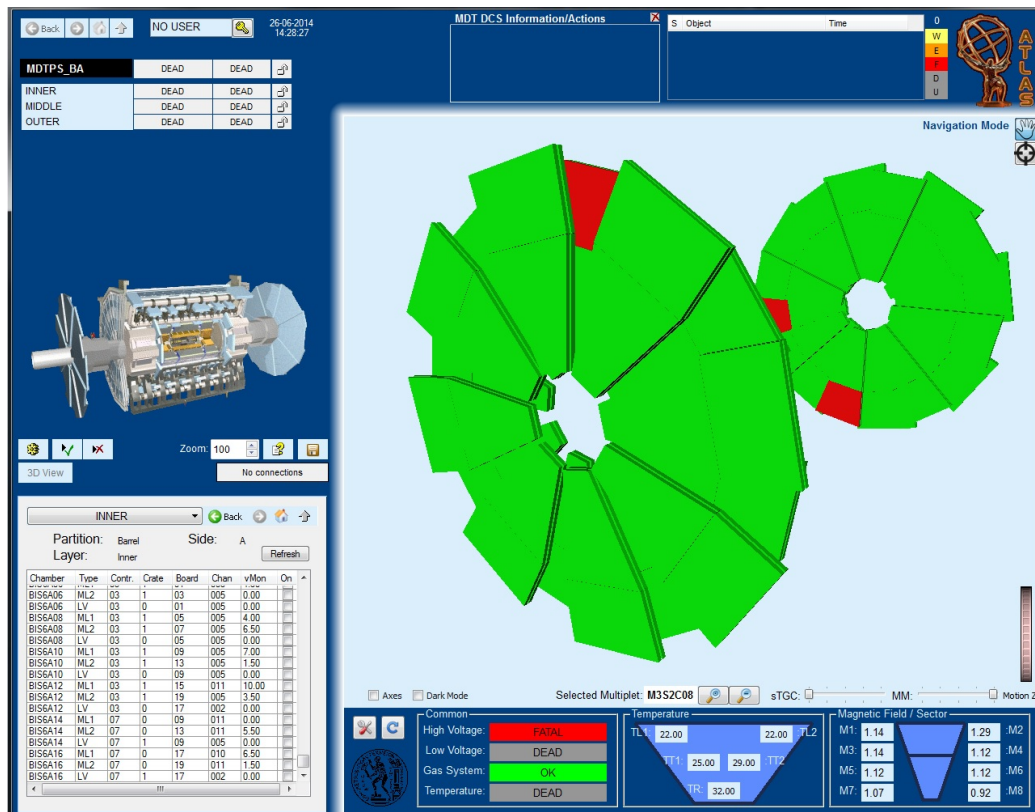
Στο πρώτο μέρος του κεφαλαίου αυτού θα εγκαταστήσουμε το panel μας στο DCS του ATLAS όπως αυτό είναι τώρα, δηλαδή με τους θαλάμους MDT στο υπάρχον Small Wheel. Θα δειχθεί πώς συνδέουμε τα εικονικά multiplet του τρισδιάστατου widget με το σύστημα παρακολούθησης παροχής ισχύος και με όλα τα υπόλοιπα συστήματα ώστε αυτά να αντικατοπτρίζουν την σε πραγματικό χρόνο κατάσταση του multiplet.

Στο δεύτερο μέρος θα προσθέσουμε στο project τους θαλάμους των sTGC για παρακολούθηση και επίβλεψη, δίνοντας στον χρήστη την καθοδήγηση για το πώς μπορεί να επεκτείνει το project για οποιονδήποτε subdetector και έτσι δυναμικά να αναπαραστήσει στο panel όλα τα υποσυστήματα του ATLAS.

5.1 Διαδικασία ενσωμάτωσης

Πολλές αλλαγές στο αρχικό panel έγιναν κατά τη διάρκεια της προσπάθειας να ενταχθεί αυτό στο project ATLMMDTPS2 το οποίο χρησιμοποιήθηκε για σκοπούς επίδειξης εγκατάστασης. Το ATLMMDTPS2 δεν περιέχει κανένα panel στην δομή του παρά μόνο τα φορτώνει δυναμικά από έναν φάκελο απόθεσης, για λόγους ασφαλείας, όταν χρειάζεται να τα τρέξει. Η δυνατότητα που είχαμε με την φόρτωση του εν λόγω project τοπικά, μας επέτρεψε να ενσωματώσουμε το κύριο panel του τρισδιάστατου project μας.

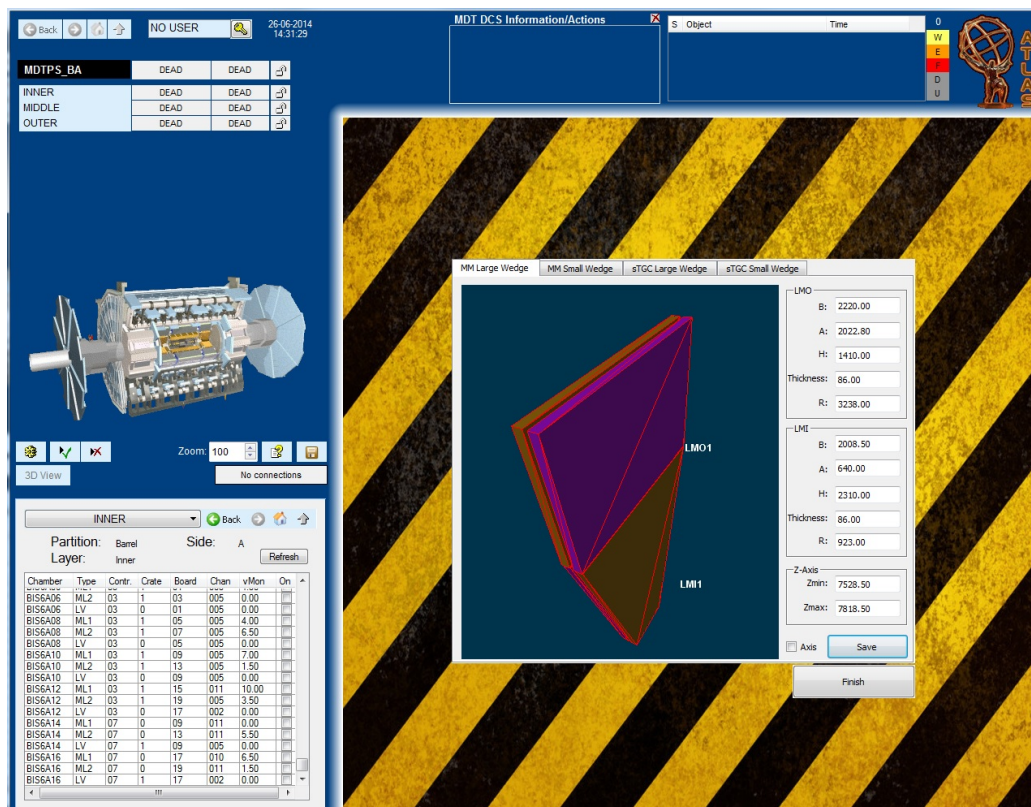
Η πρώτη εμφανής αλλαγή, ήταν στα χρώματα, αφού οι καθιερωμένες χρωματικές ειδοποιήσεις του ATLAS είναι αρκετά διαφορετικές από αυτές του JCOP.



Σχήμα 5.1: Το project μας, ATLN3D ενσωματωμένο στην FSM του ATLAS.

Ακολούθως, το πρώτο πρόβλημα που έπρεπε να λυθεί, ήταν η προσθήκη του configuration tool στην FSM όχι ως ξεχωριστό pop-up παράθυρο, όπως ήταν αυτό αρχικά σχεδιασμένο, αλλά εντός αυτής. Αυτή η επιλογή επιτασσόταν από τις συμβάσεις που διαφάνηκαν. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε η

εντολή του WinCC-OA, addSymbol που προσθέτει δυναμικά ένα referenced panel μέσα σε ένα άλλο κατά την διάρκεια του runtime. Δεδομένων των διαστάσεων του παραθύρου του configuration panel (αρκετά πιο μεγάλο από τις διαστάσεις ενός secondary panel), προτιμήθηκε να ανοίγει εντός του primary panel και να γεμίζονται τα περιθώρια με texture τύπου "under construction" όπως φαίνονται στο σχήμα 5.2. Τέλος προστέθηκε ένα κουμπί ώστε ο χρήστης να μπορεί να κλείνει το configuration tool και να επιστρέφει στο main panel μετά την επεξεργασία των διαστάσεων των multiplot.



Σχήμα 5.2: Απεικονίζεται το configuration tool ενσωματωμένο στην FSM καθώς και το νέο referenced panel κουμπί Finish, που παίζει τον ρόλο του κλεισίματος και επιστροφής στο main panel.

5.1.1 Απαιτούμενες δομές

Όπως έχει αναφερθεί και στο προηγούμενο κεφάλαιο, είναι απαραίτητο για να λειτουργήσει το panel μας να έχει πρόσβαση σε μία FSM, πιο συγκεκριμένα πρέπει να είναι διαθέσιμα :

- Ένας κόμβος FSM ανά multiplet για το σύστημα παροχής ρεύματος υψηλής τάσης.
- Ένας κόμβος FSM ανά multiplet για την παροχή χαμηλής τάσης.
- Ένας κόμβος FSM ανά multiplet για το σύστημα παρακολούθησης θερμοκρασιών.
- Ένας κόμβος FSM ανά sector για την επίβλεψη του συστήματος παροχής αερίων.
- Επιπλέον, θα πρέπει να υπάρχουν διαθέσιμα τα πέντε datapoint elements ανά multiplet, των αισθητήρων θερμοκρασίας, όπως αυτά έχουν προταθεί για τους MicroMeGaS για την απεικόνιση της τιμής τους στο frame παρακολούθησης θερμοκρασιών του panel.
- Τέλος τα datapoint elements των αισθητήρων χαρτογράφησης του μαγνητικού πεδίου.

5.1.2 Διασυνδέσεις με Datapoint Elements

Τα datapoints των MicroMeGaS περιλαμβάνουν, εκτός από το φάκελο info με τις συντεταγμένες και τις διαστάσεις, τέσσερις φακέλους ακόμα. Ένα για τη δημιουργία datapoint elements που αφορούν την παροχή ισχύος, ένα για τις σχετικές με τις θερμοκρασίες πληροφορίες, ένα για το σύστημα των αερίων και ένα για λοιπές πληροφορίες και παραμέτρους.

Επίσης, για τις ανάγκες της διασύνδεσης με τα datapoint elements, φτιάχτηκε μια συνάρτηση αυτόματης δημιουργίας του MicroMeGaS Datapoint Type, την `createMMMultiplerDPT()`. Αυτό έγινε για τη μεταφερσιμότητα του panel. Όταν για παράδειγμα ο χρήστης ορίσει ότι κάθε multiplet τροφοδοτείται από 4 κανάλια υψηλής τάσης δεν μας αρκεί να το δηλώσουμε αλλάζοντας το `dpt` από τον `PARA`, προσθέτοντας τα κανάλια αυτά ως `dpe` στον αντίστοιχο φάκελο του datapoint, διότι αυτό θα έχει επίπτωση μόνο στον υπολογιστή στον οποίο έγινε η επεξεργασία αυτή. Η αλλαγή πρέπει να γίνει πάνω στην

ίδια τη συνάρτηση ώστε αυτή η ιδιότητα των MM multiplets να μεταφέρεται όταν το project εγκατασταθεί σε ένα νέο υπολογιστή.

Πληροφοριακού χαρακτήρα σχόλια υπάρχουν στον κώδικα που υποδεικνύουν στο χρήστη πως μπορεί να προσθέτει datapoint elements για κάθε κατηγορία παρακολούθησης. Επίσης εκεί φαίνεται η δήλωση των default datapoints. Στο παράρτημα Δ υπάρχει ο κώδικας για αυτήν τη συνάρτηση όπως και όλος ο κώδικας της διαδικασίας ένταξης και επέκτασης.

Κατά το κομμάτι της διασύνδεσης επιλέχθηκε, η δημιουργία dp_fct config, δηλαδή όλα τα κατασκευασμένα datapoint elements, όπως αυτά δημιουργήθηκαν με τη διαδικασία της προηγούμενης παραγράφου και ανήκουν στο datapoint type μας (ATL_MMGQuadruplet3D), παίρνουν τις τιμές τους απευθείας από τα υπάρχοντα datapoints παρακολούθησης των FSMs των αντίστοιχων συστημάτων (πχ. το status του gas system). Έτσι, μπορούμε να παίρνουμε είτε την κατάσταση ενός συστήματος για κάθε multiplet, είτε κάποια συγκεκριμένη τιμή, όπως την τιμή ενός αισθητήρα θερμοκρασίας.

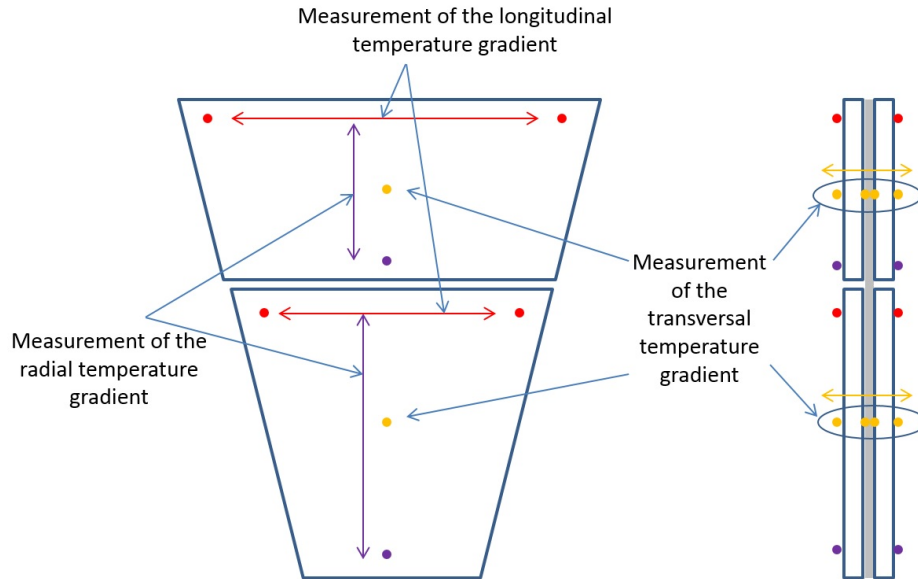
Στο συγκεκριμένο παράδειγμα που υλοποιήσαμε (κώδικας Παράρτημα Δ, για τα TL1extfield, TL2, TT1, TT2 και TR), οι τιμές των αισθητήρων θερμοκρασίας ενημερώνονται ενδεικτικά από τα datapoints με τα οποία θα τα συνδέσουμε μέσω του function config, πχ των ήδη υπάρχοντων αισθητήρων στα board της CAEN.

Τέλος, δεδομένης της έλλειψης FSM, όλα τα dpConnects έγιναν με δημιουργημένα datapoint elements για κάθε quadruplet ανά κάθε σύστημα και ανά κάθε τιμή αισθητήρα. Η στρατηγική που ακολουθήθηκε φαίνεται στον κώδικα στο Παράρτημα Δ. Η συνολική κατάσταση του κάθε quadruplet καθορίζεται από την κατάσταση του συστήματος με το χαμηλότερο status. Τα πιθανά status είναι OK, WARNING, ERROR και FATAL, κατά σειρά σοβαρότητας, όπως είναι δοσμένα από το JCOP framework guidelines με τους αντίστοιχους χρωματισμούς.

5.1.3 Παράδειγμα ενεργοποίησης της λειτουργίας πλοήγησης στην FSM

Ένα σημαντικό κομμάτι της ενσωμάτωσης στο υπάρχον DCS και μια λογική απαίτηση ενός panel γενικής παρακολούθησης, όπως είναι αυτό που φτιάξαμε, είναι να έχει τη δυνατότητα, αφού εντοπιστεί κάποιο προβληματικό multiplet να παρέχει στον χρήστη την οδό για την άμεση αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού ή για τη συλλογή αναλυτικότερων πληροφοριών.

Έτσι όταν για παράδειγμα ο χρήστης εντοπίσει κάποιο faulty multiplet, επιλέγοντάς το, λαμβάνει σε πρώτη φάση γενικές λεπτομέρειες για την φύση



Σχήμα 5.3: Προτεινόμενο σχέδιο σε σχήμα-T της θέσης των αισθητήρων θερμοκρασίας για τους ανιχνευτές MicroMeGaS. Με κόκκινο χρώμα φαίνονται οι αισθητήρες TL1 και TL2, με κίτρινο οι TR1 και TR2 και με μωβ χρώμα ο αισθητήρας TR.

του προβλήματος, δηλαδή σε ποιο σύστημα αντιμετωπίζει πρόβλημα, και εν συνεχεία μπορεί με ένα απλό κλικ στο όνομα του συστήματος αυτού να βρεθεί στο εξειδικευμένο panel που του επιτρέπει να δει αναλυτικά όλες τις λεπτομερείς πληροφορίες και που του παρέχει όλα τα υπάρχοντα μέσα για να το αντιμετωπίσει.

Για την επίτευξη αυτής της δυνατότητας χρησιμοποιήσαμε την εντολή `fwFsmAtlas_navigate(domain, chamber)` που παρέχεται από το component του ATLAS, `fwFsmAtlas`, που δέχεται σαν ορίσματα δύο παραμέτρους. Η πρώτη αφορά το `domain` στο οποίο ανήκει το `multiplet` που είναι επιλεγμένο εκείνη τη στιγμή και η δεύτερη είναι το όνομα του επιλεγμένου `multiplet`. Στον κώδικα περιλαμβάνονται ως σχόλια δυο πιθανές εντολές σύνδεσης με την FSM των ανιχνευτών MicroMeGaS όταν αυτή θα έχει καθοριστεί.

5.2 Προσθήκη των sTGC

Όπως με τους ανιχνευτές MicroMeGaS οι συντεταγμένες και οι διαστάσεις των τελικών `quadruplet` δεν είναι ακόμα πλήρως καθορισμένες. Έτσι

χρησιμοποιήθηκαν για τα quadruplets των sTGC οι πιο σύγχρονες τιμές που ανασύρθηκαν από το twiki, από τη σελίδα με το βιβλίο παραμέτρων και συμβάσεων.

Το πρόβλημα με την ονοματολογία των quadruplets των sTGC είναι ότι ακόμα και αυτή είναι ρευστή. Παρόλα αυτά υπάρχει επίσημη ονομασία και αυτή χρησιμοποιήθηκε, κατά το δυνατόν, τόσο στα ονόματα των datapoints όσο και στα frames του configuration tool τους. Το όνομα είναι μοναδικό και προσδιορίζει πλήρως τη θέση του quadruplet στο χώρο του ανιχνευτή. Το όνομα τους αποτελείται από πέντε πεδία όπως και στους MicroMeGaS. Η παρακάτω σύμβαση ισχύει για τα ονόματα των sTGC:

Πεδίο 1: Το πρώτο πεδίο συμπληρώνεται αναλόγως με το μέγεθος του wedge που ανήκει το quadruplet δηλαδή μπορεί να είναι είτε QL αν αναφερόμαστε σε ένα μεγάλο wedge quadruplet, είτε QS αν αναφερόμαστε σε ένα μικρό wedge quadruplet.

Πεδίο 2: Το δεύτερο πεδίο συμπληρώνεται αναλόγως με το αν το quadruplet βρίσκεται μακρύτερα από τον άξονα της δέσμης οπότε και παίρνει την τιμή 3, εάν είναι στη μέση του wedge οπότε παίρνει την τιμή 2 ή αν είναι κοντύτερα στον άξονα της δέσμης οπότε παίρνει την τιμή 1.

Πεδίο 3: Το τρίτο πεδίο συμπληρώνεται αναλόγως με το αν το quadruplet βρίσκεται στην πλευρά του σημείου αλληλεπίδρασης (Interaction Point) όπου λαμβάνει την τιμή 1 (Confirm Wedge), ή αν βρίσκεται από την άλλη πλευρά του wheel οπότε και λαμβάνει την τιμή 2 (Pivot Wedge). (Εδώ για λόγους ομοιομορφίας με τους MM ανιχνευτές επιλέξαμε το πεδίο να συμπληρώνεται κατ' αυτόν τον τρόπο και όχι με ένα P ή ένα C όπως επίσημα χρησιμοποιούνται από τους κατασκευαστές των sTGC.)

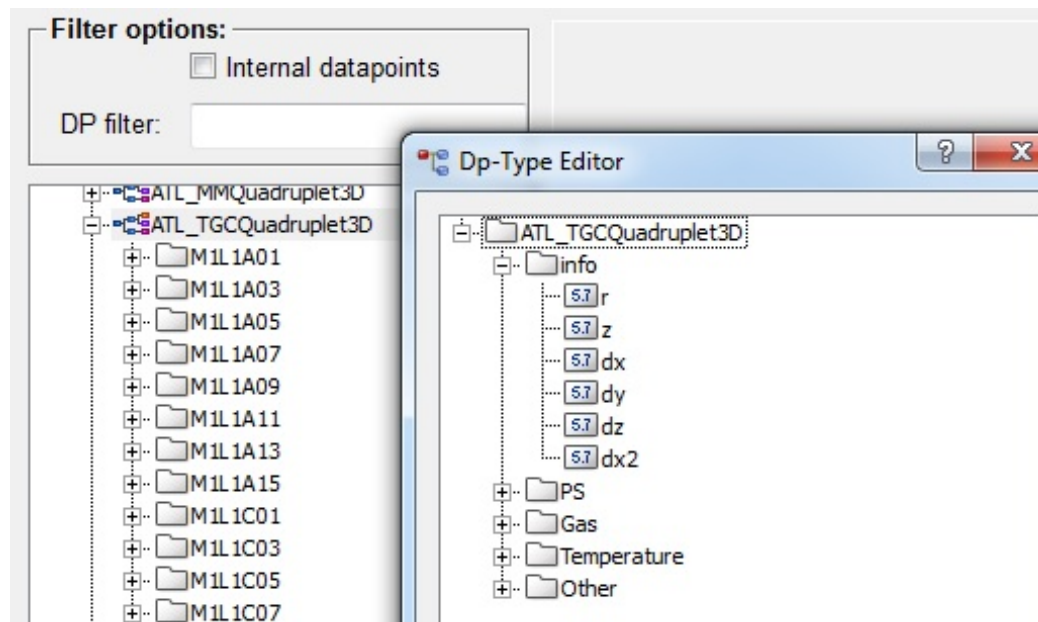
Πεδίο 4: Το τέταρτο πεδίο συμπληρώνεται από το γράμμα που αντιστοιχεί στο endcap στο οποίο βρίσκεται το quadruplet δηλαδή είτε στην πλευρά A είτε στην C.

Πεδίο 5: Τέλος το τελευταίο πεδίο συμπληρώνεται με τον διψήφιο αριθμό που αντιστοιχεί στο wedge που ανήκει το quadruplet, δηλαδή 01-16, και αφορά την γωνία ϕ που σχηματίζει ο άξονας y του global συστήματος συντεταγμένων με τον άξονα z του τοπικού συστήματος συντεταγμένων του συγκεκριμένου quadruplet.

5.2.1 Δομή του sTGC Datapoint Type

Το datapoint type με όνομα ATL_TGCQuadruplet3D που χρησιμοποιή-

θηκε, είναι παρόμοιο με αυτό των MicroMeGaS. Εμπεριέχει στη δομή του φακέλους dres εκτός από αυτό για τις συντεταγμένες του, και εκείνους που αφορούν τις κατηγορίες πληροφοριών για τα υπόλοιπα συστήματα, με την ευχέρεια που παρέχει το σύστημα δημιουργίας datapoint elements ανάλογα με τις ανάγκες των ανιχνευτών της συγκεκριμένης τεχνολογίας, όπως περιγράφηκε και πριν. Επιπλέον από την αντίστοιχη συνάρτηση που φτιάξαμε για τους MicroMeGaS, η συνάρτηση αυτή διαχειρίζεται και πιθανές ειδοποιήσεις για να ενημερώσει τον χρήστη για την πορεία δημιουργίας του DPT π.χ. για το αν υπήρχε ήδη, οπότε και δεν το δημιούργησε ξανά. Στο σχήμα που ακολουθεί φαίνεται η δομή του.



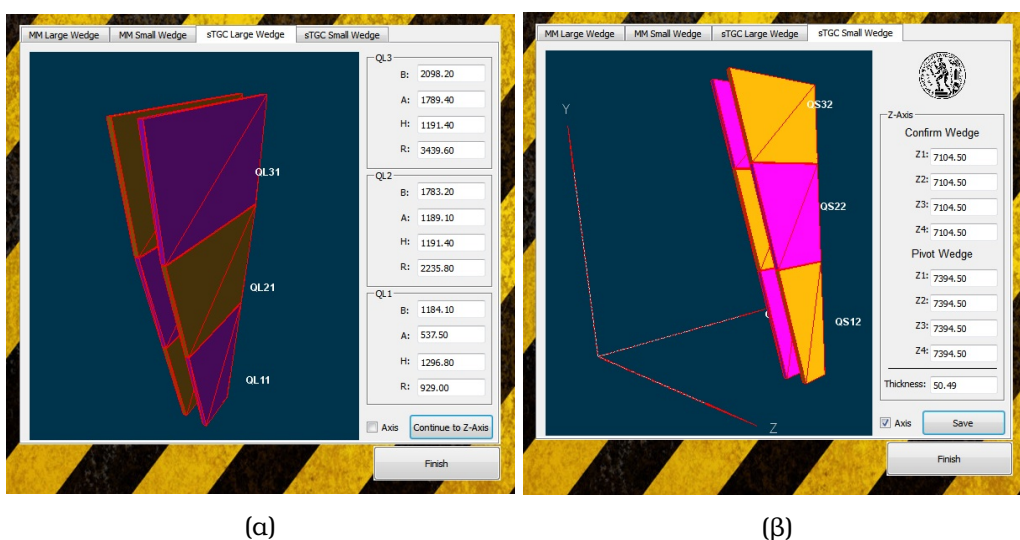
Σχήμα 5.4: Η δομή του Datapoint Type των sTGC και τα datapoints τους στον PARA.

5.2.2 Το νέο Configuration Tool

Παρόμοια διαδικασία με αυτήν για τους MicroMeGaS, με τη δημιουργία δύο panels, ένα για το μεγάλο wedge και ένα για το μικρό, ακολουθήσαμε κι εδώ. Τα δύο panels προστίθενται ως δύο νέα tabs στο εργαλείο παραμετροποίησης. Οι διαστάσεις του panel ήταν συγκεκριμένες, όπως είχαν διαμορφωθεί κατά τον σχεδιασμό για τους MM, οπότε, δεδομένου των επιπλέον quadruplets που έχουν οι sTGC, έπρεπε είτε να ανασχεδιαστεί ολόκληρο το

εργαλείο για να τους χωράει, είτε στον ελάχιστο χώρο που διατίθεται για τα input textfields, να εισάγουμε τις υπόλοιπες διαστάσεις.

Επιλέξαμε να κάνουμε το δεύτερο χρησιμοποιώντας τη δυνατότητα που μας δίνει το WinCC-OA να έχουμε επίπεδα στο panel μας. Έτσι, αρχικά στο πρώτο επίπεδο βάλουμε τα πεδία κειμένου εισόδου που αφορούν τις διαστάσεις και τη θέση των quadruplets πλην αυτών που αφορούν στον άξονα z οι οποίοι αφέθηκαν στο δεύτερο επίπεδο. Κατά τη διάρκεια όμως της εισαγωγής στην FSM δημιουργήθηκε ασυμβατότητα με τη χρήση των εντολών που αφορούσαν αυτά τα επίπεδα. Για να λύσουμε αυτό το πρόβλημα, δημιουργήσαμε τις custom συναρτήσεις που υλοποιούσαν τις αντίστοιχες LayerOff() και LayerOn() του WinCC-OA.



(α)

(β)

Σχήμα 5.5: α) Στη 3D σκηνή του νέου Configuration Tool απεικονίζονται τα τρία quadruplets μίας μεγάλης sTGC wedge με τις διαστάσεις τους στα πεδία τιμών, β) Αντίστοιχα τα τρία quadruplets μίας μικρής sTGC wedge στο global σύστημα συντεταγμένων του ATLAS.

Τα panels περιλαμβάνουν την τρισδιάστατη σκηνή απεικόνισης όπου φαίνονται τα 6 quadruplets που αποτελούν το wedge. Έχουν προστεθεί δύο tabs στο νέο configuration tool, ένα που αφορά τα sTGC quadruplets του μεγάλου wedge και ένα για την αυτών που ανήκουν στο μικρό. Σε κάθε panel υπάρχουν τρία frames στο πρώτο επίπεδο και ένα στο δεύτερο. Όσον αφορά το πρώτο επίπεδο, το frame που βρίσκεται πάνω και δεξιά αφορά στις διαστάσεις και τη θέση στο χώρο των outer quadruplets (ως προς τον άξονα r), το μεσαίο frame αφορά τα μεσαία quadruplets και το κάτω frame στις διαστάσεις του κοντινότερου στον άξονα της δέσμης quadruplet. Στο δεύτερο

επίπεδο, το frame αυτό αφορά στις διαστάσεις των wedges στον άξονα z. Τα πρώτα οχτώ πεδία, αφορούν στις θέσεις των ανιχνευτικών επιπέδων planes, ενώ το τελευταίο αφορά στο πάχος του quadruplet.

Τα πεδία δέχονται μόνο float τιμές και γενικά ισχύουν όλοι εκείνοι οι κανόνες περιορισμού και καταστολής λαθών όπως και για το εργαλείο που κατασκευάστηκε για τους MicroMeGaS. Επίσης, υπάρχει το γνωστό checkbox επιλογής προβολής των αξόνων και στη θέση του κουμπιού save υπάρχει το κουμπί "Continue to Z-Axis" για την εναλλαγή των δύο επιπέδων και την εισαγωγή των δεδομένων που αφορούν στο z άξονα. Το κουμπί αποθήκευσης εμφανίζεται μόνο στο δεύτερο επίπεδο, αφού ο χρήστης έχει προσαρμόσει και αυτές τις συντεταγμένες.

5.2.3 Προσθήκες στο κύριο 3D panel

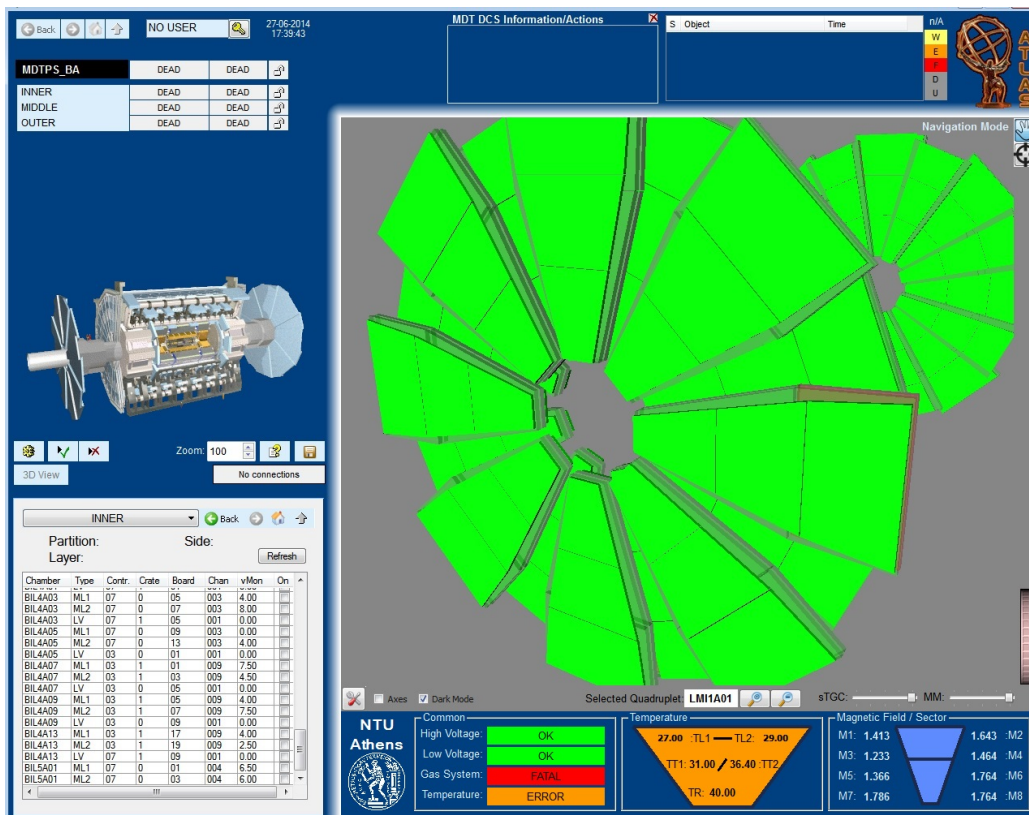
Για την αναπαράσταση των sTGC, δεδομένης της ύπαρξης των απαραίτητων datapoints, χρειάστηκε μία συνάρτηση όπως η drawEndcaps(), αυτή τη φορά που θα δέχεται σαν ορίσματα τις συντεταγμένες των sTGC. Επίσης, πολλές μετονομασίες έγιναν σε όλες τις μεταβλητές ώστε να προσδιορίζεται αν αφορούν τους sTGC ή τους MM.

Η συνάρτηση που δημιουργήθηκε, η drawTGCEndcaps(), χρησιμοποιεί τις υπάρχουσες συναρτήσεις, findPosition(), multiply(), Rx(), Ry(), R(), όπως και η αντίστοιχη για τους MM, για τον υπολογισμό του rotation matrix του κάθε quadruplet. Τα ακόλουθα components προστέθηκαν πλέον στο panel:

Transparency Sliders Δύο κυλιόμενες μπάρες που ρυθμίζουν τη διαφάνεια είτε των sTGC, είτε των MicroMeGaS προστέθηκαν στην κάτω δεξιά μεριά της 3D σκηνής. Επιπλέον, πατώντας ο χρήστης πάνω στην ονομασία της κάθε τεχνολογίας, ενεργοποιεί μία συνάρτηση που αναλαμβάνει να του δείξει στην τρισδιάστατη σκηνή, ποια είναι τα quadruplets αυτής της τεχνολογίας, αλλάζοντας για μικρό χρόνο τα χρώματά τους.

Dark Mode Ένα checkbox προστέθηκε κάτω αριστερά, δίπλα από το checkbox των αξόνων. Επιλέγοντας αυτή τη λειτουργία ο χρήστης, δημιουργεί ένα σκοτεινό φόντο στην τρισδιάστατη σκηνή, κάνοντας μεγαλύτερες τις αντιθέσεις με τα quadruplets. Αυτή η λειτουργία επιβλήθηκε, αφού μπήκαν τα sliders με τη ρύθμιση διαφάνειας για να βοηθήσει στην απόδοση του effect.

Κουμπιά Navigation και Picking mode Αφαιρέθηκαν τα default κουμπιά του fw3Dviewer, για λόγους που θα αναλυθούν παρακάτω και προστέθηκαν αυτά τα κουμπιά. Εκτός από τις προφανείς λειτουργίες, όπως

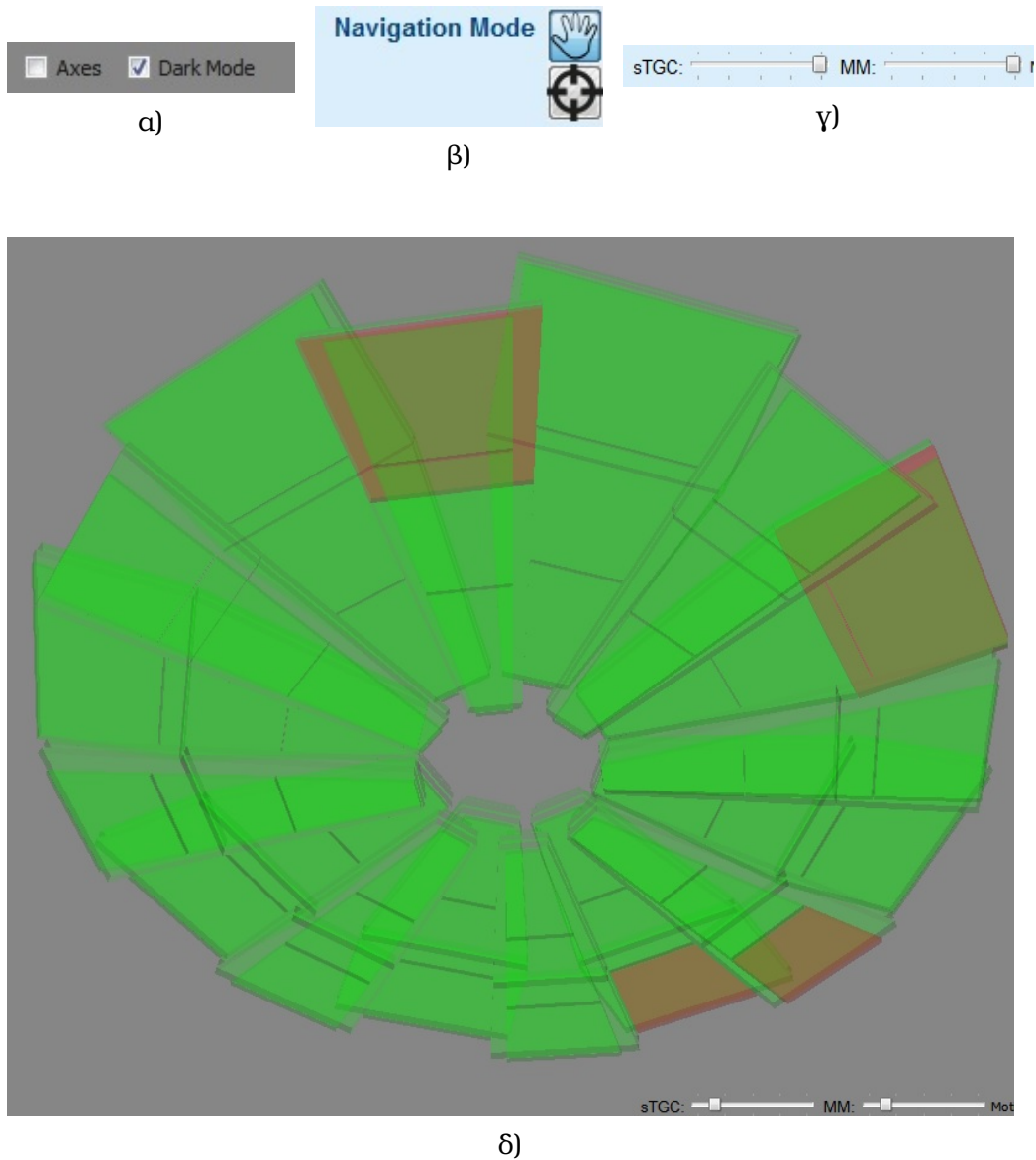


Σχήμα 5.6: Το κύριο panel του τρισδιάστατου συστήματος ελέγχου, πλέον απεικονίζει και τους sTGC του NSW στην FSM του ATLAS.

και τα default κουμπιά, επιπλέον επιτρέπουν στο χρήστη να βλέπει σε ποια λειτουργία βρίσκεται αλλάζοντας την τιμή της παρακείμενης επιγραφής.

Κατά τη διάρκεια προσθήκης των sTGC components και συγκεκριμένα με την ανάγκη χρησιμοποίησης συναρτήσεων διαγραφής αντικειμένων, διαπιστώσαμε ότι το συγκεκριμένο εργαλείο της JCOP έχει πολλά bugs. Απευθυνόμενοι στη σελίδα αναφοράς σφαλμάτων του CERN στον developer διαπιστώσαμε ότι το εν λόγω εργαλείο είχε μια σειρά από δηλωμένα bugs που δημιουργούνται κυρίως από εντολές χειρισμού ομάδων αντικειμένων.

Σε αυτό το σημείο της διπλωματικής εργασίας, αποφασίστηκε να αποφύγουμε οποιεσδήποτε εντολές θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε τέτοιες καταστάσεις, καλύπτοντας κατά το δυνατόν όλα τα γνωστά bugs. Στο πλαίσιο αυτής της προσπάθειας αφαιρέθηκαν και πολλά από τα default κουμπιά του εργαλείου και αντικαταστάθηκαν από customised κουμπιά όπως αυτά που προαναφέρθηκαν.



Σχήμα 5.7: Με τη σειρά φαίνονται α) Το checkbox του Dark mode, β) τα toggle κουμπιά Navigation & Picking mode καθώς και η επιγραφή που δηλώνει σε ποια λειτουργία βρισκόμαστε, γ) οι sliders ρύθμισης της διαφάνειας των sTGC και MM αντίστοιχα, δ) και η τρισδιάστατη σκηνή σε λειτουργία dark mode με ρυθμίσεις διαφάνειας για τις δύο τεχνολογίες ανιχνευτών.

Ακολουθεί η περιγραφή της λειτουργίας του κώδικα των συναρτήσεων που προστέθηκαν :

drawTGCEndcaps() Η συνάρτηση αυτή αναλαμβάνει να απεικονίσει τα quadruplets των sTGC στην τρισδιάστατη σκηνή ακριβώς όπως και με τους MM. Η διαφορά έγκειται στο ότι πλέον πρέπει να διαβάζουμε από τα datapoints των sTGC όπου έχουν ένα παραπάνω quadruplet ανά module.

RefreshButton:Clicked Δίνει την εντολή για να ανοίξει το Configuration Tool.

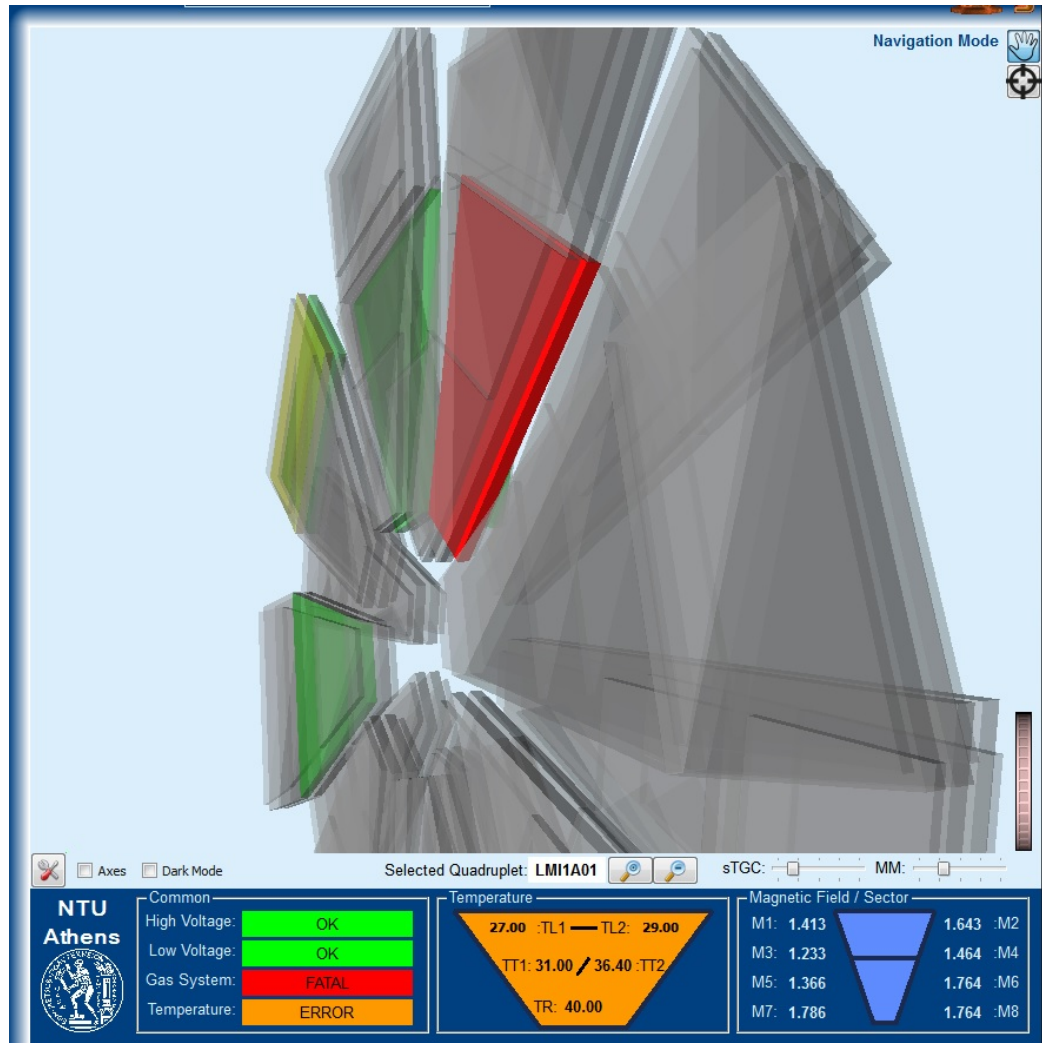
ConfigurationButton:KeyboardFocusIn Μετά την επιστροφή από τη ρύθμιση με το Configuration Tool μια σειρά γεγονότων πρέπει να συμβεί για να απεικονιστούν οι αλλαγές. Μια μπάρα εμφανίζεται καθ όλη τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας ενημερώνοντας το χρήστη αφού αυτή παίρνει κάποιο χρόνο για να ολοκληρωθεί. Καλούνται οι συναρτήσεις καθαρισμού της σκηνής και ανακατασκευής με τα νέα δεδομένα, ενώ η μπάρα εξαφανίζεται καθ όλη τη διάρκεια της διαδικασίας.

checkbox_darkModeCheck:clicked καλείται η αντίστοιχη συνάρτηση αναλόγως, (darkmodeon/darkmodeoff) οι οποίες αναλαμβάνουν να αλλάξουν το φόντο της τρισδιάστατης σκηνής καθώς και τα foreground χρώματα σε όλα τα components που αυτή επηρεάζει.

navButton:Clicked Αλλάζει το mode της σκηνής ώστε ο χρήστης να περιηγείται εντός αυτής. Ταυτόχρονα ενημερώνει τον χρήστη για το mode στην οποία βρίσκεται αλλάζοντας το κείμενο του LabelTextField4.

pickButton:Clicked Αλλάζει το mode της σκηνής ώστε ο χρήστης να μπορεί να επιλέξει κάποιο quadruplet. Ταυτόχρονα ενημερώνει τον χρήστη για το mode στην οποία βρίσκεται αλλάζοντας το κείμενο του LabelTextField4.

LabelTextField2/3:Clicked Αναλαμβάνει να υποδείξει στο χρήστη, ποιοι είναι οι sTGC ή οι MM αντίστοιχα στη σκηνή. Αυτό γίνεται με μία γρήγορη εναλλαγή χρωμάτων στα αντίστοιχα quadruplets.



Σχήμα 5.8: Το πάνελ στην τελευταία του έκδοση. Με γκρί χρώμα φαίνονται τα αποσυνδεδεμένα quadruplets, ενώ για τα υπολοιπα οι τιμές και η κατάσταση προέρχεται από την προσομοίωση.

Παράρτημα Α

Configuration Tool

A.1 MMLargeWedgeConfiguration.pnl

A.1.1 Scopelib

```
1 set ()
2 {
3   float LMOdx2 = LMOdx2TextField.text;
4   float LMOdx = LMOdxTextField.text;
5   float LMOdy = LMOdyTextField.text;
6   float LMOdz = LMOdzTextField.text;
7
8   float LMOrcenter = LMOrcenterTextField.text;
9   float LMOrc = LMOrcenter + LMOdz/2;
10
11  float LMidx2 = LMidx2TextField.text;
12  float LMidx = LMidxTextField.text;
13  float LMidy = LMidyTextField.text;
14  float LMidz = LMidzTextField.text;
15
16  float LMircenter = LMircenterTextField.text;
17  float LMir = LMircenter + LMidz/2;
18
19  float LMzmin = LMzminTextField.text;
20  float LMzmax = LMzmaxTextField.text;
21  float LMz1 = (LMzmin+LMzmax)/2 - 20 - LMOdy/2; //
22             Calculate z1 and z2 coordinates
23  float LMz2 = (LMzmin+LMzmax)/2 + 20 + LMOdy/2; // (
24             LMzmin+LMzmax)/2 - 20 - dy/2
25
26  fw3DLMConfiguration.setGeometry("LMO1", makeDynString("x", "0", "y",
27             LMOrc, "z", LMz1, "dz", LMOdz/2, "dx", LMOdx/2, "dx2", LMOdx2/2,
28             "dy", LMOdy
29             /2, "dy2", LMOdy/2, "rotationAngle", "1, 0, 0, 1.57"));
30  fw3DLMConfiguration.setGeometry("LMO2", makeDynString("x", "0", "y",
```

```

27     LMOz, "z", LMz2, "dz", LMOdz/2, "dx", LMOdx/2, "dx2", LMOdx2/2,
        "dy", LMOdy
28     /2, "dy2", LMOdy/2, "rotationAngle", "1, 0, 0, 1.57"));
29     fw3DLMConfiguration.setGeometry("LMI1", makeDynString("x", "0", "y",
        LMIr, "z", LMz1, "dz", LMI dz/2, "dx", LMI dx/2, "dx2", LMI dx2/2,
30     "dy", LMI dy
        /2, "dy2", LMI dy/2, "rotationAngle", "1, 0, 0, 1.57"));
31     fw3DLMConfiguration.setGeometry("LMI2", makeDynString("x", "0", "y",
        LMIr, "z", LMz2, "dz", LMI dz/2, "dx", LMI dx/2, "dx2", LMI dx2/2,
32     "dy", LMI dy
        /2, "dy2", LMI dy/2, "rotationAngle", "1, 0, 0, 1.57"));
}

./appendixA/MMLargeWedgeConfiguration/Panel{Scopelib.ctl

```

A.1.2 TextFields

```

1 // [LMOdx2TextField] [1] - [Command]
2 main()
3 {
4     set();
5 }
6
7 // [LMOdx2TextField] [1] - [Initialize]
8 main()
9 {
10    try
11    {
12        float i;
13        dpGet("LMO1A01.info.dx2", i);
14        this.text = i;
15    }
16    catch{
17        this.text = 2042.00;
18    }
19 }
20
21 // [LMOdx2TextField] [1] - [KeyboardFocusOut]
22 main()
23 {
24     set();
25 }
26 =====
27 // [LMOdzTextField] [2] - [Command]
28 main()
29 {
30     set();
31 }
32
33 // [LMOdzTextField] [2] - [Initialize]

```

```
34 main()
35 {
36     try
37     {
38         float i;
39         dpGet("LMO1A01.info.dz", i);
40         this.text = i;
41     }
42     catch{
43         this.text = 1410.00;
44     }
45 }
46
47 // [LMOdzTextField] [2] - [KeyboardFocusOut]
48 main()
49 {
50     set();
51 }
52 =====
53 // [LMOdyTextField] [3] - [Command]
54 main()
55 {
56     set();
57 }
58
59 // [LMOdyTextField] [3] - [Initialize]
60 main()
61 {
62     try
63     {
64         float i;
65         dpGet("LMO1A01.info.dy", i);
66         this.text = i;
67     }
68     catch{
69         this.text = 86.00;
70     }
71 }
72
73 // [LMOdyTextField] [3] - [KeyboardFocusOut]
74 main()
75 {
76     set();
77 }
78 =====
79 // [LMOOrTextField] [4] - [Command]
80 main()
81 {
82     set();
```

```
83 }
84
85 // [LMOrTextField] [4] - [Initialize]
86 main()
87 {
88     try
89     {
90         float i, j;
91         dpGet("LMO1A01.info.r", i);
92         dpGet("LMO1A01.info.dz", j);
93         this.text = i - j/2;
94     }
95     catch{
96         this.text = 3237.00;
97     }
98 }
99
100 // [LMOrTextField] [4] - [KeyboardFocusOut]
101 main()
102 {
103     set();
104 }
105 =====
106 // [LMIdxTextField] [5] - [Command]
107 main()
108 {
109     set();
110 }
111
112 // [LMIdxTextField] [5] - [Initialize]
113 main()
114 {
115     try
116     {
117         float i;
118         dpGet("LM1A01.info.dx", i);
119         this.text = i;
120     }
121     catch{
122         this.text = 2042.00;
123     }
124 }
125
126 // [LMIdxTextField] [5] - [KeyboardFocusOut]
127 main()
128 {
129     set();
130 }
131 =====
```

```
132 // [LMIIdx2TextField] [6] - [Command]
133 main()
134 {
135     set();
136 }
137 -----
138 // [LMIIdx2TextField] [6] - [Initialize]
139 main()
140 {
141     try
142     {
143         float i;
144         dpGet("LMIA01.info.dx2", i);
145         this.text = i;
146     }
147     catch{
148         this.text = 660.00;
149     }
150 }
151 -----
152 // [LMIIdx2TextField] [6] - [KeyboardFocusOut]
153 main()
154 {
155     set();
156 }
157 =====
158 // [LMIIdxTextField] [7] - [Command]
159 main()
160 {
161     set();
162 }
163 -----
164 // [LMIIdxTextField] [7] - [Initialize]
165 main()
166 {
167     try
168     {
169         float i;
170         dpGet("LMIA01.info.dz", i);
171         this.text = i;
172     }
173     catch{
174         this.text = 2310.00;
175     }
176 }
177 -----
178 // [LMIIdxTextField] [7] - [KeyboardFocusOut]
179 main()
180 {
```

```
181     set();
182 }
183 =====
184 // [LMIdyTextField] [8] - [Command]
185 main()
186 {
187     set();
188 }
189 -----
190 // [LMIdyTextField] [8] - [Initialize]
191 main()
192 {
193     try
194     {
195         float i;
196         dpGet("LMIA01.info.dy", i);
197         this.text = i;
198     }
199     catch{
200         this.text = 86.00;
201     }
202 }
203 -----
204 // [LMIdyTextField] [8] - [KeyboardFocusOut]
205 main()
206 {
207     set();
208 }
209
210 =====
211 // [LMIrTextField] [9] - [Command]
212 main()
213 {
214     set();
215 }
216 -----
217 // [LMIrTextField] [9] - [Initialize]
218 main()
219 {
220     try
221     {
222         float i, j;
223         dpGet("LMIA01.info.r", i);
224         dpGet("LMIA01.info.dz", j);
225         this.text = i - j/2;
226     }
227     catch{
228         this.text = 923.00;
229     }

```

```
230 }
231
232 // [LMIrTextField] [9] - [KeyboardFocusOut]
233 main()
234 {
235     set();
236 }
237 =====
238 // [LMOdxTextField] [21] - [Command]
239 main()
240 {
241     set();
242 }
243
244 // [LMOdxTextField] [21] - [Initialize]
245 main()
246 {
247     try
248     {
249         float i;
250         dpGet("LMO1A01.info.dx", i);
251         this.text = i;
252     }
253     catch{
254         this.text = 2220.00;
255     }
256 }
257
258 // [LMOdxTextField] [21] - [KeyboardFocusOut]
259 main()
260 {
261     set();
262 }
263 =====
264 // [LMzMinTextField] [26] - [Command]
265 main()
266 {
267     set();
268 }
269
270 // [LMzMinTextField] [26] - [Initialize]
271 main()
272 {
273     try
274     {
275         float i, j;
276         dpGet("LMO1A01.info.z", i);
277         dpGet("LMO2A01.info.z", j);
278         this.text = (i+j)/2 - 145;
```

```

279 }
280 catch{
281     this.text = 7528.50;
282 }
283 }
284
285 // [LMzMinTextField] [26] - [KeyboardFocusOut]
286 main()
287 {
288     set();
289 }
290 =====
291 // [LMzMaxTextField] [27] - [Command]
292 main()
293 {
294     set();
295 }
296
297 // [LMzMaxTextField] [27] - [Initialize]
298 main()
299 {
300     try
301     {
302         float i, j;
303         dpGet("LMO1A01.info.z", i);
304         dpGet("LMO2A01.info.z", j);
305         this.text = (i+j)/2 + 145;
306     }
307     catch{
308         this.text = 7818.50;
309     }
310 }
311
312 // [LMzMaxTextField] [27] - [KeyboardFocusOut]
313 main()
314 {
315     set();
316 }
317 =====

```

./appendixA/MMLargeWedgeConfiguration/Textfields.ctf

A.1.3 fw3DLMConfiguration

```

1 // [fw3DLMConfiguration] [10] - [Initialize]
2 main()
3 {
4     fw3DLMConfiguration.setDecoration(false);
5     delay(1); // wait for the TextFields to be initialized
6

```



```

7  float LMOdx2 = LMOdx2TextField.text;
8  float LMOdx = LMOdxTextField.text;
9  float LMOdy = LMOdyTextField.text;
10 float LMOdz = LMOdzTextField.text;
11 float LMOrcenter = LMOrcenterTextField.text;
12 float LMOrc = LMOrcenter + LMOdz/2;
13 float LMOidx2 = LMOidx2TextField.text;
14 float LMOidx = LMOidxTextField.text;
15 float LMOidy = LMOidyTextField.text;
16 float LMOidz = LMOidzTextField.text;
17 float LMOircenter = LMOircenterTextField.text;
18 float LMOir = LMOircenter + LMOidz/2;
19
20 float LMzmin = LMzminTextField.text;
21 float LMzmax = LMzmaxTextField.text;
22 float LMz1 = (LMzmin+LMzmax)/2 - 20 - LMOdy/2;           //
   Calculate z1 and z2 coordinates
23 float LMz2 = (LMzmin+LMzmax)/2 + 20 + LMOdy/2;         // (
   LMzmin+LMzmax)/2 - 20 - dy/2
24
25 // fw3DLMConfiguration.setBackgroundColor("AESbgAcknowledged");
26 //LMO1
27 fw3DLMConfiguration.addShape("Trd", "LMO1", makeDynString("x", "0", "y",
   LMOr, "z", LMz1, "dz", LMOdz/2, "dx", LMOdx/2, "dx2", LMOdx2/2,
28   "dy", LMOdy
   /2, "dy2", LMOdy/2, "rotationAngle", "1, 0, 0, 1.57"));
29 fw3DLMConfiguration.setColor("LMO1", "_dpdoesnotexist");
30 fw3DLMConfiguration.addShape("Text", "LMO1Label", makeDynString("x",
   0, "y", LMOr, "z", LMzmin-400, "text", "LMO1", "fontname", "arial:
   bold", "fontsize", "12"));
31 fw3DLMConfiguration.setColor("LMO1Label", "White");
32 //LMO2
33 fw3DLMConfiguration.addShape("Trd", "LMO2", makeDynString("x", "0", "y",
   LMOr, "z", LMz2, "dz", LMOdz/2, "dx", LMOdx/2, "dx2", LMOdx2/2,
34   "dy", LMOdy
   /2, "dy2", LMOdy/2, "rotationAngle", "1, 0, 0, 1.57"));
35 fw3DLMConfiguration.setColor("LMO2", "STD_trend_pen5");
36 fw3DLMConfiguration.addShape("Text", "LMO2Label", makeDynString("x",
   0, "y", LMOr, "z", LMzmax+400, "text", "LMO2", "fontname", "arial:
   bold", "fontsize", "12"));
37 fw3DLMConfiguration.setColor("LMO2Label", "White");
38 //LMI1
39 fw3DLMConfiguration.addShape("Trd", "LMI1", makeDynString("x", "0", "y",
   LMIrc, "z", LMz1, "dz", LMOidz/2, "dx", LMOidx/2, "dx2", LMOidx2/2,
40   "dy", LMOdy
   /2, "dy2", LMOdy/2, "rotationAngle", "1, 0, 0, 1.57"));
41 fw3DLMConfiguration.setColor("LMI1", "STD_trend_pen5");
42 fw3DLMConfiguration.addShape("Text", "LMI1Label", makeDynString("x",
   0, "y", LMIrc, "z", LMzmin-400, "text", "LMI1", "fontname", "arial:

```

```

    bold", "fontsize", "12"));
43 fw3DLMConfiguration.setColor("LMI1Label", "White");
44 //LMI2
45 fw3DLMConfiguration.addShape("Trd", "LMI2", makeDynString("x", "0", "y",
    " ", LMIr, "z", LMz2, "dz", LMIdz/2, "dx", LMIdx/2, "dx2", LMIdx2/2,
46 "dy", LMOdy
    /2, "dy2", LMOdy/2, "rotationAngle", "1, 0, 0, 1.57"));
47 fw3DLMConfiguration.setColor("LMI2", "_dpdoesnotexist");
48 fw3DLMConfiguration.addShape("Text", "LMI2Label", makeDynString("x",
    0, "y", LMIr, "z", LMzMax+400, "text", "LMI2", "fontname", "arial:
    bold", "fontsize", "12"));
49 fw3DLMConfiguration.setColor("LMI2Label", "White");
50 }
./appendixA/MMLargeWedgeConfiguration/fw3DLMConfiguration.ctl

```

A.1.4 LWSavePushButton

```

1 // [LWSavePushButton] [11] - [Clicked]
2 main()
3 {
4     string systemName = getSystemName();
5     dyn_dyn_string zCode;
6     zCode[1] = "1A";
7     zCode[2] = "1C";
8     zCode[3] = "2A";
9     zCode[4] = "2C";
10
11     // LMO dimensions
12     float LMOdx = LMOdxTextField.text;
13     float LMOdx2 = LMOdx2TextField.text;
14     float LMOdz = LMOdzTextField.text;
15     float LMOdy = LMOdyTextField.text;
16     float LMOor = LMOorTextField.text;
17     float LMOorCenter = LMOor + LMOdz/2;
18     // LMI dimensions
19     float LMIdx = LMIdxTextField.text;
20     float LMIdx2 = LMIdx2TextField.text;
21     float LMIdz = LMIdzTextField.text;
22     float LMIdy = LMIdyTextField.text;
23     float LMIr = LMIrTextField.text;
24     float LMIrCenter = LMIr + LMIdz/2;
25     // LM z-coordinates (1/2)
26     float LMzMin = LMzMinTextField.text;
27     float LMzMax = LMzMaxTextField.text;
28     float LMz1 = (LMzMin+LMzMax)/2 - 20 - LMOdy/2; //
    Calculate z1 and z2 coordinates
29     float LMz2 = (LMzMin+LMzMax)/2 + 20 + LMOdy/2; // (
    LMzMin+LMzMax)/2 - 20 - dy/2
30

```

```

31 for (int sectorNo = 1; sectorNo<16; sectorNo++)
32 {
33     string sectorString = "";
34     if (sectorNo < 10)
35         sectorString = "0" + sectorNo;
36     else
37         sectorString = sectorNo;
38
39     //Check, create and set LMI's
40     for (int j=1; j<5; j++){
41         if (!dpExists(systemName + "LMI" + zCode[j] + sectorString))
42             dpCreate("LMI" + zCode[j] + sectorString, "
43             ATL_MMQuadrupletCoordinates");
44
45             dpSetWait(systemName + "LMI" + zCode[j] + sectorString + ".info.dx
46             ", LMIdx);
47             dpSetWait(systemName + "LMI" + zCode[j] + sectorString + ".info.
48             dx2", LMIdx2);
49             dpSetWait(systemName + "LMI" + zCode[j] + sectorString + ".info.dy
50             ", LMIdy);
51             dpSetWait(systemName + "LMI" + zCode[j] + sectorString + ".info.dz
52             ", LMIdz);
53             dpSetWait(systemName + "LMI" + zCode[j] + sectorString + ".info.r"
54             , LMirCenter);
55
56             switch (j)
57             {
58                 case (1): {
59                     dpSetWait(systemName + "LMI" + zCode[j] +
60                     sectorString + ".info.z", LMz1);
61                     break;
62                 }
63                 case (2): {
64                     dpSetWait(systemName + "LMI" + zCode[j] +
65                     sectorString + ".info.z", -LMz1);
66                     break;
67                 }
68                 case (3): {
69                     dpSetWait(systemName + "LMI" + zCode[j] +
70                     sectorString + ".info.z", LMz2);
71                     break;
72                 }
73                 case (4): {
74                     dpSetWait(systemName + "LMI" + zCode[j] +
75                     sectorString + ".info.z", -LMz2);
76                     break;
77                 }
78             }
79         }
80     }

```

```

70     }
71     //Check, create and set LMO's
72     for (int j=1; j<5; j++){
73         if (!dpExists(systemName + "LMO" + zCode[j] + sectorString))
74             dpCreate("LMO" + zCode[j] + sectorString, "
ATL_MMQuadrupletCoordinates");
75
76         dpSetWait(systemName + "LMO" + zCode[j] + sectorString + ".info.dx
", LMOdx);
77         dpSetWait(systemName + "LMO" + zCode[j] + sectorString + ".info.
dx2", LMOdx2);
78         dpSetWait(systemName + "LMO" + zCode[j] + sectorString + ".info.dy
", LMOdy);
79         dpSetWait(systemName + "LMO" + zCode[j] + sectorString + ".info.dz
", LMOdz);
80         dpSetWait(systemName + "LMO" + zCode[j] + sectorString + ".info.r"
, LMOrcenter);
81
82         switch (j)
83         {
84             case (1): {
85                 dpSetWait(systemName + "LMO" + zCode[j] +
sectorString + ".info.z", LMz1);
86                 break;
87             }
88             case (2): {
89                 dpSetWait(systemName + "LMO" + zCode[j] +
sectorString + ".info.z", -LMz1);
90                 break;
91             }
92             case (3): {
93                 dpSetWait(systemName + "LMO" + zCode[j] +
sectorString + ".info.z", LMz2);
94                 break;
95             }
96             case (4): {
97                 dpSetWait(systemName + "LMO" + zCode[j] +
sectorString + ".info.z", -LMz2);
98                 break;
99             }
100         }
101     }
102 }
103
104 sectorNo++;
105 }
106
107 SavedMsg.visible = TRUE;
108 delay(1,0);

```

```

109 SavedMsg.visible = FALSE;
110 }

```

./appendixA/MMLargeWedgeConfiguration/LWSavePushButton.ctl

A.1.5 AxisCheckBox

```

1 // [AxisCheckBox] [24] - [Clicked]
2 main(int button, int state)
3 {
4   if (state == 0)
5   {
6     removeaxis ();
7     fw3DLMConfiguration.viewAll ();
8   }
9   else
10    showaxis ();
11 }
12
13 void showaxis ()
14 {
15   fw3DLMConfiguration.addShape("Axis", "Beam_Axis", makeDynString("
    position", "0.0, 0.0, 0.0", "divlength", "100", "ndiv", "50"));
16 }
17
18 void removeaxis ()
19 {
20   fw3DLMConfiguration.delShape("Beam_Axis");
21 }

```

./appendixA/MMLargeWedgeConfiguration/AxisCheckBox.ctl

A.2 MMSmallWedgeConfiguration.pnl

A.2.1 Scopelib

```

1 set ()
2 {
3   float SMIdx2 = SMIdx2TextField.text;
4   float SMIdx = SMIdxTextField.text;
5   float SMIdy = SMIdyTextField.text;
6   float SMIdz = SMIdzTextField.text;
7   float SMOrCenter = SMOrTextField.text;
8   float SMOr = SMOrCenter + SMIdz/2;
9   float SMIdx2 = SMIdx2TextField.text;
10  float SMIdx = SMIdxTextField.text;
11  float SMIdy = SMIdyTextField.text;
12  float SMIdz = SMIdzTextField.text;
13  float SMIrCenter = SMIrTextField.text;

```

```

14 float SMlr = SMlrCenter + SMldz/2;
15
16 float SMzMin = SMzMinTextField.text;
17 float SMzMax = SMzMaxTextField.text;
18 float SMz1 = (SMzMin+SMzMax)/2 - 20 - SMody/2; //
    Calculate z1 and z2 coordinates
19 float SMz2 = (SMzMin+SMzMax)/2 + 20 + SMody/2; // (
    SMzMin+SMzMax)/2 - 20 - dy/2
20
21 fw3DSMConfiguration.setGeometry("SMO1", makeDynString("x", "0", "y",
    SMOr, "z", SMz1, "dz", SModz/2, "dx", SMOdx/2, "dx2", SMOdx2/2,
22 "dy", SMody
    /2, "dy2", SMody/2, "rotationAngle", "1, 0, 0, 1.57"));
23 fw3DSMConfiguration.setGeometry("SMO2", makeDynString("x", "0", "y",
    SMOr, "z", SMz2, "dz", SModz/2, "dx", SMOdx/2, "dx2", SMOdx2/2,
24 "dy", SMody
    /2, "dy2", SMody/2, "rotationAngle", "1, 0, 0, 1.57"));
25 fw3DSMConfiguration.setGeometry("SMI1", makeDynString("x", "0", "y",
    SMlr, "z", SMz1, "dz", SMldz/2, "dx", SMldx/2, "dx2", SMldx2/2,
26 "dy", SMldy
    /2, "dy2", SMldy/2, "rotationAngle", "1, 0, 0, 1.57"));
27 fw3DSMConfiguration.setGeometry("SMI2", makeDynString("x", "0", "y",
    SMlr, "z", SMz2, "dz", SMldz/2, "dx", SMldx/2, "dx2", SMldx2/2,
28 "dy", SMldy
    /2, "dy2", SMldy/2, "rotationAngle", "1, 0, 0, 1.57"));
29 }

```

./appendixA/MMSsmallWedgeConfiguration/Panel{Scopelib}.ctl

A.2.2 TextFields

```

1 // [SMOdyTextField] [1] - [Command]
2 main()
3 {
4     set();
5 }
6
7 // [SMOdyTextField] [1] - [Initialize]
8 main()
9 {
10    try
11    {
12        float i;
13        dpGet("SMO1A02.info.dy", i);
14        this.text = i;
15    }
16    catch{
17        this.text = 86.00;
18    }
19 }

```

```
20
21 // [SMOdyTextField] [1] - [KeyboardFocusOut]
22 main()
23 {
24     set();
25 }
26 =====
27 // [SMOdx2TextField] [2] - [Command]
28 main()
29 {
30     set();
31 }
32 =====
33 // [SMOdx2TextField] [2] - [Initialize]
34 main()
35 {
36     try
37     {
38         float i;
39         dpGet("SMO1A02.info.dx2", i);
40         this.text = i;
41     }
42     catch{
43         this.text = 1300.00;
44     }
45 }
46 =====
47 // [SMOdx2TextField] [2] - [KeyboardFocusOut]
48 main()
49 {
50     set();
51 }
52 =====
53 // [SMOdzTextField] [3] - [Command]
54 main()
55 {
56     set();
57 }
58 =====
59 // [SMOdzTextField] [3] - [Initialize]
60 main()
61 {
62     try
63     {
64         float i;
65         dpGet("SMO1A02.info.dz", i);
66         this.text = i;
67     }
68     catch{
```

```
69     this.text = 1350.00;
70   }
71 }
72 -----
73 // [SMOdzTextField] [3] - [KeyboardFocusOut]
74 main()
75 {
76     set();
77 }
78 =====
79 // [SMOrTextField] [4] - [Command]
80 main()
81 {
82     set();
83 }
84 -----
85 // [SMOrTextField] [4] - [Initialize]
86 main()
87 {
88     try
89     {
90         float i, j;
91         dpGet("SMO1A02.info.r", i);
92         dpGet("SMO1A02.info.dz", j);
93         this.text = i - j/2;
94     }
95     catch{
96         this.text = 3310.00;
97     }
98 }
99 -----
100 // [SMOrTextField] [4] - [KeyboardFocusOut]
101 main()
102 {
103     set();
104 }
105 =====
106 // [SMIdxTextField] [5] - [Command]
107 main()
108 {
109     set();
110 }
111 -----
112 // [SMIdxTextField] [5] - [Initialize]
113 main()
114 {
115     try
116     {
117         float i;
```



```
118     dpGet("SMIA02.info.dx", i);
119     this.text = i;
120 }
121 catch{
122     this.text = 1300.00;
123 }
124 }
125
126 // [SMIdxTextField] [5] - [KeyboardFocusOut]
127 main()
128 {
129     set();
130 }
131 =====
132 // [SMIdyTextField] [6] - [Command]
133 main()
134 {
135     set();
136 }
137
138 // [SMIdyTextField] [6] - [Initialize]
139 main()
140 {
141     try
142     {
143         float i;
144         dpGet("SMIA02.info.dy", i);
145         this.text = i;
146     }
147     catch{
148         this.text = 86.00;
149     }
150 }
151
152 // [SMIdyTextField] [6] - [KeyboardFocusOut]
153 main()
154 {
155     set();
156 }
157 =====
158 // [SMIdx2TextField] [7] - [Command]
159 main()
160 {
161     set();
162 }
163
164 // [SMIdx2TextField] [7] - [Initialize]
165 main()
166 {
```

```
167     try
168     {
169         float i;
170         dpGet("SMIA02.info.dx2", i);
171         this.text = i;
172     }
173     catch{
174         this.text = 460.00;
175     }
176 }
177
178 // [SMIdx2TextField] [7] - [KeyboardFocusOut]
179 main()
180 {
181     set();
182 }
183 =====
184 // [SMIdzTextField] [8] - [Command]
185 main()
186 {
187     set();
188 }
189
190 // [SMIdzTextField] [8] - [Initialize]
191 main()
192 {
193     try
194     {
195         float i;
196         dpGet("SMIA02.info.dz", i);
197         this.text = i;
198     }
199     catch{
200         this.text = 2210.00;
201     }
202 }
203
204 // [SMIdzTextField] [8] - [KeyboardFocusOut]
205 main()
206 {
207     set();
208 }
209 =====
210 // [SMIrTextField] [9] - [Command]
211 main()
212 {
213     set();
214 }
215
```

```
216 // [SMIrTextField] [9] - [Initialize]
217 main()
218 {
219     try
220     {
221         float i, j;
222         dpGet("SMI1A02.info.r", i);
223         dpGet("SMI1A02.info.dz", j);
224         this.text = i - j/2;
225     }
226     catch{
227         this.text = 895.00;
228     }
229 }
230
231 // [SMIrTextField] [9] - [KeyboardFocusOut]
232 main()
233 {
234     set();
235 }
236 =====
237 // [SMOdxTextField] [22] - [Command]
238 main()
239 {
240     set();
241 }
242
243 // [SMOdxTextField] [22] - [Initialize]
244 main()
245 {
246     try
247     {
248         float i;
249         dpGet("SMO1A02.info.dx", i);
250         this.text = i;
251     }
252     catch{
253         this.text = 1780.00;
254     }
255 }
256
257 // [SMOdxTextField] [22] - [KeyboardFocusOut]
258 main()
259 {
260     set();
261 }
262 =====
263 // [SMzMinTextField] [29] - [Command]
264 main()
```

```

265 {
266     set();
267 }
268 -----
269 // [SMzMinTextField] [29] - [Initialize]
270 main()
271 {
272     try
273     {
274         float i, j;
275         dpGet("SMO1A02.info.z", i);
276         dpGet("SMO2A02.info.z", j);
277         this.text = (i+j)/2 - 145;
278     }
279     catch{
280         this.text = 7104.50;
281     }
282 }
283 =====
284 // [SMzMaxTextField] [30] - [Command]
285 main()
286 {
287     set();
288 }
289 -----
290 // [SMzMaxTextField] [30] - [Initialize]
291 main()
292 {
293     try
294     {
295         float i, j;
296         dpGet("SMO1A02.info.z", i);
297         dpGet("SMO2A02.info.z", j);
298         this.text = (i+j)/2 + 145;
299     }
300     catch{
301         this.text = 7394.50;
302     }
303 }

```

./appendixA/MMSsmallWedgeConfiguration/Textfields.ctf

A.2.3 fw3DSMConfiguration

```

1 // [fw3DSMConfiguration] [10] - [Initialize]
2 main()
3 {
4     fw3DSMConfiguration.setDecoration(false);
5     delay(1); // wait for the TextFields to be initialized
6

```

```

7  float SMOdx2 = SMOdx2TextField.text;
8  float SMOdx = SMOdxTextField.text;
9  float SMOdy = SMOdyTextField.text;
10 float SMOdz = SMOdzTextField.text;
11 float SMOrcenter = SMOrcenterTextField.text;
12 float SMOrc = SMOrcenter + SMOdz/2;
13 float SMIdx2 = SMIdx2TextField.text;
14 float SMIdx = SMIdxTextField.text;
15 float SMIdy = SMIdyTextField.text;
16 float SMIdz = SMIdzTextField.text;
17 float SMIrCenter = SMIrTextField.text;
18 float SMIr = SMIrCenter + SMIdz/2;
19
20 float SMzMin = SMzMinTextField.text;
21 float SMzMax = SMzMaxTextField.text;
22 float SMz1 = (SMzMin+SMzMax)/2 - 20 - SMOdy/2;           //
    Calculate z1 and z2 coordinates
23 float SMz2 = (SMzMin+SMzMax)/2 + 20 + SMOdy/2;           // (
    SMzMin+SMzMax)/2 - 20 - dy/2
24
25 // fw3DSMConfiguration.setBackgroundColor("AESbgAcknowledged");
26 //SMO1
27 fw3DSMConfiguration.addShape("Trd", "SMO1", makeDynString("x", "0", "y",
    SMOr, "z", SMz1, "dz", SMOdz/2, "dx", SMOdx/2, "dx2", SMOdx2/2,
    "dy", SMOdy
    /2, "dy2", SMOdy/2, "rotationAngle", "1, 0, 0, 1.57"));
28
29 fw3DSMConfiguration.setColor("SMO1", "_dpdoesnotexist");
30 fw3DSMConfiguration.addShape("Text", "SMO1Label", makeDynString("x",
    0, "y", SMOr, "z", SMzMin-400, "text", "SMO1", "fontname", "arial:
    bold", "fontsize", "12"));
31 fw3DSMConfiguration.setColor("SMO1Label", "White");
32 //SMO2
33 fw3DSMConfiguration.addShape("Trd", "SMO2", makeDynString("x", "0", "y",
    SMOr, "z", SMz2, "dz", SMOdz/2, "dx", SMOdx/2, "dx2", SMOdx2/2,
    "dy", SMOdy
    /2, "dy2", SMOdy/2, "rotationAngle", "1, 0, 0, 1.57"));
34
35 fw3DSMConfiguration.setColor("SMO2", "STD_trend_pen5");
36 fw3DSMConfiguration.addShape("Text", "SMO2Label", makeDynString("x",
    0, "y", SMOr, "z", SMzMax+400, "text", "SMO2", "fontname", "arial:
    bold", "fontsize", "12"));
37 fw3DSMConfiguration.setColor("SMO2Label", "White");
38 //SMI1
39 fw3DSMConfiguration.addShape("Trd", "SMI1", makeDynString("x", "0", "y",
    SMIr, "z", SMz1, "dz", SMIdz/2, "dx", SMIdx/2, "dx2", SMIdx2/2,
    "dy", SMOdy
    /2, "dy2", SMOdy/2, "rotationAngle", "1, 0, 0, 1.57"));
40
41 fw3DSMConfiguration.setColor("SMI1", "STD_trend_pen5");
42 fw3DSMConfiguration.addShape("Text", "SMI1Label", makeDynString("x",
    0, "y", SMIr, "z", SMzMin-400, "text", "SMI1", "fontname", "arial:

```

```

    bold", "fontsize", "12"));
43 fw3DSMConfiguration.setColor("SMI1Label", "White");
44 //SMI2
45 fw3DSMConfiguration.addShape("Trd", "SMI2", makeDynString("x", "0", "y",
    SMIr, "z", SMz2, "dz", SMIdz/2, "dx", SMIdx/2, "dx2", SMIdx2/2,
46 "dy", SMody
    /2, "dy2", SMody/2, "rotationAngle", "1, 0, 0, 1.57"));
47 fw3DSMConfiguration.setColor("SMI2", "_dpdoesnotexist");
48 fw3DSMConfiguration.addShape("Text", "SMI2Label", makeDynString("x",
    0, "y", SMIr, "z", SMzMax+400, "text", "SMI2", "fontname", "arial:
    bold", "fontsize", "12"));
49 fw3DSMConfiguration.setColor("SMI2Label", "White");
50 }
./appendixA/MMSmallWedgeConfiguration/fw3DSMConfiguration.ctl

```

A.2.4 SWSavePushButton

```

1 // [SWSavePushButton] [11] - [Clicked]
2 main()
3 {
4     string systemName = getSystemName();
5     dyn_dyn_string zCode;
6     zCode[1] = "1A";
7     zCode[2] = "1C";
8     zCode[3] = "2A";
9     zCode[4] = "2C";
10    // SMO dimensions
11    float SMOdx = SMOdxTextField.text;
12    float SMOdx2 = SMOdx2TextField.text;
13    float SMOdz = SMOdzTextField.text;
14    float SMOdy = SMOdyTextField.text;
15    float SMOr = SMOrTextField.text;
16    float SMOrCenter = SMOr + SMOdz/2;
17    // SMI dimensions
18    float SMIdx = SMIdxTextField.text;
19    float SMIdx2 = SMIdx2TextField.text;
20    float SMIdz = SMIdzTextField.text;
21    float SMIdy = SMIdyTextField.text;
22    float SMIr = SMIrTextField.text;
23    float SMIrCenter = SMIr + SMIdz/2;
24    // SM z-coordinates (1/2)
25    float SMzMin = SMzMinTextField.text;
26    float SMzMax = SMzMaxTextField.text;
27    float SMz1 = (SMzMin+SMzMax)/2 - 20 - SMOdy/2; //
    Calculate z1 and z2 coordinates
28    float SMz2 = (SMzMin+SMzMax)/2 + 20 + SMOdy/2; // (
    SMzMin+SMzMax)/2 - 20 - dy/2
29
30    for (int sectorNo = 2; sectorNo<17; sectorNo++)

```

```
31 {
32     string sectorString = "";
33     if (sectorNo < 10)
34         sectorString = "0" + sectorNo;
35     else
36         sectorString = sectorNo;
37
38     //Check, create and set SMI's
39     for (int j=1; j<5; j++){
40         if (!dpExists(systemName + "SMI" + zCode[j] + sectorString))
41             dpCreate("SMI" + zCode[j] + sectorString, "
42             ATL_MMQuadrupletCoordinates");
43
44         dpSet(systemName + "SMI" + zCode[j] + sectorString + ".info.dx",
45             SMIdx);
46         dpSet(systemName + "SMI" + zCode[j] + sectorString + ".info.dx2",
47             SMIdx2);
48         dpSet(systemName + "SMI" + zCode[j] + sectorString + ".info.dy",
49             SMIdy);
50         dpSet(systemName + "SMI" + zCode[j] + sectorString + ".info.dz",
51             SMIdz);
52         dpSet(systemName + "SMI" + zCode[j] + sectorString + ".info.r",
53             SMrCenter);
54
55         switch (j)
56         {
57             case (1): {
58                 dpSet(systemName + "SMI" + zCode[j] + sectorString
59                 + ".info.z", SMz1);
60                 break;
61             }
62             case (2): {
63                 dpSet(systemName + "SMI" + zCode[j] + sectorString
64                 + ".info.z", -SMz1);
65                 break;
66             }
67             case (3): {
68                 dpSet(systemName + "SMI" + zCode[j] + sectorString
69                 + ".info.z", SMz2);
70                 break;
71             }
72             case (4): {
73                 dpSet(systemName + "SMI" + zCode[j] + sectorString
74                 + ".info.z", -SMz2);
75                 break;
76             }
77         }
78     }
79 }
```

```

70 //Check, create and set SMO's
71 for (int j=1; j<5; j++){
72     if (!dpExists(systemName + "SMO" + zCode[j] + sectorString))
73         dpCreate("SMO" + zCode[j] + sectorString, "
ATL_MMQuadrupletCoordinates");
74
75     dpSet(systemName + "SMO" + zCode[j] + sectorString + ".info.dx",
SMOdx);
76     dpSet(systemName + "SMO" + zCode[j] + sectorString + ".info.dx2",
SMOdx2);
77     dpSet(systemName + "SMO" + zCode[j] + sectorString + ".info.dy",
SMOdy);
78     dpSet(systemName + "SMO" + zCode[j] + sectorString + ".info.dz",
SMOdz);
79     dpSet(systemName + "SMO" + zCode[j] + sectorString + ".info.r",
SMOrCenter);
80
81     switch (j)
82     {
83         case(1): {
84             dpSet(systemName + "SMO" + zCode[j] + sectorString
+ ".info.z", SMz1);
85             break;
86         }
87         case(2): {
88             dpSet(systemName + "SMO" + zCode[j] + sectorString
+ ".info.z", -SMz1);
89             break;
90         }
91         case(3): {
92             dpSet(systemName + "SMO" + zCode[j] + sectorString
+ ".info.z", SMz2);
93             break;
94         }
95         case(4): {
96             dpSet(systemName + "SMO" + zCode[j] + sectorString
+ ".info.z", -SMz2);
97             break;
98         }
99     }
100 }
101 sectorNo++;
102 }
103 SavedMsg.visible = TRUE;
104 delay(1,0);
105 SavedMsg.visible = FALSE;
106 }

```

./appendixA/MMSmallWedgeConfiguration/SWSavePushButton.ctl

A.2.5 SWAxisCheckBox

```
1 // [SWAxisCheckBox] [25] - [Clicked]
2 main(int button, int state)
3 {
4     if (state == 0)
5     {
6         removeaxis ();
7         fw3DSMConfiguration.viewAll ();
8     }
9     else
10    {
11        showaxis ();
12    }
13 void showaxis ()
14 {
15     fw3DSMConfiguration.addShape("Axis", "Beam_Axis", makeDynString("
16     position", "0.0, 0.0, 0.0", "divlength", "100", "ndiv", "50"));
17 }
18 void removeaxis ()
19 {
20     fw3DSMConfiguration.delShape("Beam_Axis");
21 }
```

./appendixA/MMSmallWedgeConfiguration/SWAxisCheckBox.ctl

A.3 3DEndcapsConfiguration.pnl

A.3.1 Terminate

```
1 // [(Panel)] [0] - [Terminate]
2 main()
3 {
4     try
5     {
6         Redraw = TRUE;
7     }
8     catch{
9         DebugN("Dependancy error!");
10        DebugN("This panel is not to be executed as a standalone panel. Try
11        to use it from AIL3DNSW project!");
12    }
13 }
```

./appendixA/3DEndcapsConfiguration/Panel{Terminate}.ctl

Παράρτημα Β

Main Panel

B.1 Panel

B.1.1 Scopelib

```
1 void drawEndcaps ()
2 {
3     float dx, dx2, dy, dz, r, z, phi;
4     string DPTname = "ATL_MMQuadrupletCoordinates";
5     dyn_string multiplerts=dpNames(" ", DPTname); //array of names of the
6     multiplerts. The element [0] is an empty string
7     for (int i=1; i<=dynlen(multiplerts); i++)
8     {
9         string multiplet = substr(multiplerts[i], strlen(systemName), 7);
10        string groupName = substr(multiplet,0,1) + substr(multiplet,2,2);
11
12        dpGet(systemName+multiplet+".info.r:_online.._value",r); //I'm
13        using the online values so I can
14        dpGet(systemName+multiplet+".info.z:_online.._value",z); //setup
15        up a rational rule at the original
16        dpGet(systemName+multiplet+".info.dx:_online.._value",dx); //value
17        through a config in the future
18        dpGet(systemName+multiplet+".info.dy:_online.._value",dy);
19        dpGet(systemName+multiplet+".info.dz:_online.._value",dz);
20        dpGet(systemName+multiplet+".info.dx2:_online.._value",dx2);
21        phi=(int) substr(multiplet, 5, 2)*22.5-22.5;
22
23        // Print the coordinates for every multiplet you recieved from DPs
24        /*
25        DebugN(" multiplet:", multiplet);
26        DebugN(" r:", r);
27        DebugN(" z:", z);
28        DebugN(" dx:", dx);
29        DebugN(" dy:", dy);
```

```

27     DebugN(" dz:", dz);
28     DebugN(" dx2:", dx2);
29     DebugN(" phi:", phi);
30 */
31
32     fw3DViewer_Scene1.addShapeInGroup(groupName, "Trd", multiplet,
33                                     // Groups according only to
34                                     findPosition(r, phi, z, dx, dx2,
35                                     dy, dz, 90, 270+phi, 0)); // L/S, I/O, A/C
36     ProgressBar1.value = ProgressBar1.value + 1;
37
38     fw3DViewer_Scene1.setBackgroundColor("Primary Foreground");
39     fw3DViewer_Scene1.setColor(multiplet, "FwStateOKPhysics");
40     fw3DViewer_Scene1.setColor("LMO1A03", "FwAlarmFatalAck");
41     fw3DViewer_Scene1.setColor("SMO1A16", "FwAlarmFatalAck");
42     fw3DViewer_Scene1.setColor("SMO2C08", "FwAlarmFatalAck");
43 }
44
45 dyn_string findPosition( float r, float phi, float z, float dx, float
46                         dx2, float dy, float dz, float Xturn, float Yturn, float Zturn)
47 {
48     phi = phi * DEGS_TO_RADS;
49     Xturn=Xturn * DEGS_TO_RADS;
50     Yturn=Yturn * DEGS_TO_RADS;
51     Zturn=Zturn * DEGS_TO_RADS;
52     float x = r * cos(phi);
53     float y = r * sin(phi);
54     dyn_dyn_float turn = multiply (multiply (Rx(Xturn), Ry(Yturn)), Rz(
55     Zturn));
56     string rot = "";
57     for ( int i = 1; i <= 3; i++ )
58         for ( int j = 1; j <= 3; j++ )
59             rot += turn[i][j] + ", "; //transform rotation matrix
60 //to string
61
62     return makeDynString ( "x", x, "y", y, "z", z, "dz", dz/2, "dx", dx
63     /2, "dx2", dx2/2, "dy", dy/2, "dy2", dy/2, "rotationMatrix", rot);
64 }
65
66 dyn_dyn_float multiply (dyn_dyn_float a, dyn_dyn_float b) // 3x3 array
67 //multiplication
68 {
69     dyn_dyn_float c;
70     for (int i=1; i<=3; i++)
71         for (int j=1; j<=3; j++)
72             {
73                 c[i][j]=0;
74                 for (int k=1; k<=3; k++)

```

```
69     c[i][j] += a[i][k] * b[k][j];
70 }
71 return c;
72 }
73
74 dyn_dyn_float Rx (float theta)
75 {
76     dyn_dyn_float t;
77     t[1]=makeDynFloat(1,0,0);
78     t[2]=makeDynFloat(0,cos(theta),-sin(theta));
79     t[3]=makeDynFloat(0,sin(theta),cos(theta));
80     return t;
81 }
82
83 dyn_dyn_float Ry (float theta)
84 {
85     dyn_dyn_float t;
86     t[1]=makeDynFloat(cos(theta),0,sin(theta));
87     t[2]=makeDynFloat(0,1,0);
88     t[3]=makeDynFloat(-sin(theta),0,cos(theta));
89     return t;
90 }
91
92 dyn_dyn_float Rz (float theta)
93 {
94     dyn_dyn_float t;
95     t[1]=makeDynFloat(cos(theta),-sin(theta),0);
96     t[2]=makeDynFloat(sin(theta),cos(theta),0);
97     t[3]=makeDynFloat(0,0,1);
98     return t;
99 }
100
101 void clearScene ()
102 {
103     dyn_dyn_string zCode;
104     zCode[1] = "I1A";
105     zCode[2] = "I1C";
106     zCode[3] = "I2A";
107     zCode[4] = "I2C";
108     zCode[5] = "O1A";
109     zCode[6] = "O1C";
110     zCode[7] = "O2A";
111     zCode[8] = "O2C";
112
113     for (int sectorNo = 1; sectorNo<=16; sectorNo++)
114     {
115         string sectorString = "";
116         if (sectorNo < 10)
117             sectorString = "0" + sectorNo;
```

```

118     else
119         sectorString = sectorNo;
120     for (int j=1; j<9; j++){
121         ProgressBar1.value = ProgressBar1.value + 1;
122         if (sectorNo%2 == 0){//even
123             fw3DViewer_Scene1.delShape("SM" + zCode[j] + sectorString);
124         }
125         else
126         {
127             fw3DViewer_Scene1.delShape("LM" + zCode[j] + sectorString);
128         }
129     }
130 }
131 }

```

./appendixB/Panel{Scopelib}.ctl

B.1.2 Initialize

```

1 main()
2 {
3     const float PI = 3.141592654;
4     addGlobal("RADS_TO_DEGS", FLOAT_VAR);
5     RADS_TO_DEGS = 180.0/PI;
6     addGlobal("DEGS_TO_RADS", FLOAT_VAR);
7     DEGS_TO_RADS = PI/180.0;
8     addGlobal("systemName", STRING_VAR);
9     systemName = getSystemName();
10    addGlobal("Redraw", BOOL_VAR);
11    Redraw = FALSE;
12
13    ProgressBar1.percentageVisible = FALSE;
14
15    //Grouping
16    fw3DViewer_Scene1.addGroup("Barrel", "root");
17    fw3DViewer_Scene1.addGroup("Endcaps", "root");
18    fw3DViewer_Scene1.addGroup("LO1", "Endcaps");
19    fw3DViewer_Scene1.addGroup("LO2", "Endcaps");
20    fw3DViewer_Scene1.addGroup("LI1", "Endcaps");
21    fw3DViewer_Scene1.addGroup("LI2", "Endcaps");
22    fw3DViewer_Scene1.addGroup("SO1", "Endcaps");
23    fw3DViewer_Scene1.addGroup("SO2", "Endcaps");
24    fw3DViewer_Scene1.addGroup("SI1", "Endcaps");
25    fw3DViewer_Scene1.addGroup("SI2", "Endcaps");
26    //
27 }

```

./appendixB/Initialize.ctl

B.2 Components

B.2.1 fw3DViewer-Scene1

```

1 // [fw3DViewer_Scene1] [2] - [shapeClicked]
2 shapeClicked(string name, int x, int y, int z, int transparency)
3 {
4     if (SeekBar.enabled == FALSE)
5         SeekButton.enabled = TRUE;
6     multipletTextfield.text = name;
7 }
8
9 // [fw3DViewer_Scene1] [2] - [Initialize]
10 main()
11 {
12     fw3DViewer_Scene1.setBackgroundColor("{218,239,251}");
13     fw3DViewer_Scene1.setHeadlight("TRUE");
14     fw3DViewer_Scene1.addGroup("Barrel", "root"); //Grouping
15     fw3DViewer_Scene1.addGroup("Endcaps", "root");
16     fw3DViewer_Scene1.addGroup("LO1", "Endcaps");
17     fw3DViewer_Scene1.addGroup("LO2", "Endcaps");
18     fw3DViewer_Scene1.addGroup("LI1", "Endcaps");
19     fw3DViewer_Scene1.addGroup("LI2", "Endcaps");
20     fw3DViewer_Scene1.addGroup("SO1", "Endcaps");
21     fw3DViewer_Scene1.addGroup("SO2", "Endcaps");
22     fw3DViewer_Scene1.addGroup("SI1", "Endcaps");
23     fw3DViewer_Scene1.addGroup("SI2", "Endcaps");
24     drawEndcaps();
25 }

```

./appendixB/fw3DViewer{Scene1.ctl

B.2.2 Buttons

```

1 // [ConfigurationButton] [3] - [Clicked]
2 main()
3 {
4     ChildPanelOnCentral("3DEndcapsConfiguration.pnl", "", makeDynString(""));
5 }
6
7 // [ConfigurationButton] [3] - [KeyboardFocusIn]
8 main()
9 { //call redraw function check variable redraw
10     if (Redraw == TRUE){
11         ProgressBar1.value = 0;
12         ProgressBar1.visible = TRUE;
13         RebuildMsg.visible = TRUE;
14         clearScene();

```

```

15     drawEndcaps() ;
16     RebuildMsg.visible = FALSE;
17     ProgressBar1.visible = FALSE;
18 }
19 Redraw = FALSE;
20 }
21 =====
22 // [RefreshButton] [7] - [Clicked]
23 main()
24 {
25     SeekButton.enabled = FALSE;
26     multipletTextfield.text = "";
27     fw3DViewer_Scene1.setTransparency("root", "0.00");
28     fw3DViewer_Scene1.setBackgroundColor("Primary Foreground");
29     fw3DViewer_Scene1.backCol("Primary Foreground");
30     ProgressBar1.value = 0;
31     ProgressBar1.visible = TRUE;
32     RebuildMsg.visible = TRUE;
33     clearScene();
34     drawEndcaps();
35     RebuildMsg.visible = FALSE;
36     ProgressBar1.visible = FALSE;
37 }
38 =====
39 // [SeekBar] [8] - [Clicked]
40 main()
41 {
42     fw3DViewer_Scene1.setViewing(TRUE);
43     string name = strtoupper(multipletTextfield.text()); //To upper case
44     if inserted manually.
45     fw3DViewer_Scene1.seekToShape(name);
46     fw3DViewer_Scene1.setTransparency("root", "0.70");
47     fw3DViewer_Scene1.setTransparency(name, "0.00");
48     fw3DViewer_Scene1.setBackgroundColor(".Grey");
49     fw3DViewer_Scene1.backCol(".Grey");
50 }
51 =====
52 // [HomeButton] [11] - [Clicked]
53 main()
54 {
55     SeekButton.enabled = FALSE;
56     multipletTextfield.text = "";
57     fw3DViewer_Scene1.viewAll;
58     fw3DViewer_Scene1.setTransparency("root", "0.00");
59     fw3DViewer_Scene1.setBackgroundColor("Primary Foreground");
60     fw3DViewer_Scene1.backCol("Primary Foreground");
61 }

```

./appendixB/Buttons.ctf

Παράρτημα Γ

Parameter Book

Γ.1 MicroMeGaS parameters

MicroMegas

		Small		Large	
ModuleSpace	mm	0.0	H1_1	mm	895.0 923.0
VFrame	mm	30.0	A_1	mm	500.0 640.0
HFrame	mm	30.0	B_1	mm	1320.0 2008.5
N_Layers_in_multiplet		4	H_1	mm	2210.0 2310.0
N_Layers_in_wedge		8	HGap	mm	5.0 5.0
			A_2	mm	1320.0 2022.8
			B_2	mm	1820.4 2220.0
			H_2	mm	1350.0 1410.0
			Strip_pitch	mm	0.420 0.439

		Small Wedge		Large Wedge	
		Module 1	Module 2	Module 1	Module 2
H1	mm	895.0	3110.0	923.0	3238.0
H	mm	2210.0	1350.0	2310.0	1410.0
H2	mm	3105.0	4460.0	3233.0	4648.0
A	mm	500.0	1320.0	640.0	2022.8
B	mm	1320.0	1820.4	2008.5	2220.0
Side Opening	°	21.0	21.0	33.0	8.0
H1active	mm	925.0	3140.0	953.0	3268.0
Hactive	mm	2150.0	1290.0	2250.0	1350.0
H2active	mm	3075.0	4430.0	3203.0	4618.0
Nstrips		5120	3072	5120	3072
N VMM in R		80	48	80	48
N MMFE		10	6	10	6
Aactive	mm	440.0	1260.0	580.0	1962.8
Bactive	mm	1260.0	1760.4	1948.5	2160.0
Opening at A	°	27.3	23.0	34.9	34.4
Opening at B	°	23.5	22.8	34.9	26.8
Z_Min	mm	7104.5		7528.5	
Z_Max	mm	7394.5		7818.5	
<η_min>		1.593	1.268	1.608	1.281
<η_min>		2.756	1.574	2.783	1.589
Rate	MHz				
η_Min_entrance		1.587	1.263	1.602	1.276
η_Max_entrance		2.750	1.568	2.777	1.584
η_Min_exit	IP-	1.624	1.297	1.637	1.308
η_Max_exit	IP-	2.789	1.604	2.814	1.618
η_Min_entrance		1.561	1.239	1.578	1.254
η_Max_entrance		2.722	1.542	2.751	1.560
η_Min_exit	IP+	1.599	1.273	1.613	1.286
η_Max_exit	IP+	2.762	1.579	2.789	1.595

Г.2 sTGC parameters

Basic parameters

Source: https://twiki.cern.ch/twiki/bin/view/Atlas/NSWParameterBook#Parameter_book

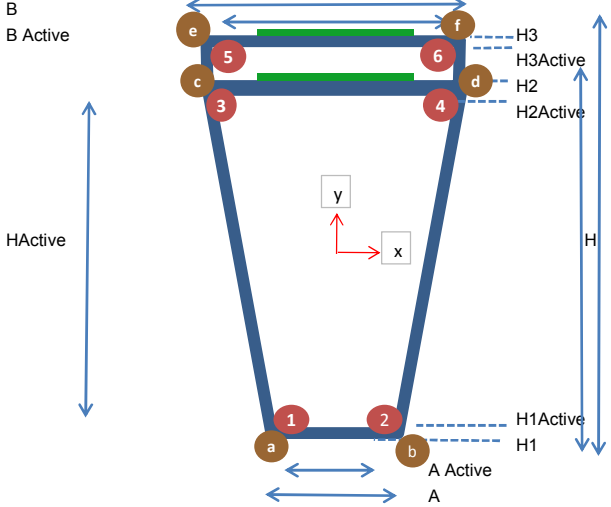
Color code

Solid assumption

Guestimate

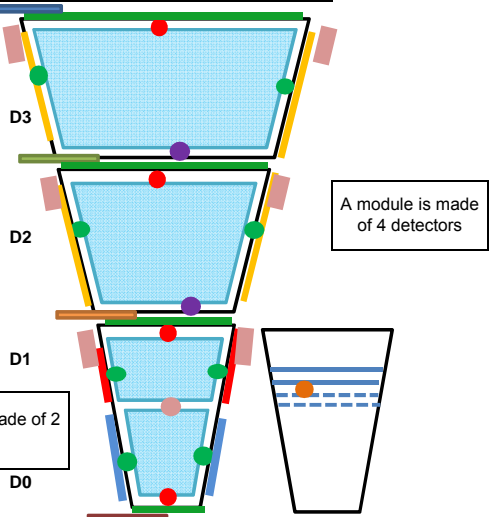
Derived parameter

Note: width of adapters is not accounted for in detector height/width

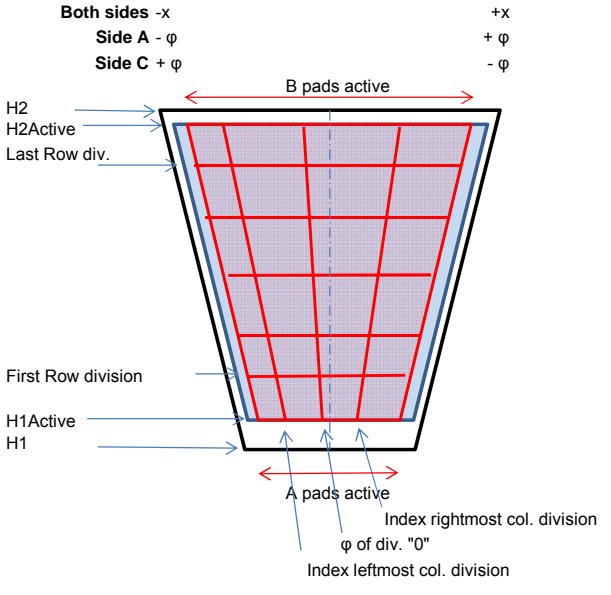


Opening

	Full in deg	Half in rad	Tan(half)	Cos(half)
Small	17	0.148353	0.149451	0.989016
Large	28	0.244346	0.249328	0.970296
Toy	0	0.000000	0.000000	1.000000



Viewed from IP



Nlayers	4	ZBeamDispersion	200.0	mm
NLargeSectors	16	η dispersion	0.01	rad
NSmallSectors	16	ϕ dispersion	0.015	rad
NTotalSectors	32	Zcenter_S	7249.5	mm
Bunch Crossing	40.0	DeltaZ_SL	424.0	mm
TopModuleClearance	10.0	Zcenter_NSW	7461.5	mm
Module23Clearance	6.4	Zcenter_L	7673.5	mm
Module12Clearance	4.0	Overall η min	1.29	
BottomModuleClearance	5.0	Overall η max	2.78	
HVseparation1	17.0	Overall η trigger	2.40	
HFrameNoCapacitor	11.0	EnveloppeMMThick.	290.0	mm
HFrameCapacitor	14.0	MM_Zoffset	50.0	mm
SideFrame Pads	19.0	Z_Enveloppe	5.0	mm
SideFrame Strips	26.0	EnveloppeModuleThick.	70.0	mm
SideFrame	26.0	Small_Large_widening	6.0	mm
Wire Adapters	6.0	Confirmation widening	20.0	mm
Strip Adapters_0	22.0	G10 board width	2100.0	mm
Strip Adapters_1	55.0	G10 board height	1200.0	mm
Strip Adapters_23	40.0	LongSupportSpacing	200.0	mm
VMM width	50.0	LongSupportWidth	7.0	mm
Overlap D0_D1	57.6	LongSupportDead	10.0	mm
Cut out H large	569.0	ButtonSpacing	110.0	mm
Strip Width	2.7	ButtonWidth	7.0	mm
Strip Gap	0.5	ButtonDead	10.0	mm
Strip Total	3.2	ButtonDeadArea	0.8	cm ²
Pitch	1.8	H for Pad Row 0	900.0	-200.0
Shortest wire	50.0	Pad_H	80.0	mm
		Pad_H_minimal	25.0	mm
		Highest pad size	102.4	mm
		Fuzziness in η	2.5	mm
		Pad ϕ Modules 2 & 3	7.50	°
		Pad ϕ subdiv. Module 1	1.5	°
		Pad ϕ Modules 1	5.00	°
		Fuzziness in ϕ	2.0	mm
		Pad ϕ Minimal	0.25	full pad
Trigger Combinatorial				
3 out of 4	35			
Sector trigger	1			
Channels per hits				
Pads	1.03			
Wires	1.01	Toy active height	400.0	mm
Strips	4.7	Toy active width	400.0	mm
Total	6.74	Pad_W_Toy	80.0	mm

Global sizes		Small	Large	Toy
		Pivot	Conf.	
Z of wedge centre Pivot	mm	7394.5	7528.5	35.0
Z of wedge centre confirm	mm	7104.5	7818.5	325.0
H1 Module1		900.2	929.0	
HModule1	mm	1325.6	1296.8	422.0
HModule2	mm	1191.4	1191.4	
HModule3	mm	1005.8	1191.4	
H2Module3	mm	4445.4	4062.0	
H3Module3	mm		4631.0	
HactDet11	mm	810.0	860.0	780.0
Module Width				452.0

Pivot (or all)				Confirmation (if != Pivot)			
1	2	3	4	1	2	3	4
0	0	-0.5	-0.5	-0.25	-0.25	-0.75	-0.75
0	0	-0.5	-0.5	-0.25	-0.75	-0.25	-0.75
1	-1	1	-1				
0.5	0	0.5	0				
0	0.75	0.25	0.5				
1	0.25	0.5	0.75				
1	-1	1	-1				

Gas Volume			
0	1	2	3
20	20	20	20

Detector		First			Last		
First	Last	1	2	3	1	2	3
0	3	0	2	3	1	2	3
1	3	0	2	3	1	2	3
2	3	0	2	3	1	2	3
3	3	0	2	3	1	2	3
4	1	1	1	1	1		
5	1	1	1	1	1		

- 0 SmallPivot
- 1 SmallConfirm
- 2 LargePivot
- 3 LargeConfirm
- 4 ToyPivot
- 5 ToyConfirm

		Basic properties of Small Pivot wedge												Total Wedge
Quadruplet Layer	Gas Volume	QS1P				QS2P				QS3P				3
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
		GS1P1	GS1P2	GS1P3	GS1P4	GS2P1	GS2P2	GS2P3	GS2P4	GS3P1	GS3P2	GS3P3	GS3P4	12
Geometry (Z, R refer to ATLAS reference system)														
Opening ϕ of Module		17.0				17.0				17.0				
1/Cos($\phi/2$)		1.0111				1.0111				1.0111				
Tan($\phi/2$)		0.1495				0.1495				0.1495				
H1	mm	900.2				2235.8				3439.6				900.2
H2	mm	2225.8				3427.2				4445.4				4445.4
H3	mm													
H cutoff	mm													
H	mm	1325.6				1191.4				1005.8				3545.2
H1 adapters	mm	894.2				2235.8				3439.6				3439.6
H2 adapters	mm	2231.8				3433.2				4451.4				4451.4
H3 adapters	mm													
H adapters	mm	1337.6				1197.4				1011.8				3557.2
A	mm	341.9				741.1				1100.9				
B	mm	738.1				1097.2				1401.5				
A adapters	mm	384.6				822.0				1181.8				
B adapters	mm	851.1				1179.9				1484.2				
Z of detector centre	mm	7377.6	7388.9	7400.1	7411.4	7377.6	7388.9	7400.1	7411.4	7377.6	7388.9	7400.1	7411.4	
H1 Active	mm	914.2	1401.8	914.2	1382.6	914.2	1363.4	914.2	1344.2					914.2
H2 Active	mm	1384.8	2211.8	1365.6	2211.8	1346.4	2211.8	1327.2	2211.8					4431.4
H active	mm	470.6	810.0	451.4	829.2	432.2	848.4	413.0	867.6					980.8
H active	mm	1297.6		1297.6		1297.6		1297.6						
η min	IP-	2.388	1.932	2.403	1.934	2.419	1.935	2.434	1.937	1.526	1.527	1.529	1.530	1.294
η max	IP-	2.798	2.376	2.800	2.391	2.801	2.406	2.803	2.422	1.917	1.919	1.920	1.922	1.516
η min	IP-	2.375	1.920	2.390	1.921	2.405	1.922	2.421	1.924	1.514	1.515	1.516	1.518	1.283
η max	IP nom.	2.785	2.363	2.787	2.378	2.788	2.393	2.790	2.408	1.905	1.906	1.907	1.909	1.504
η min	IP+	2.361	1.906	2.377	1.908	2.392	1.909	2.408	1.911	1.501	1.503	1.504	1.505	1.271
η max	IP+	2.772	2.349	2.773	2.364	2.775	2.380	2.776	2.395	1.891	1.893	1.894	1.896	1.491
A Active	mm	293.5	439.2	293.5	433.5	293.5	427.7	293.5	422.0					1051.6
B Active	mm	434.1	681.3	428.4	681.3	422.7	681.3	416.9	681.3					1344.8
(Bactive-Aactive)/2	mm	70.3	121.1	67.5	123.9	64.6	126.8	61.7	129.7					146.6
$\Delta\phi$ at η min	rad	0.311	0.306	0.311	0.306	0.311	0.306	0.312	0.306					0.301
	rad													
$\Delta\phi$ at η max	rad	0.318	0.311	0.318	0.311	0.318	0.311	0.318	0.311	0.306				0.302
Gas volume active area	cm ²	1712	4538	1629	4622	1548	4705	1467	4786	10102				112424
A Pads	mm	279.3				677.6				1037.5				
B Pads	mm	667.2				1026.3				1330.6				
H2 Pads	mm	2211.8				3413.2				4431.4				

Basic properties of Small Confirm wedge													Total Wedge
Quadruplet Layer	QS1C				QS2C				QS3C				3
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Gas Volume	GS1C1	GS1C2	GS1C3	GS1C4	GS2C1	GS2C2	GS2C3	GS2C4	GS3C1	GS3C2	GS3C3	GS3C4	
Geometry (Z, R refer to ATLAS reference system)													
Opening ϕ of Module	17.0				17.0				17.0				
1/Cos($\phi/2$)	1.0111				1.0111				1.0111				
Tan($\phi/2$)	0.1495				0.1495				0.1495				
H1	900.2				2235.8				3439.6				900.2
H2	2225.8				3427.2				4445.4				4445.4
H	1325.6				1191.4				1005.8				3545.2
H1 adapters	894.2				2235.8				3439.6				3439.6
H2 adapters	2231.8				3433.2				4451.4				4451.4
H3 adapters													
H adapters	1337.6				1197.4				1011.8				3557.2
A	341.9				741.1				1100.9				
B	738.1				1097.2				1401.5				
A adapters	384.6				822.0				1181.8				
B adapters	851.1				1179.9				1484.2				
Z of detector centre	7087.6	7098.9	7110.1	7121.4	7087.6	7098.9	7110.1	7121.4	7087.6	7098.9	7110.1	7121.4	
H1 Active	914.2	1351.8	914.2	1332.6	914.2	1313.4	914.2	1294.2					914.2
H2 Active	1334.8	2211.8	1315.6	2211.8	1296.4	2211.8	1277.2	2211.8					4431.4
H active	420.6	860.0	401.4	879.2	382.2	898.4	363.0	917.6					980.8
H active	1297.6		1297.6		1297.6		1297.6						
η min	2.385	1.895	2.401	1.896	2.417	1.898	2.433	1.899	1.490	1.491	1.493	1.494	1.261
η max	2.759	2.373	2.761	2.388	2.762	2.404	2.764	2.420	1.880	1.881	1.883	1.884	1.480
η min	2.371	1.881	2.387	1.883	2.403	1.884	2.420	1.886	1.477	1.479	1.480	1.482	1.249
η max	2.745	2.359	2.747	2.375	2.748	2.390	2.750	2.407	1.866	1.868	1.869	1.871	1.468
η min	2.358	1.868	2.373	1.869	2.389	1.871	2.406	1.872	1.465	1.466	1.467	1.469	1.237
η max	2.731	2.345	2.733	2.361	2.734	2.377	2.736	2.393	1.853	1.854	1.856	1.857	1.455
A Active	293.5	424.3	293.5	418.5	293.5	412.8	293.5	407.1					1051.6
B Active	419.2	681.3	413.5	681.3	407.7	681.3	402.0	681.3					1344.8
(Bactive-Aactive)/2	62.9	128.5	60.0	131.4	57.1	134.3	54.3	137.1					146.6
$\Delta\phi$ at η min	0.312	0.306	0.312	0.306	0.312	0.306	0.312	0.306					0.302
$\Delta\phi$ at η max	0.318	0.311	0.318	0.312	0.318	0.312	0.318	0.312					0.302
Gas volume active area	1499	4754	1419	4835	1340	4915	1262	4994					112434
A Pads	293.5				691.8				1051.6				
B Pads	681.3				1040.4				1344.8				
H2 Pads	2211.8				3413.2				4431.4				

Basic properties of Large Pivot wedge													Total Wedge	
Quadruplet Layer	QL1P				QL2P				QL3P				3	
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
Gas Volume	GL1P1	GL1P2	GL1P3	GL1P4	GL2P1	GL2P2	GL2P3	GL2P4	GL3P1	GL3P2	GL3P3	GL3P4	12	
Geometry (Z, R refer to ATLAS reference system)														
Opening ϕ of Module	28.0				28.0				28.0					
1/Cos($\phi/2$)	1.0306				1.0306				1.0306					
Tan($\phi/2$)	0.2493				0.2493				0.2493					
H1	mm	929.0				2235.8				3439.6				929.0
H2	mm	2225.8				3427.2				4055.5				4055.5
H3	mm									4631.0				4631.0
H cutoff	mm									575.5				
H	mm	1296.8				1191.4				1191.4				3702.0
H1 adapters	mm	923.0				2235.8				3439.6				3439.6
H2 adapters	mm	2231.8				3433.2				4045.5				4045.5
H3 adapters	mm									4637.0				4637.0
H adapters	mm	1308.8				1197.4				605.9				3714.0
A	mm	537.5				1189.1				1789.4				
B	mm	1184.1				1783.2				2098.2				
A adapters	mm	579.8				1271.5				1871.8				
B adapters	mm	1300.5				1868.6				2178.2				
Z of detector centre	mm	7511.6	7522.9	7534.1	7545.4	7511.6	7522.9	7534.1	7545.4	7511.6	7522.9	7534.1	7545.4	
H1 Active	mm	943.0	1431.8	943.0	1412.6	943.0	1393.4	943.0	1374.2					943.0
H2 Active	mm	1414.8	2211.8	1395.6	2211.8	1376.4	2211.8	1357.2	2211.8					4062.0
H3 Active	mm													4617.0
H active	mm	471.8	780.0	452.6	799.2	433.4	818.4	414.2	837.6					
H active	mm	1268.8		1268.8		1268.8		1268.8						
η min	IP-	2.384	1.949	2.399	1.951	2.414	1.952	2.430	1.954	1.542	1.543	1.545	1.546	1.274
η max		2.785	2.373	2.787	2.387	2.788	2.402	2.790	2.417	1.934	1.936	1.937	1.939	1.532
η min		2.371	1.937	2.386	1.938	2.401	1.940	2.417	1.941	1.530	1.531	1.533	1.534	1.263
η intermediate	IP nom.													
η max		2.772	2.360	2.774	2.374	2.775	2.389	2.777	2.404	1.922	1.923	1.925	1.926	1.274
η min		2.358	1.924	2.373	1.925	2.388	1.927	2.404	1.928	1.518	1.519	1.521	1.522	1.279
η max	IP+	2.759	2.346	2.760	2.361	2.762	2.376	2.763	2.391	1.909	1.910	1.912	1.913	1.263
A Active	mm	490.8	734.6	490.8	725.0	490.8	715.4	490.8	705.9					
B Active	mm	726.1	1123.5	716.5	1123.5	707.0	1123.5	697.4	1123.5	1141.0				1741.3
(Bactive-Aactive)/2	mm	117.6	194.5	112.8	199.3	108.1	204.1	103.3	208.8	1722.6				2046.2
$\Delta\phi$ at η min	rad	0.502	0.497	0.503	0.497	0.503	0.497	0.503	0.497	290.8				152.4
$\Delta\phi$ at η intermediate	rad									0.494				0.436
$\Delta\phi$ at η max	rad	0.509	0.502	0.509	0.502	0.509	0.503	0.509	0.503	0.497				0.494
Gas volume active area	cm ²	2871	7247	2732	7387	2596	7525	2461	7662	16701				22088
A Pads	mm	476.4				1126.6				1726.8				
B Pads	mm	1109.1				1708.2				2046.2				
H2 Pads	mm	2211.8				3413.2				4090.9				
													195635	

Basic properties of Large Confirm wedge													Total Wedge	
Quadruplet Layer	QL1C				QL2C				QL3C				3	
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
Gas Volume	GL1C1	GL1C2	GL1C3	GL1C4	GL2C1	GL2C2	GL2C3	GL2C4	GL3C1	GL3C2	GL3C3	GL3C4	12	
Geometry (Z, R refer to ATLAS reference system)														
Opening ϕ of Module	28.0				28.0				28.0					
1/Cos($\phi/2$)	1.0306				1.0306				1.0306					
Tan($\phi/2$)	0.2493				0.2493				0.2493					
H1	mm	929.0				2235.8				3439.6				929.0
H2	mm	2225.8				3427.2				4055.5				4055.5
H3	mm									4631.0				4631.0
H cutoff	mm									575.5				
H	mm	1296.8				1191.4				1191.4				3702.0
H1 adapters	mm	923.0				2235.8				3439.6				3439.6
H2 adapters	mm	2231.8				3433.2				4045.5				4045.5
H3 adapters	mm									4637.0				4637.0
H adapters	mm	1308.8				1197.4				605.9				3714.0
A	mm	537.5				1189.1				1789.4				
B	mm	1184.1				1783.2				2098.2				
A adapters	mm	579.8				1271.5				1871.8				
B adapters	mm	1300.5				1868.6				2178.2				
Z of detector centre	mm	7801.6	7812.9	7824.1	7835.4	7801.6	7812.9	7824.1	7835.4	7801.6	7812.9	7824.1	7835.4	
H1 Active	mm	943.0	1481.8	943.0	1462.6	943.0	1443.4	943.0	1424.2					943.0
H2 Active	mm	1464.8	2211.8	1445.6	2211.8	1426.4	2211.8	1407.2	2211.8					4062.0
H3 Active	mm													4617.0
H active	mm	521.8	730.0	502.6	749.2	483.4	768.4	464.2	787.6					
H active	mm	1268.8		1268.8		1268.8		1268.8						
η min	IP-	2.387	1.985	2.401	1.987	2.416	1.988	2.431	1.990	1.576	1.578	1.579	1.580	1.307
η max		2.822	2.376	2.824	2.390	2.825	2.404	2.827	2.419	1.970	1.972	1.973	1.974	1.566
η min		2.374	1.973	2.389	1.975	2.403	1.976	2.418	1.977	1.565	1.566	1.567	1.569	1.296
η intermediate	IP nom.									1.296	1.297	1.298	1.299	
η max		2.810	2.363	2.811	2.377	2.813	2.392	2.814	2.406	1.408	1.409	1.410	1.411	2.814
η min	IP+	2.362	1.961	2.376	1.962	2.391	1.964	2.406	1.965	1.958	1.959	1.961	1.962	1.555
η max		2.797	2.350	2.798	2.365	2.800	2.379	2.801	2.394	1.553	1.554	1.555	1.557	1.285
A Active	mm	490.8	759.5	490.8	749.9	490.8	740.4	490.8	730.8	1.946	1.947	1.949	1.950	1.543
B Active	mm	751.0	1123.5	741.5	1123.5	731.9	1123.5	722.3	1123.5	1.543	1.544	1.545	1.547	1.547
(Bactive-Aactive)/2	mm	130.1	182.0	125.3	186.8	120.5	191.6	115.7	196.4					
$\Delta\phi$ at η min	rad	0.502	0.497	0.502	0.497	0.502	0.497	0.502	0.497	0.494				0.436
$\Delta\phi$ at η intermediate	rad													0.493
$\Delta\phi$ at η max	rad	0.509	0.502	0.509	0.502	0.509	0.502	0.509	0.502	0.497				0.494
Gas volume active area	cm ²	3240	6873	3097	7018	2955	7161	2816	7302	16701				22088
A Pads	mm	490.8				1141.0				1741.3				
B Pads	mm	1123.5				1722.6				2046.2				
H2 Pads	mm	2211.8				3413.2				4062.0				

Παράρτημα Δ

Upgrade and sTGC code

Δ.1 New code of Main Panel

Δ.1.1 Scopelib

```
1 void drawMMEndcaps()
2 {
3     float dx, dx2, dy, dz, r, z, phi;
4     string DPTname = "ATL_MMGQuadruplet3D";
5     dyn_string multiplerts=dpNames("*", DPTname); //array of names of the
6     // multiplerts. The element [0] is an empty string
7     for (int i=1; i<=dynlen(multiplerts); i++)
8     {
9         string multiplet = substr(multiplerts[i], strlen(systemName), 7);
10        string groupName = substr(multiplet,0,1) + substr(multiplet,2,2);
11
12        dpGet(systemName+multiplet+".info.r:_online.._value",r); //I'm
13        // using the online values so I can
14        dpGet(systemName+multiplet+".info.z:_online.._value",z); //setup
15        // up a rational rule at the original
16        dpGet(systemName+multiplet+".info.dx:_online.._value",dx); //value
17        // through a config in the future
18        dpGet(systemName+multiplet+".info.dy:_online.._value",dy);
19        dpGet(systemName+multiplet+".info.dz:_online.._value",dz);
20        dpGet(systemName+multiplet+".info.dx2:_online.._value",dx2);
21        phi=(int) substr(multiplet, 5, 2)*22.5-22.5;
22
23        // Print the coordinates for every multiplet you recieved from DPs
24        /*
25        DebugN(" multiplet:", multiplet);
26        DebugN(" r:", r);
27        DebugN(" z:", z);
28        DebugN(" dx:", dx);
29        DebugN(" dy:", dy);
```

```

27     DebugN(" dz:", dz);
28     DebugN(" dx2:", dx2);
29     DebugN(" phi:", phi);
30 */
31
32     fw3DViewer_Scene1.addShapeInGroup(groupName, "Trd", multiplet,
                                     // Groups according only to
33     findPosition(r, phi, z, dx, dx2,
dy, dz, 90, 270+phi, 0)); // L/S, I/O, A/C
34     ProgressBar1.value = ProgressBar1.value + 1;
35
36     fw3DViewer_Scene1.setBackgroundColor("FwAtlasFg");
37     //example();
38     //     if (substr(multiplet, 0, 1) == "L")
39     //         fw3DViewer_Scene1.setColor(multiplet, "FwOrange"); //
These are specific colors
40     // fw3DViewer_Scene1.setColor("LMI2C01", "FwStateAttention3"); //for
exhibition purposes
41 }
42 }
43
44 dyn_string findPosition( float r, float phi, float z, float dx, float
dx2, float dy, float dz, float Xturn, float Yturn, float Zturn)
45 {
46     phi = phi * DEGS_TO_RADS;
47     Xturn=Xturn * DEGS_TO_RADS;
48     Yturn=Yturn * DEGS_TO_RADS;
49     Zturn=Zturn * DEGS_TO_RADS;
50     float x = r * cos(phi);
51     float y = r * sin(phi);
52     dyn_dyn_float turn = multiply (multiply (Rx(Xturn), Ry(Yturn)), Rz(
Zturn));
53     string rot = "";
54     for ( int i = 1; i <= 3; i++ )
55         for ( int j = 1; j <= 3; j++ )
56             rot += turn[i][j] + ", "; //transform rotation matrix
to string
57
58     return makeDynString ( "x", x, "y", y, "z", z, "dz", dz/2, "dx", dx
/2, "dx2", dx2/2, "dy", dy/2, "dy2", dy/2, "rotationMatrix", rot);
59 }
60
61 dyn_dyn_float multiply (dyn_dyn_float a, dyn_dyn_float b) // 3x3 array
multiplication
62 {
63     dyn_dyn_float c;
64     for (int i=1; i<=3; i++)
65         for (int j=1; j<=3; j++)
66             {

```

```
67     c[i][j]=0;
68     for (int k=1; k<=3; k++)
69         c[i][j] += a[i][k] * b[k][j];
70     }
71     return c;
72 }
73
74 dyn_dyn_float Rx (float theta)
75 {
76     dyn_dyn_float t;
77     t[1]=makeDynFloat(1,0,0);
78     t[2]=makeDynFloat(0,cos(theta),-sin(theta));
79     t[3]=makeDynFloat(0,sin(theta),cos(theta));
80     return t;
81 }
82
83 dyn_dyn_float Ry (float theta)
84 {
85     dyn_dyn_float t;
86     t[1]=makeDynFloat(cos(theta),0,sin(theta));
87     t[2]=makeDynFloat(0,1,0);
88     t[3]=makeDynFloat(-sin(theta),0,cos(theta));
89     return t;
90 }
91
92 dyn_dyn_float Rz (float theta)
93 {
94     dyn_dyn_float t;
95     t[1]=makeDynFloat(cos(theta),-sin(theta),0);
96     t[2]=makeDynFloat(sin(theta),cos(theta),0);
97     t[3]=makeDynFloat(0,0,1);
98     return t;
99 }
100
101 void clearScene ()
102 {
103     dyn_dyn_string zCode;
104     zCode[1] = "I1A";
105     zCode[2] = "I1C";
106     zCode[3] = "I2A";
107     zCode[4] = "I2C";
108     zCode[5] = "O1A";
109     zCode[6] = "O1C";
110     zCode[7] = "O2A";
111     zCode[8] = "O2C";
112
113     for (int sectorNo = 1; sectorNo<=16; sectorNo++)
114     {
115         string sectorString = "";
```

```

116     if (sectorNo < 10)
117         sectorString = "0" + sectorNo;
118     else
119         sectorString = sectorNo;
120     for (int j=1; j<9; j++){
121         ProgressBar1.value = ProgressBar1.value + 1;
122         if (sectorNo%2 == 0){//even
123             fw3DViewer_Scene1.delShape("SM" + zCode[j] + sectorString);
124         }
125         else
126         {
127             fw3DViewer_Scene1.delShape("LM" + zCode[j] + sectorString);
128         }
129     }
130 }
131 }
132
133 ///*****
134 ///*****
135 ///*****
136
137 void drawTGCEndcaps()
138 {
139     float dx, dx2, dy, dz, r, z, phi;
140     string DPThame = "ATL_TGCQuadruplet3D";
141     dyn_string multiplerts=dpNames("?", DPThame); //array of names of the
142     multiplerts. The element [0] is an empty string
143
144     for (int i=1; i<=dynlen(multiplerts); i++)
145     {
146         string multiplet = substr(multiplerts[i],strlen(systemName),7);
147         string groupName = substr(multiplet,1,3);
148
149         dpGet(systemName+multiplet+".info.r:_online.._value",r); //I'm
150         using the online values so I can
151         dpGet(systemName+multiplet+".info.z:_online.._value",z); //setup
152         up a rational rule at the original
153         dpGet(systemName+multiplet+".info.dx:_online.._value",dx); //value
154         through a config in the future
155         dpGet(systemName+multiplet+".info.dy:_online.._value",dy);
156         dpGet(systemName+multiplet+".info.dz:_online.._value",dz);
157         dpGet(systemName+multiplet+".info.dx2:_online.._value",dx2);
158         phi=(int)substr(multiplet, 5, 2)*22.5-22.5;
159
160         fw3DViewer_Scene1.addShapeInGroup(groupName,"Trd",multiplet,
161             // Groups according only to
162             findPosition(r, phi, z, dx, dx2,
163             dy, dz, 90, 270+phi, 0)); // L/S, I/O, A/C
164         ProgressBar1.value = ProgressBar1.value + 1;

```

```

159         fw3DViewer_Scene1.setBackgroundColor("FwAtlasFg");
160         // example();
161     }
162 }
163 }
164 ///*****
165 void darkmodeon()
166 {
167     fw3DViewer_Scene1.setBackgroundColor("{134,134,134}");
168     fw3DViewer_Scene1.backCol("{134,134,134}");
169     backButton1.backCol("{134,134,134}");
170     backButton2.backCol("{134,134,134}");
171     backButton3.backCol("{134,134,134}");
172     backButton4.backCol("{134,134,134}");
173     LabelTextfield4.backCol("{134,134,134}");
174     LabelTextfield4.foreCol("FwAtlasFg");
175 }
176
177 void darkmodeoff()
178 {
179     fw3DViewer_Scene1.setBackgroundColor("FwAtlasFg");
180     fw3DViewer_Scene1.backCol("FwAtlasFg");
181     backButton1.backCol("FwAtlasFg");
182     backButton2.backCol("FwAtlasFg");
183     backButton3.backCol("FwAtlasFg");
184     backButton4.backCol("FwAtlasFg");
185     LabelTextfield4.backCol("FwAtlasFg");
186     LabelTextfield4.foreCol("FwAtlasBg");
187 }
188 ///*****
189 void example() {
190     fw3DViewer_Scene1.setColor("MMEndcaps", "FwStateOKPhysics");
191     fw3DViewer_Scene1.setColor("LMO1A03", "FwAlarmFatalAck");
192     fw3DViewer_Scene1.setColor("SMO1A16", "FwAlarmFatalAck");
193     fw3DViewer_Scene1.setColor("SMO2C08", "FwAlarmFatalAck");
194
195     fw3DViewer_Scene1.setColor("TGCEndcaps", "FwStateOKPhysics");
196     fw3DViewer_Scene1.setColor("M3L1A07", "FwAlarmFatalAck");
197     fw3DViewer_Scene1.setColor("M3S1A06", "FwAlarmFatalAck");
198     fw3DViewer_Scene1.setColor("M3S2C14", "FwAlarmFatalAck");
199 }
200 ///*****
201 /// Function that gets status values from the dps and puts them into the
    textfields.
202 ///*****
203 putStatusinFields()
204 {
205     int r;
206     string chamberName, status;

```

```

207 chamberName = multipletTextfield.text;
208
209 r=dpGet(chamberName+".PS.HVstatus", status);
210 DebugN("status:",status, "dpGet returned:",r);
211 HVstatusTextfiled.text = status;
212
213 r=dpGet(chamberName+".PS.LVstatus", status);
214 DebugN("status:",status, "dpGet returned:",r);
215 LVstatusTextfiled.text = status;
216
217 r=dpGet(chamberName+".Gas.status", status);
218 DebugN("status:",status, "dpGet returned:",r);
219 GasstatusTextfiled.text = status;
220
221 r=dpGet(chamberName+".Temperature.status", status);
222 DebugN("status:",status, "dpGet returned:",r);
223 TempstatusTextfiled.text = status;
224 }

```

./appendixD/Main{Scopelib}.ctl

Δ.1.2 3D Scene

```

1 // [fw3DViewer_Scene1] [1] - [shapeClicked]
2 shapeClicked(string name, int x, int y, int z, int transparency)
3 {
4     if (SeekButton.enabled == FALSE)
5         SeekButton.enabled = TRUE;
6     multipletTextfield.text = name;
7     multipletTextfield.backCol("FwStateAttention2");
8     delay(0, 200);
9     multipletTextfield.backCol("white");
10    delay(0, 200);
11    multipletTextfield.backCol("FwStateAttention2");
12    delay(0, 200);
13    multipletTextfield.backCol("white");
14    delay(0, 200);
15    multipletTextfield.backCol("FwStateAttention2");
16    delay(0, 200);
17    multipletTextfield.backCol("white");
18 }
19 =====
20 // [fw3DViewer_Scene1] [1] - [Initialize]
21 main ()
22 {
23     addGlobal("Redraw", BOOL_VAR);
24     Redraw = FALSE;
25     fw3DViewer_Scene1.setBackgroundColor("FwAtlasFg");
26     fw3DViewer_Scene1.setHeadlight("TRUE");
27

```

```

28 fw3DViewer_Scene1.addGroup("Barrel", "root");
29 fw3DViewer_Scene1.addGroup("Endcaps", "root");
30 fw3DViewer_Scene1.addGroup("MMEndcaps", "Endcaps");
31 fw3DViewer_Scene1.addGroup("TGCEndcaps", "Endcaps");
32
33 fw3DViewer_Scene1.addGroup("LO1", "MMEndcaps");
34 fw3DViewer_Scene1.addGroup("LO2", "MMEndcaps");
35 fw3DViewer_Scene1.addGroup("LI1", "MMEndcaps");
36 fw3DViewer_Scene1.addGroup("LI2", "MMEndcaps");
37 fw3DViewer_Scene1.addGroup("SO1", "MMEndcaps");
38 fw3DViewer_Scene1.addGroup("SO2", "MMEndcaps");
39 fw3DViewer_Scene1.addGroup("SI1", "MMEndcaps");
40 fw3DViewer_Scene1.addGroup("SI2", "MMEndcaps");
41
42 fw3DViewer_Scene1.addGroup("3L1", "TGCEndcaps");
43 fw3DViewer_Scene1.addGroup("3L2", "TGCEndcaps");
44 fw3DViewer_Scene1.addGroup("2L1", "TGCEndcaps");
45 fw3DViewer_Scene1.addGroup("2L2", "TGCEndcaps");
46 fw3DViewer_Scene1.addGroup("1L1", "TGCEndcaps");
47 fw3DViewer_Scene1.addGroup("1L2", "TGCEndcaps");
48 fw3DViewer_Scene1.addGroup("3S1", "TGCEndcaps");
49 fw3DViewer_Scene1.addGroup("3S2", "TGCEndcaps");
50 fw3DViewer_Scene1.addGroup("2S1", "TGCEndcaps");
51 fw3DViewer_Scene1.addGroup("2S2", "TGCEndcaps");
52 fw3DViewer_Scene1.addGroup("1S1", "TGCEndcaps");
53 fw3DViewer_Scene1.addGroup("1S2", "TGCEndcaps");
54
55 ProgressBar1.value = 0;
56 ProgressBar1.visible = TRUE;
57 initMMBuildButton.visible = TRUE;
58 drawMMEndcaps();
59 initMMBuildButton.visible = FALSE;
60 initTGCBuildButton.visible = TRUE;
61 drawTGCEndcaps();
62 initTGCBuildButton.visible = FALSE;
63 ProgressBar1.visible = FALSE;
64
65 dyn_string dpMMG, dpTGC;
66 dpMMG = dpNames(" *M* ", "ATL_MMGQuadruplet3D");
67 dpTGC = dpNames(" *M* ", "ATL_TGCQuadruplet3D");
68
69 for (int i = 1; i<129; i++){
70     dpMMG[i] = dpMMG[i]+".status";
71 }
72 dpConnect("connectColorsMMG",dpMMG);
73
74
75 for (int i = 1; i<193; i++){
76     dpTGC[i] = dpTGC[i]+".status";

```

```

77     }
78     dpConnect( "connectColorsTGC" ,dpTGC);
79
80
81 }
82 //%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
83 //%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
84 //%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
85 connectColorsMMG(dyn_string dpLR, dyn_string sNewValue)
86 {
87     for (int i = 1; i<129; i++){
88         string quad = substr(dpLR[i], 10, 7);
89
90         if (patternMatch("*F*", sNewValue[i])) {
91             fw3DViewer_Scene1.setColor(quad, "FwStateAttention3");
92         }
93         else if (patternMatch("*E*", sNewValue[i])) {
94             fw3DViewer_Scene1.setColor(quad, "FwStateAttention2");
95         }
96         else if (patternMatch("*W*", sNewValue[i])) {
97             fw3DViewer_Scene1.setColor(quad, "FwStateAttention1");
98         }
99         else if (patternMatch("*O*", sNewValue[i])) {
100             fw3DViewer_Scene1.setColor(quad, "FwStateOKPhysics");
101         }
102         else {
103             fw3DViewer_Scene1.setColor(quad, "FwDead");
104         }
105     }
106 }
107 //%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
108 connectColorsTGC(dyn_string dpLR, dyn_string sNewValue)
109 {
110     for (int i = 1; i<193; i++){
111         string quad = substr(dpLR[i], 10, 7);
112
113         if (patternMatch("*F*", sNewValue[i])) {
114             fw3DViewer_Scene1.setColor(quad, "FwStateAttention3");
115         }
116         else if (patternMatch("*E*", sNewValue[i])) {
117             fw3DViewer_Scene1.setColor(quad, "FwStateAttention2");
118         }
119         else if (patternMatch("*W*", sNewValue[i])) {
120             fw3DViewer_Scene1.setColor(quad, "FwStateAttention1");
121         }
122         else if (patternMatch("*O*", sNewValue[i])) {
123             fw3DViewer_Scene1.setColor(quad, "FwStateOKPhysics");
124         }
125         else {

```



```

126     fw3DViewer_Scene1.setColor(quad, "FwDead");
127     }
128 }
129 }
130 =====
131 // [fw3DViewer_Scene1] [1] - [MouseOver]
132 main(bool enter)
133 {
134     //call redraw function check variable redraw
135     if (Redraw == TRUE){
136         Redraw = FALSE;
137         ProgressBar1.value = 0;
138         ProgressBar1.visible = TRUE;
139         RebuildMsg.visible = TRUE;
140         clearScene();
141         drawMMEndcaps();
142         drawTGCEndcaps();
143         RebuildMsg.visible = FALSE;
144         ProgressBar1.visible = FALSE;
145     }
146 }

```

./appendixD/3DScene.ctl

Δ.1.3 Sliders

```

1 // [MMTransp] [65] - [Change]
2 Change(int value)
3 {
4     dyn_string valu;
5     if (value<10){
6         valu = "0.0" + value;
7     }
8     else{
9         valu = "0." + value;
10    }
11    if (value==100){
12        valu = "1.00";
13    }
14
15    fw3DViewer_Scene1.setTransparency("MMEndcaps", valu);
16
17 }
18
19 =====
20 // [MMTransp] [65] - [Slide]
21 Slide(int value)
22 {
23     dyn_string valu;
24     if (value<10){

```

```
25     valu = "0.0" + value;
26 }
27 else{
28     valu = "0." + value;
29 }
30 if (value==100){
31     valu = "1.00";
32 }
33
34 fw3DViewer_Scene1.setTransparency("MMEndcaps", valu);
35 }
36
37 =====
38 // [sTGCTransp] [66] - [Change]
39 Change(int value)
40 {
41     dyn_string valu;
42     if (value<10){
43         valu = "0.0" + value;
44     }
45     else{
46         valu = "0." + value;
47     }
48     if (value==100){
49         valu = "1.00";
50     }
51     fw3DViewer_Scene1.setTransparency("TGCEndcaps", valu);
52 }
53
54 =====
55 // [sTGCTransp] [66] - [Slide]
56 Slide(int value)
57 {
58     dyn_string valu;
59     if (value<10){
60         valu = "0.0" + value;
61     }
62     else{
63         valu = "0." + value;
64     }
65     if (value==100){
66         valu = "1.00";
67     }
68     fw3DViewer_Scene1.setTransparency("TGCEndcaps", valu);
69 }
70 =====
71 // [LabelTextfield3] [63] - [Clicked]
72 main()
73 {
```

```

74  delay(0,200);
75  fw3DViewer_Scene1.setTransparency("MMEndcaps", 0.5);
76  delay(0,200);
77  fw3DViewer_Scene1.setTransparency("MMEndcaps", 0);
78  delay(0,200);
79  fw3DViewer_Scene1.setTransparency("MMEndcaps", 0.5);
80  delay(0,200);
81  fw3DViewer_Scene1.setTransparency("MMEndcaps", 0);
82  delay(0,200);
83  fw3DViewer_Scene1.setTransparency("MMEndcaps", 0.5);
84  delay(0,200);
85  fw3DViewer_Scene1.setTransparency("MMEndcaps", 0);
86  MMTransp.sliderPosition(0);
87  }
88  =====
89  // [LabelTextfield3] [63] - [Initialize]
90  main()
91  {
92    LabelTextfield3.text = "MM: ";
93  }
94  =====
95  // [LabelTextfield2] [64] - [Clicked]
96  main()
97  {
98    delay(0,200);
99    fw3DViewer_Scene1.setTransparency("TGCEndcaps", 0.5);
100   delay(0,200);
101   fw3DViewer_Scene1.setTransparency("TGCEndcaps", 0);
102   delay(0,200);
103   fw3DViewer_Scene1.setTransparency("TGCEndcaps", 0.5);
104   delay(0,200);
105   fw3DViewer_Scene1.setTransparency("TGCEndcaps", 0);
106   delay(0,200);
107   fw3DViewer_Scene1.setTransparency("TGCEndcaps", 0.5);
108   delay(0,200);
109   fw3DViewer_Scene1.setTransparency("TGCEndcaps", 0);
110   sTGCTransp.sliderPosition(0);
111 }
112 }
113 =====
114 // [LabelTextfield2] [64] - [Initialize]
115 main()
116 {
117   LabelTextfield2.text = "sTGC: ";
118 }

```

./appendixD/Sliders.ctl

Δ.1.4 Buttons

```

1 // [pickButton] [57] – [Clicked]
2 main()
3 {
4     if (this.toggleState()==true) {
5         fw3DViewer_Scene1.setViewing(false);
6         LabelTextfield4.text("Picking Mode");
7         navButton.toggleState(false);
8     }
9     else {
10        fw3DViewer_Scene1.setViewing(true);
11        LabelTextfield4.text("Navigation Mode");
12        navButton.toggleState(true);
13    }
14 }
15 =====
16 // [navButton] [58] – [Clicked]
17 main()
18 {
19     if (this.toggleState()==true) {
20         fw3DViewer_Scene1.setViewing(true);
21         LabelTextfield4.text("Navigation Mode");
22         pickButton.toggleState(false);
23     }
24     else {
25         fw3DViewer_Scene1.setViewing(false);
26         LabelTextfield4.text("Picking Mode");
27         pickButton.toggleState(true);
28     }
29 }
30 =====
31 // [navButton] [64] – [Initialize]
32 main()
33 {
34     this.toggleState(true);
35 }
36 =====
37 // [SeekBar] [5] – [Clicked]
38 main()
39 {
40
41     fw3DViewer_Scene1.setViewing(TRUE);
42     string name = strtoupper(multipletTextfield.text()); //To upper case
43     if inserted manually.
44     fw3DViewer_Scene1.seekToShape(name);
45     fw3DViewer_Scene1.setTransparency("root", "0.70");
46     fw3DViewer_Scene1.setTransparency(name, "0.00");
47     sTGCTransp.sliderPosition(70);
48     MMTransp.sliderPosition(70);
49     darkModeCheck.state(0, true);

```

```

49     darkmodeon();
50     navButton.toggleState(true);
51     LabelTextfield4.text("Navigation Mode");
52     pickButton.toggleState(false);
53 }
54 =====
55 // [HomeButton] [8] - [Clicked]
56 main()
57 {
58     SeekButton.enabled = FALSE;
59     fw3DViewer_Scene1.setTransparency("root", "0.00");
60     fw3DViewer_Scene1.viewAll;
61     sTGCTransp.sliderPosition(0);
62     MMTransp.sliderPosition(0);
63     darkModeCheck.state(0, false);
64     darkmodeoff();
65     multipletTextfield.text = "";
66 }
67 =====
68 // [ConfigurationButton] [59] - [Clicked]
69 main()
70 {
71     addGlobal("mymod", STRING_VAR);
72     addGlobal("mypan", STRING_VAR);
73
74     mymod = myModuleName();
75     mypan = myPanelName();
76
77     addSymbol(myModuleName(), myPanelName(), "fwAtlasMainPanels/
78         UnderConstruction.pnl", "UnderConstruction",
79         makeDynString(), 0, 0, 0, 1., 1.);
80     addSymbol(myModuleName(), myPanelName(), "fwAtlasMainPanels/3
81         DEndcapsConfiguration.pnl", "Configuration",
82         makeDynString(), 144, 184, 0, 1., 1.);

```

./appendixD/Buttons.ctl

Δ.1.5 Others

```

1 // [multipletTextfield] [6] - [TextChanged]
2 main(string newText)
3 {
4     dyn_string dpL;
5     if (dpLold != ""){
6         DebugN("Came here!");
7         dpDisconnect("putStatusinFields1", dpLold);
8     }
9     if (newText != ""){

```

```

10  dpL[1] = "ATLMDTIPS2: "+newText+ ".PS.HVstatus";
11  dpL[2] = "ATLMDTIPS2: "+newText+ ".PS.LVstatus";
12  dpL[3] = "ATLMDTIPS2: "+newText+ ".Gas.status";
13  dpL[4] = "ATLMDTIPS2: "+newText+ ".Temperature.status";
14
15  dpL[5] = "ATLMDTIPS2: "+newText+ ".Temperature.TL1";
16  dpL[6] = "ATLMDTIPS2: "+newText+ ".Temperature.TL2";
17  dpL[7] = "ATLMDTIPS2: "+newText+ ".Temperature.TT1";
18  dpL[8] = "ATLMDTIPS2: "+newText+ ".Temperature.TT2";
19  dpL[9] = "ATLMDTIPS2: "+newText+ ".Temperature.TR";
20
21  dpL[10] = "ATLMDTIPS2: "+newText+ ".Other.M1";
22  dpL[11] = "ATLMDTIPS2: "+newText+ ".Other.M2";
23  dpL[12] = "ATLMDTIPS2: "+newText+ ".Other.M3";
24  dpL[13] = "ATLMDTIPS2: "+newText+ ".Other.M4";
25  dpL[14] = "ATLMDTIPS2: "+newText+ ".Other.M5";
26  dpL[15] = "ATLMDTIPS2: "+newText+ ".Other.M6";
27  dpL[16] = "ATLMDTIPS2: "+newText+ ".Other.M7";
28  dpL[17] = "ATLMDTIPS2: "+newText+ ".Other.M8";
29  dpLold = dpL;
30  dpConnect( "putStatusinFields1", dpL);
31  }
32
33  else {
34    HVstatusTextfiled.text="Pick a quadruplet";
35    HVstatusTextfiled.backCol("FwDead");
36    LVstatusTextfiled.backCol("FwDead");
37    LVstatusTextfiled.text="to show";
38    GasstatusTextfiled.backCol("FwDead");
39    GasstatusTextfiled.text="its status here!";
40    TempstatusTextfiled.backCol("FwDead");
41    TempstatusTextfiled.text="";
42    POLYGON1.backCol("{94,140,255}");
43    TL1Textfield.text = "";
44    TL2Textfield.text = "";
45    TT1Textfield.text = "";
46    TT2Textfield.text = "";
47    TRTextfield.text = "";
48    M1Textfield.text = "";
49    M2Textfield.text = "";
50    M3Textfield.text = "";
51    M4Textfield.text = "";
52    M5Textfield.text = "";
53    M6Textfield.text = "";
54    M7Textfield.text = "";
55    M8Textfield.text = "";
56  }
57 }
58

```

```

59 putStatusinFields1(dyn_string dpLR, dyn_string sNewValue)
60 {
61     setValue("HVstatusTextfiled", "text", dpValToString(dpLR[1], sNewValue
62         [1], TRUE));
63     setValue("LVstatusTextfiled", "text", dpValToString(dpLR[2], sNewValue
64         [2], TRUE));
65     setValue("GasstatusTextfiled", "text", dpValToString(dpLR[3], sNewValue
66         [3], TRUE));
67     setValue("TempstatusTextfiled", "text", dpValToString(dpLR[4], sNewValue
68         [4], TRUE));
69
70     setValue("TL1Textfield", "text", dpValToString(dpLR[5], sNewValue[5],
71         TRUE));
72     setValue("TL2Textfield", "text", dpValToString(dpLR[6], sNewValue[6],
73         TRUE));
74     setValue("TT1Textfield", "text", dpValToString(dpLR[7], sNewValue[7],
75         TRUE));
76     setValue("TT2Textfield", "text", dpValToString(dpLR[8], sNewValue[8],
77         TRUE));
78     setValue("TRTextfield", "text", dpValToString(dpLR[9], sNewValue[9], TRUE
79         ));
80
81     setValue("M1Textfield", "text", dpValToString(dpLR[10], sNewValue[10],
82         TRUE));
83     setValue("M2Textfield", "text", dpValToString(dpLR[11], sNewValue[11],
84         TRUE));
85     setValue("M3Textfield", "text", dpValToString(dpLR[12], sNewValue[12],
86         TRUE));
87     setValue("M4Textfield", "text", dpValToString(dpLR[13], sNewValue[13],
88         TRUE));
89     setValue("M5Textfield", "text", dpValToString(dpLR[14], sNewValue[14],
90         TRUE));
91     setValue("M6Textfield", "text", dpValToString(dpLR[15], sNewValue[15],
92         TRUE));
93     setValue("M7Textfield", "text", dpValToString(dpLR[16], sNewValue[16],
94         TRUE));
95     setValue("M8Textfield", "text", dpValToString(dpLR[17], sNewValue[17],
96         TRUE));
97 }
98
99 =====
100 // [LabelTextfield1] [7] - [Initialize]
101 main()
102 {
103     LabelTextfield1.text = "Selected Quadruplet:";
104 }
105
106 =====
107 // [HVstatusTextfiled] [9] - [TextChanged]
108 main(string newText)
109 {

```

```
91     switch (newText)
92     {
93     case ("OK"): {
94         this.backCol("FwStateOKPhysics");
95         break;
96     }
97     case ("WARNING"): {
98         this.backCol("FwStateAttention1");
99         break;
100    }
101    case ("ERROR"): {
102        this.backCol("FwStateAttention2");
103        break;
104    }
105    case ("FATAL"): {
106        this.backCol("FwStateAttention3");
107        break;
108    }
109    default:
110        if (multipletTextfield.text == ""){
111            this.backCol("FwDead");
112            this.text="Pick a quadruplet";
113        }
114        else {
115            this.backCol("FwDead");
116            this.text="DEAD";}
117    }
118    calculateStatus ();
119 }
120 =====
121 // [LVstatusTextfiled] [10] – [TextChanged]
122 main(string newText)
123 {
124     switch (newText)
125     {
126     case ("OK"): {
127         this.backCol("FwStateOKPhysics");
128         break;
129     }
130     case ("WARNING"): {
131         this.backCol("FwStateAttention1");
132         break;
133     }
134     case ("ERROR"): {
135         this.backCol("FwStateAttention2");
136         break;
137     }
138     case ("FATAL"): {
139         this.backCol("FwStateAttention3");
```



```

140         break;
141     }
142     default:
143         if (multipletTextfield.text == ""){
144             this.backCol("FwDead");
145             this.text="to show";
146         }
147         else {
148             this.backCol("FwDead");
149             this.text="DEAD";}
150     }
151     calculateStatus();
152 }
153 =====
154 // [PRIMITIVE_TEXT1] [11] - [Clicked]
155 main()
156 {
157     string domain = "MDTIPS_BC_OUTER";
158     string chamber = "MDTIPS_BOS1C04";
159     //chamber = "MDTIPS_" + multipletTextfield.text;
160     //domain = "MMPS_"+barrelOrEndcap+AorCside+"_"+innerOrOuter ...
161     fwFsmAtlas_navigate(domain, chamber);
162 }
163 =====
164 // [PRIMITIVE_TEXT2] [12] - [Clicked]
165 main()
166 {
167     string domain = "MDTIPS_BC_OUTER";
168     string chamber = "MDTIPS_BOS1C04";
169     //chamber = "MDTIPS_" + multipletTextfield.text;
170     //domain = "MMPS_"+barrelOrEndcap+AorCside+"_"+innerOrOuter ...
171     fwFsmAtlas_navigate(domain, chamber);
172 }
173 =====
174 // [TempstatusTextfiled] [44] - [TextChanged]
175 main(string newText)
176 {
177     switch (newText)
178     {
179     case ("OK"): {
180         this.backCol("FwStateOKPhysics");
181         POLYGON1.backCol("FwStateOKPhysics");
182         break;
183     }
184     case ("WARNING"): {
185         this.backCol("FwStateAttention1");
186         POLYGON1.backCol("FwStateAttention1");
187         break;
188     }

```

```

189     case ("ERROR"): {
190         this.backCol("FwStateAttention2");
191         POLYGON1.backCol("FwStateAttention2");
192         break;
193     }
194     case ("FATAL"): {
195         this.backCol("FwStateAttention3");
196         POLYGON1.backCol("FwStateAttention3");
197         break;
198     }
199     default:
200         if (multipletTextfield.text == ""){
201             this.backCol("FwDead");
202             this.text="values here!";
203             POLYGON1.backCol("{94,140,255}");
204         }
205         else {
206             this.backCol("FwDead");
207             this.text="DEAD";
208             POLYGON1.backCol("{94,140,255}");
209         }
210     }
211     calculateStatus();
212 }
213 =====
214 // [PRIMITIVE_TEXT18] [45] - [Clicked]
215 main()
216 {
217     string domain = "MDTPS_BC_OUTER";
218     string chamber = "MDTPS_BOSIC04";
219     //chamber = "MDTPS_" + multipletTextfield.text;
220     //domain = "MMPS_"+barrelOrEndcap+AorCside+"_"+innerOrOuter ...
221     fwFsmAtlas_navigate(domain, chamber);
222 }
223 =====
224 // [PRIMITIVE_TEXT3] [47] - [Clicked]
225 main()
226 {
227     string domain = "MDTPS_BC_OUTER";
228     string chamber = "MDTPS_BOSIC04";
229     //chamber = "MMGAS_" + multipletTextfield.text;
230     //domain = "MMGS_"+barrelOrEndcap+AorCside+"_"+innerOrOuter ...
231     fwFsmAtlas_navigate(domain, chamber);
232 }
233 =====
234 // [GasstatusTextfiled] [48] - [TextChanged]
235 main(string newText)
236 {
237     switch (newText)

```

```
238     {
239         case("OK"): {
240             this.backCol("FwStateOKPhysics");
241             break;
242         }
243         case("WARNING"): {
244             this.backCol("FwStateAttention1");
245             break;
246         }
247         case("ERROR"): {
248             this.backCol("FwStateAttention2");
249             break;
250         }
251         case("FATAL"): {
252             this.backCol("FwStateAttention3");
253             break;
254         }
255     default:
256         if (multipletTextfield.text == ""){
257             this.backCol("FwDead");
258             this.text="its status and";
259         }
260         else {
261             this.backCol("FwDead");
262             this.text="DEAD";}
263     }
264     calculateStatus();
265 }
266 =====
267 // [darkModeCheck] [51] – [Clicked]
268 main(int button, int state)
269 {
270
271     if (state == 0)
272     {
273         darkmodeoff();
274     }
275     else{
276         darkmodeon();
277     }
278
279 }
280 =====
281 // [LabelTextfield4] [62] – [Initialize]
282 main()
283 {
284     LabelTextfield4.text = "Navigation Mode";
```

```
285 }
    ./appendixD/Others.ctl
```

Δ.2 Configuration Panel

Δ.2.1 Scopelib

```
1 set ()
2 {
3   float M3Ldx2 = M3Ldx2TextField.text;
4   float M3Ldx = M3LdxTextField.text;
5   float M3Ldy = MLdyTextField.text;
6   float M3Ldz = M3LdzTextField.text;
7   float M3LrCenter = M3LrTextField.text;
8   float M3Lr = M3LrCenter + M3Ldz/2;
9
10  float M2Ldx2 = M2Ldx2TextField.text;
11  float M2Ldx = M2LdxTextField.text;
12  float M2Ldy = MLdyTextField.text;
13  float M2Ldz = M2LdzTextField.text;
14  float M2LrCenter = M2LrTextField.text;
15  float M2Lr = M2LrCenter + M2Ldz/2;
16
17  float M1Ldx2 = M1Ldx2TextField.text;
18  float M1Ldx = M1LdxTextField.text;
19  float M1Ldy = MLdyTextField.text;
20  float M1Ldz = M1LdzTextField.text;
21  float M1LrCenter = M1LrTextField.text;
22  float M1Lr = M1LrCenter + M1Ldz/2;
23
24  float LTz1_1 = LTz1_1TextField.text;
25  float LTz1_2 = LTz1_2TextField.text;
26  float LTz1_3 = LTz1_3TextField.text;
27  float LTz1_4 = LTz1_4TextField.text;
28
29  float LTz2_1 = LTz2_1TextField.text;
30  float LTz2_2 = LTz2_2TextField.text;
31  float LTz2_3 = LTz2_3TextField.text;
32  float LTz2_4 = LTz2_4TextField.text;
33
34  float LTz1 = (LTz1_1 + LTz1_2 + LTz1_3 + LTz1_4)/4;    // Calculates
    pivot wedge's center in z (1)
35  float LTz2 = (LTz2_1 + LTz2_2 + LTz2_3 + LTz2_4)/4;    // Calculates
    confirm wedge's center in z (2)
36  //*****
37  fw3DLTConfiguration.setGeometry("M3L1", makeDynString("x", "0", "y",
    M3Lr, "z", LTz1, "dz", M3Ldz/2, "dx", M3Ldx/2, "dx2", M3Ldx/2,
```

```

38     "dy", M3Ldy
    /2, "dy2", M3Ldy/2, "rotationAngle", "1, 0, 0, 1.57"));
39 fw3DLTConfiguration.setGeometry("M3L2", makeDynString("x", "0", "y",
    M3Lr, "z", LTz2, "dz", M3Ldz/2, "dx", M3Ldx/2, "dx2", M3Ldx2/2,
40     "dy", M3Ldy
    /2, "dy2", M3Ldy/2, "rotationAngle", "1, 0, 0, 1.57"));
41 ///*****
42 fw3DLTConfiguration.setGeometry("M2L1", makeDynString("x", "0", "y",
    M2Lr, "z", LTz1, "dz", M2Ldz/2, "dx", M2Ldx/2, "dx2", M2Ldx2/2,
43     "dy", M2Ldy
    /2, "dy2", M2Ldy/2, "rotationAngle", "1, 0, 0, 1.57"));
44 fw3DLTConfiguration.setGeometry("M2L2", makeDynString("x", "0", "y",
    M2Lr, "z", LTz2, "dz", M2Ldz/2, "dx", M2Ldx/2, "dx2", M2Ldx2/2,
45     "dy", M2Ldy
    /2, "dy2", M2Ldy/2, "rotationAngle", "1, 0, 0, 1.57"));
46 ///*****
47 fw3DLTConfiguration.setGeometry("M1L1", makeDynString("x", "0", "y",
    M1Lr, "z", LTz1, "dz", M1Ldz/2, "dx", M1Ldx/2, "dx2", M1Ldx2/2,
48     "dy", M1Ldy
    /2, "dy2", M1Ldy/2, "rotationAngle", "1, 0, 0, 1.57"));
49 fw3DLTConfiguration.setGeometry("M1L2", makeDynString("x", "0", "y",
    M1Lr, "z", LTz2, "dz", M1Ldz/2, "dx", M1Ldx/2, "dx2", M1Ldx2/2,
50     "dy", M1Ldy
    /2, "dy2", M1Ldy/2, "rotationAngle", "1, 0, 0, 1.57"));
51 }
52 ///*****
53 ///*****
54 ///*****
55 void createTGCMultipletDPT() {
56     int ret;
57     dyn_dyn_string dptElements;
58     dyn_dyn_int dptTypes;
59     dyn_string ds;
60
61
62     // Create the data type Elements
63     dptElements[1] = makeDynString ("ATL_TGCQuadruplet3D", "", "", "");
64     dptElements[2] = makeDynString ("", "status", "", "");
65     dptElements[3] = makeDynString ("", "info", "", "");
66     dptElements[4] = makeDynString ("", "", "r", "");
67     dptElements[5] = makeDynString ("", "", "z", "");
68     dptElements[6] = makeDynString ("", "", "dx", "");
69     dptElements[7] = makeDynString ("", "", "dy", "");
70     dptElements[8] = makeDynString ("", "", "dz", "");
71     dptElements[9] = makeDynString ("", "", "dx2", "");
72     dptElements[10] = makeDynString ("", "PS", "", "");
73     //dptElements[#] = makeDynString ("", "", "Vmon1", ""); // In case we
    want to create
74     //dptElements[#] = makeDynString ("", "", "Vmon2", ""); // new dpes for

```

```

    Vmon for 2 Channels.
75  dptElements[11] = makeDynString ( "", "", "HVstatus", "" );
76  dptElements[12] = makeDynString ( "", "", "LVstatus", "" );
77  dptElements[13] = makeDynString ( "", "Gas", "", "" );
78  dptElements[14] = makeDynString ( "", "", "status", "" );
79  dptElements[15] = makeDynString ( "", "Temperature", "", "" );
80  dptElements[16] = makeDynString ( "", "", "status", "" );
81  dptElements[17] = makeDynString ( "", "", "TL1", "" );
82  dptElements[18] = makeDynString ( "", "", "TL2", "" );
83  dptElements[19] = makeDynString ( "", "", "TT1", "" );
84  dptElements[20] = makeDynString ( "", "", "TT2", "" );
85  dptElements[21] = makeDynString ( "", "", "TR", "" );
86  dptElements[22] = makeDynString ( "", "Other", "", "" );
87  dptElements[23] = makeDynString ( "", "", "M1", "" );
88  dptElements[24] = makeDynString ( "", "", "M2", "" );
89  dptElements[25] = makeDynString ( "", "", "M3", "" );
90  dptElements[26] = makeDynString ( "", "", "M4", "" );
91  dptElements[27] = makeDynString ( "", "", "M5", "" );
92  dptElements[28] = makeDynString ( "", "", "M6", "" );
93  dptElements[29] = makeDynString ( "", "", "M7", "" );
94  dptElements[30] = makeDynString ( "", "", "M8", "" );
95  // Create the data type subtypes
96  dptTypes[1] = makeDynInt (DPEL_STRUCT);
97  dptTypes[2] = makeDynInt (0,DPEL_STRING);
98  dptTypes[3] = makeDynInt (0,DPEL_STRUCT);
99  dptTypes[4] = makeDynInt (0,0,DPEL_FLOAT);
100 dptTypes[5] = makeDynInt (0,0,DPEL_FLOAT);
101 dptTypes[6] = makeDynInt (0,0,DPEL_FLOAT);
102 dptTypes[7] = makeDynInt (0,0,DPEL_FLOAT);
103 dptTypes[8] = makeDynInt (0,0,DPEL_FLOAT);
104 dptTypes[9] = makeDynInt (0,0,DPEL_FLOAT);
105 dptTypes[10] = makeDynInt (0,DPEL_STRUCT);
106 //dptTypes[#] = makeDynInt (0,0,DPEL_FLOAT); // And here we have to
    define
107 //dptTypes[#] = makeDynInt (0,0,DPEL_FLOAT); // the type of the new
    dpes
108 dptTypes[11] = makeDynInt (0,0,DPEL_STRING);
109 dptTypes[12] = makeDynInt (0,0,DPEL_STRING);
110 dptTypes[13] = makeDynInt (0,DPEL_STRUCT);
111 dptTypes[14] = makeDynInt (0,0,DPEL_STRING);
112 dptTypes[15] = makeDynInt (0,DPEL_STRUCT);
113 dptTypes[16] = makeDynInt (0,0,DPEL_STRING);
114 dptTypes[17] = makeDynInt (0,0,DPEL_FLOAT);
115 dptTypes[18] = makeDynInt (0,0,DPEL_FLOAT);
116 dptTypes[19] = makeDynInt (0,0,DPEL_FLOAT);
117 dptTypes[20] = makeDynInt (0,0,DPEL_FLOAT);
118 dptTypes[21] = makeDynInt (0,0,DPEL_FLOAT);
119 dptTypes[22] = makeDynInt (0,DPEL_STRUCT);
120 dptTypes[23] = makeDynInt (0,0,DPEL_FLOAT);

```

```
121     dptTypes[24] = makeDynInt (0,0,DPEL_FLOAT);
122     dptTypes[25] = makeDynInt (0,0,DPEL_FLOAT);
123     dptTypes[26] = makeDynInt (0,0,DPEL_FLOAT);
124     dptTypes[27] = makeDynInt (0,0,DPEL_FLOAT);
125     dptTypes[28] = makeDynInt (0,0,DPEL_FLOAT);
126     dptTypes[29] = makeDynInt (0,0,DPEL_FLOAT);
127     dptTypes[30] = makeDynInt (0,0,DPEL_FLOAT);
128
129 //   if (!dpExists("ATL_TGCQuadruplet3D"))
130     ds=dptTypes("ATL_TGCQuadruplet3D");
131 //   DebugN("to ds perixei:", ds);
132
133     if (ds=="ATL_TGCQuadruplet3D")
134     {
135         DebugN("DPT already existed!");
136     }
137     else {
138         ret=dpTypeCreate(dptElements,dptTypes);
139         if (ret==0){
140             DebugN("DPT was created successfully!");}
141         else {
142             DebugN("There was an error creating the DPT.");}
143     }
144 }
145 ///*****
146 ///*****
147 ///*****
148 layer3on() {
149     RECTANGLE1.visible = true;
150     FRAME3.visible = true;
151     PRIMITIVE_TEXT21.visible = true;
152     PRIMITIVE_TEXT22.visible = true;
153     LINE1.visible = true;
154     PRIMITIVE_TEXT11.visible = true;
155     PRIMITIVE_TEXT12.visible = true;
156     PRIMITIVE_TEXT19.visible = true;
157     PRIMITIVE_TEXT20.visible = true;
158     PRIMITIVE_TEXT23.visible = true;
159     PRIMITIVE_TEXT24.visible = true;
160     PRIMITIVE_TEXT25.visible = true;
161     PRIMITIVE_TEXT26.visible = true;
162     PRIMITIVE_TEXT3.visible = true;
163     LTz1_1TextField.visible = true;
164     LTz1_2TextField.visible = true;
165     LTz1_3TextField.visible = true;
166     LTz1_4TextField.visible = true;
167     LTz2_1TextField.visible = true;
168     LTz2_2TextField.visible = true;
169     LTz2_3TextField.visible = true;
```

```
170     LTz2_4TextField.visible = true;
171     MLdyTextField.visible = true;
172     LWsavePushButton.visible = true;
173 }
174
175 layer3off() {
176     RECTANGLE1.visible = false;
177     FRAME3.visible = false;
178     PRIMITIVE_TEXT21.visible = false;
179     PRIMITIVE_TEXT22.visible = false;
180     LINE1.visible = false;
181     PRIMITIVE_TEXT11.visible = false;
182     PRIMITIVE_TEXT12.visible = false;
183     PRIMITIVE_TEXT19.visible = false;
184     PRIMITIVE_TEXT20.visible = false;
185     PRIMITIVE_TEXT23.visible = false;
186     PRIMITIVE_TEXT24.visible = false;
187     PRIMITIVE_TEXT25.visible = false;
188     PRIMITIVE_TEXT26.visible = false;
189     PRIMITIVE_TEXT3.visible = false;
190     LTz1_1TextField.visible = false;
191     LTz1_2TextField.visible = false;
192     LTz1_3TextField.visible = false;
193     LTz1_4TextField.visible = false;
194     LTz2_1TextField.visible = false;
195     LTz2_2TextField.visible = false;
196     LTz2_3TextField.visible = false;
197     LTz2_4TextField.visible = false;
198     MLdyTextField.visible = false;
199     LWsavePushButton.visible = false;
200 }
201
202 layer2off() {
203     FRAME1.visible = false;
204     FRAME2.visible = false;
205     FRAME4.visible = false;
206     configZAxis.visible = false;
207     PRIMITIVE_TEXT1.visible = false;
208     PRIMITIVE_TEXT2.visible = false;
209     PRIMITIVE_TEXT5.visible = false;
210     PRIMITIVE_TEXT4.visible = false;
211     PRIMITIVE_TEXT7.visible = false;
212     PRIMITIVE_TEXT9.visible = false;
213     PRIMITIVE_TEXT10.visible = false;
214     PRIMITIVE_TEXT13.visible = false;
215     PRIMITIVE_TEXT14.visible = false;
216     PRIMITIVE_TEXT15.visible = false;
217     PRIMITIVE_TEXT17.visible = false;
218     PRIMITIVE_TEXT18.visible = false;
```



```
219     M3LdxTextField.visible = false;
220     M2LdxTextField.visible = false;
221     M1LdxTextField.visible = false;
222     M3Ldx2TextField.visible = false;
223     M2Ldx2TextField.visible = false;
224     M1Ldx2TextField.visible = false;
225     M3LdzTextField.visible = false;
226     M2LdzTextField.visible = false;
227     M1LdzTextField.visible = false;
228     M3LrTextField.visible = false;
229     M2LrTextField.visible = false;
230     M1LrTextField.visible = false;
231 }
232
233 layer2on () {
234     FRAME1.visible = true;
235     FRAME2.visible = true;
236     FRAME4.visible = true;
237     configZAxis.visible = true;
238     PRIMITIVE_TEXT1.visible = true;
239     PRIMITIVE_TEXT2.visible = true;
240     PRIMITIVE_TEXT5.visible = true;
241     PRIMITIVE_TEXT4.visible = true;
242     PRIMITIVE_TEXT7.visible = true;
243     PRIMITIVE_TEXT9.visible = true;
244     PRIMITIVE_TEXT10.visible = true;
245     PRIMITIVE_TEXT13.visible = true;
246     PRIMITIVE_TEXT14.visible = true;
247     PRIMITIVE_TEXT15.visible = true;
248     PRIMITIVE_TEXT17.visible = true;
249     PRIMITIVE_TEXT18.visible = true;
250     M3LdxTextField.visible = true;
251     M2LdxTextField.visible = true;
252     M1LdxTextField.visible = true;
253     M3Ldx2TextField.visible = true;
254     M2Ldx2TextField.visible = true;
255     M1Ldx2TextField.visible = true;
256     M3LdzTextField.visible = true;
257     M2LdzTextField.visible = true;
258     M1LdzTextField.visible = true;
259     M3LrTextField.visible = true;
260     M2LrTextField.visible = true;
261     M1LrTextField.visible = true;
262 }
```

./appendixD/CT{Scopelib.ctl

Δ.2.2 3D Initialize

```
1 // [fw3DLTConfiguration] [1] - [Initialize]
```

```

2 main ()
3 {
4   fw3DLTConfiguration.setDecoration ( false );
5   delay ( 1 ); // wait for the TextFields to be initialized
6
7   float M3Ldx2 = M3Ldx2TextField.text;
8   float M3Ldx = M3LdxTextField.text;
9   float M3Ldy = MLdyTextField.text;
10  float M3Ldz = M3LdzTextField.text;
11  float M3LrCenter = M3LrTextField.text;
12  float M3Lr = M3LrCenter + M3Ldz/2;
13
14  float M2Ldx2 = M2Ldx2TextField.text;
15  float M2Ldx = M2LdxTextField.text;
16  float M2Ldy = MLdyTextField.text;
17  float M2Ldz = M2LdzTextField.text;
18  float M2LrCenter = M2LrTextField.text;
19  float M2Lr = M2LrCenter + M2Ldz/2;
20
21  float M1Ldx2 = M1Ldx2TextField.text;
22  float M1Ldx = M1LdxTextField.text;
23  float M1Ldy = MLdyTextField.text;
24  float M1Ldz = M1LdzTextField.text;
25  float M1LrCenter = M1LrTextField.text;
26  float M1Lr = M1LrCenter + M1Ldz/2;
27
28  float LTz1_1 = LTz1_1TextField.text;
29  float LTz1_2 = LTz1_2TextField.text;
30  float LTz1_3 = LTz1_3TextField.text;
31  float LTz1_4 = LTz1_4TextField.text;
32
33  float LTz2_1 = LTz2_1TextField.text;
34  float LTz2_2 = LTz2_2TextField.text;
35  float LTz2_3 = LTz2_3TextField.text;
36  float LTz2_4 = LTz2_4TextField.text;
37
38  float LTz1 = (LTz1_1 + LTz1_2 + LTz1_3 + LTz1_4)/4; // Calculates
39  float LTz2 = (LTz2_1 + LTz2_2 + LTz2_3 + LTz2_4)/4; // Calculates
40  //pivot wedge's center in z (1)
41  //confirm wedge's center in z (2)
42  //////////////////////////////////////////////////
43  //M3L1 (IP side)
44  fw3DLTConfiguration.addShape ("Trd", "M3L1", makeDynString ("x", "0", "y",
45  " ", M3Lr, "z", LTz1, "dz", M3Ldz/2, "dx", M3Ldx/2, "dx2", M3Ldx2/2,
46  "dy", M3Ldy
47  /2, "dy2", M3Ldy/2, "rotationAngle", "1, 0, 0, 1.57"));
48  fw3DLTConfiguration.setColor ("M3L1", "_dpdoesnotexist");
49  fw3DLTConfiguration.addShape ("Text", "M3L1Label", makeDynString ("x",
50  "0", "y", M3Lr, "z", LTz1_1-400, "text", "QL31", "fontname", "arial:

```

```

    bold", "fontsize", "12"));
46 fw3DLTConfiguration.setColor("M3L1Label", "White");
47 //M3L2 (HO side)
48 fw3DLTConfiguration.addShape("Trd", "M3L2", makeDynString("x", "0", "y",
    " ", M3Lr, "z", LTz2, "dz", M3Ldz/2, "dx", M3Ldx/2, "dx2", M3Ldx2/2,
49 "dy", M3Ldy
    /2, "dy2", M3Ldy/2, "rotationAngle", "1, 0, 0, 1.57"));
50 fw3DLTConfiguration.setColor("M3L2", "STD_trend_pen5");
51 fw3DLTConfiguration.addShape("Text", "M3L2Label", makeDynString("x",
    0, "y", M3Lr, "z", LTz2_4+400, "text", "QL32", "fontname", "arial:
    bold", "fontsize", "12"));
52 fw3DLTConfiguration.setColor("M3L2Label", "White");
53 //*****
54 //M2L1 (IP side)
55 fw3DLTConfiguration.addShape("Trd", "M2L1", makeDynString("x", "0", "y",
    " ", M2Lr, "z", LTz1, "dz", M2Ldz/2, "dx", M2Ldx/2, "dx2", M2Ldx2/2,
56 "dy", M2Ldy
    /2, "dy2", M2Ldy/2, "rotationAngle", "1, 0, 0, 1.57"));
57 fw3DLTConfiguration.setColor("M2L1", "STD_trend_pen5");
58 fw3DLTConfiguration.addShape("Text", "M2L1Label", makeDynString("x",
    0, "y", M2Lr, "z", LTz1_1-400, "text", "QL21", "fontname", "arial:
    bold", "fontsize", "12"));
59 fw3DLTConfiguration.setColor("M2L1Label", "White");
60 //M2L2 (HO side)
61 fw3DLTConfiguration.addShape("Trd", "M2L2", makeDynString("x", "0", "y",
    " ", M2Lr, "z", LTz2, "dz", M2Ldz/2, "dx", M2Ldx/2, "dx2", M2Ldx2/2,
62 "dy", M2Ldy
    /2, "dy2", M2Ldy/2, "rotationAngle", "1, 0, 0, 1.57"));
63 fw3DLTConfiguration.setColor("M2L2", "_dpdoesnotexist");
64 fw3DLTConfiguration.addShape("Text", "M2L2Label", makeDynString("x",
    0, "y", M2Lr, "z", LTz2_4+400, "text", "QL22", "fontname", "arial:
    bold", "fontsize", "12"));
65 fw3DLTConfiguration.setColor("M2L2Label", "White");
66 //*****
67 //M1L1 (IP side)
68 fw3DLTConfiguration.addShape("Trd", "M1L1", makeDynString("x", "0", "y",
    " ", M1Lr, "z", LTz1, "dz", M1Ldz/2, "dx", M1Ldx/2, "dx2", M1Ldx2/2,
69 "dy", M1Ldy
    /2, "dy2", M1Ldy/2, "rotationAngle", "1, 0, 0, 1.57"));
70 fw3DLTConfiguration.setColor("M1L1", "_dpdoesnotexist");
71 fw3DLTConfiguration.addShape("Text", "M1L1Label", makeDynString("x",
    0, "y", M1Lr, "z", LTz1_1-400, "text", "QL11", "fontname", "arial:
    bold", "fontsize", "12"));
72 fw3DLTConfiguration.setColor("M1L1Label", "White");
73 //M2L2 (HO side)
74 fw3DLTConfiguration.addShape("Trd", "M1L2", makeDynString("x", "0", "y",
    " ", M1Lr, "z", LTz2, "dz", M1Ldz/2, "dx", M1Ldx/2, "dx2", M1Ldx2/2,
75 "dy", M1Ldy
    /2, "dy2", M1Ldy/2, "rotationAngle", "1, 0, 0, 1.57"));

```

```
76 fw3DLTConfiguration.setColor("M1L2","STD_trend_pen5");
77 fw3DLTConfiguration.addShape("Text","M1L2Label",makeDynString("x",
    0,"y",M1Lr,"z",LTz2_4+400,"text","QL12","fontname","arial:
    bold","fontsize","12"));
78 fw3DLTConfiguration.setColor("M1L2Label","White");
79 }
```

./appendixD/CT{Initialize.ctl

Βιβλιογραφία

- [1] CERN official web page (2014).
- [2] L. Evans and P. Bryant, *LHC Machine*, (2008), Journal of Instrumentation 3 no. 08,S08001.
- [3] J. Blewett, *200 GeV intersecting storage accelerators*, Proceedings of the 8th International Conference on High-Energy Accelerators.
- [4] E. Bleser, *Superconducting magnets for the CBA project*, (2008), Nucl. Instrum. Meth. A 235 435.
- [5] Large Hadron Collider official web page (2014).
- [6] Xabier Cid Vidal & Ramon Cid, *Physics at LHC* (2014).
- [7] ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, *The ATLAS Experiment at the CERN Large Hadron Collider*, (2008), Journal of Instrumentation 3 no. 08, S08003
- [8] CERN press office *et al.*, *CERN experiments observe particle consistent with long-sought Higgs boson*, (2012).
- [9] ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, *Expected performance of the ATLAS experiment: Detector, Trigger and Physics*, (2009), arXiv:0901.0512.
- [10] Fermi National Accelerator Laboratory Office of Science/U.S. Department of Energy, *The Tevatron's Higgs highway*, (2008).
- [11] ATLAS Collaboration, Kawamoto *et al.*, *New Small Wheel Technical Design Report*, (2013) 24-26, CERN-LHCC-2013-006 ; ATLAS-TDR-020.
- [12] ATLAS Collaboration, *ATLAS Inner Detector Technical Design Report*, (1997), ATLAS TDR 4, CERN/LHCC/97-16, ISBN 92-9083-102-2.

- [13] ATLAS Collaboration, *ATLAS Tile Calorimeter web page*, (2011)
- [14] ATLAS Collaboration, G Aad *et al.*, *ATLAS muon spectrometer : Technical Design Report*, (1997), ATLAS-TDR-10 ; CERN-LHCC-97-022.
- [15] ATLAS Collaboration, *ATLAS Magnets System web page*, (2007)
- [16] ATLAS Collaboration, *ATLAS, High-Level Trigger, Data Acquisition and Controls: Technical Design Report*, (2003), CERN/LHCC/2003-022.
- [17] D. R. Myers, *The LHC Experiments' Joint Controls Project*, JCOP, (1999).
- [18] B. Franek and C. Gaspar, *SMI++ object oriented framework used for automation and error recovery in the LHC experiments*, J. Phys.: Conf. Ser. 219 (2010) 022031. 10 p.
- [19] P.C.Burkimsher, Controls Group, Engineering Department, CERN, *Notes from WinCC-OA 3.11 & JCOP-Framework Course March 2014* (2014).
- [20] P.C.Burkimsher, Controls Group, Engineering Department, CERN, *Slides part 1 of WinCC-OA 3.11 Course March 2014* (2014).
- [21] Engineering Department, Industrial Controls, CERN, *JCOP Framework Project* (2014).
- [22] Engineering Department, Industrial Controls, CERN, *JCOP Framework Components* (2014).
- [23] P.C.Burkimsher, Controls Group, Engineering Department, CERN, *Slides part 4 of JCOP-Framework Course March 2014* (2014).
- [24] E.K. Mountricha, Διδακτορική Διατριβή, *Αναζήτηση του μποζονίου Higgs του Καθιερωμένου Προτύπου με τον ανιχνευτή ATLAS στον LHC με αποτέλεσμα την παρατήρηση ενός νέου σωματιδίου συμβατό με το μποζόνιο Higgs*, (2012) p. 49-51
- [25] Rossi, L. and Bruning, O., *High Luminosity Large Hadron Collider A description for the European Strategy Preparatory Group*, CERN, Geneva, Aug, (2012), Tech. Rep. CERN-ATS-2012-236.
- [26] ATLAS Collaboration, *Letter of Intent for the Phase-I Upgrade of the ATLAS Experiment*, Geneva, Nov, (2011), CERN-LHCC-2011-012. LHCC-I-020.

-
- [27] ATLAS Collaboration, *Letter of Intent for the Phase-II Upgrade of the ATLAS Experiment*, Geneva, Dec, (2012), CERN-LHCC-2012-022. LHCC-I-023.
- [28] Kawamoto, T., Vlachos, S., Pontecorvo *et al.*, *New Small Wheel Technical Design Report*, (2013), CERN-LHCC-2013-006 ; ATLAS-TDR-020, p. 5-8
- [29] Kawamoto, T., Vlachos, S., Pontecorvo *et al.*, *New Small Wheel Technical Design Report*, (2013), CERN-LHCC-2013-006 ; ATLAS-TDR-020, p. 21-26
- [30] Y. Giomataris, P. Rebourgeard, J. Robert, and G. Charpak, *MICROMEGAS: A High granularity position sensitive gaseous detector for high particle flux environments*, (1996), Nucl.Instrum.Meth. A376, p. 29-35.
- [31] C. Bernet, P. Abbon, J. Ball *et al.*, *The 40-cm x 40-cm gaseous microstrip detector Micromegas for the high-luminosity COMPASS experiment at CERN*, (2005), Nucl.Instrum.Meth. A536, p. 61-69.
- [32] B. Peyaud, *KABES: A novel beam spectrometer for NA48*, (2004), Nucl.Instrum.Meth. A535.
- [33] S. Anvar, P. Baron, M. Boyer, J. Beucher, D. Calvet *et al.*, *Large bulk Micromegas detectors for TPC applications*, (2009), Nucl.Instrum.Meth. A602, p. 415-420.
- [34] P. Colas, *First test results from a Micromegas large TPC prototype*, (2010), Nucl.Instrum.Meth. A623, p. 100-101.
- [35] T. Alexopoulos *et al.*, *A spark-resistant bulk-micromegas chamber for high-rate applications*, (2011), Nucl.Instr.Meth. A640, p. 110.