

# Étude Déchets et Analyse des Risques du Démantèlement de DELPHI

## FINAL DRAFT

### 1. L'expérience et la collaboration

DELPHI (Détecteur avec Identification de Hadrons de Photons et de Leptons) est une des quatre expériences du LEP et est installée au point d'interaction IP8, dans une caverne située à 100 m de profondeur.

Le détecteur (voir figure 1) se compose d'une partie centrale formée par un baril et deux bouchons aux extrémités servant à fermer le baril de manière hermétique et assurer la continuité des lignes de champ magnétique.

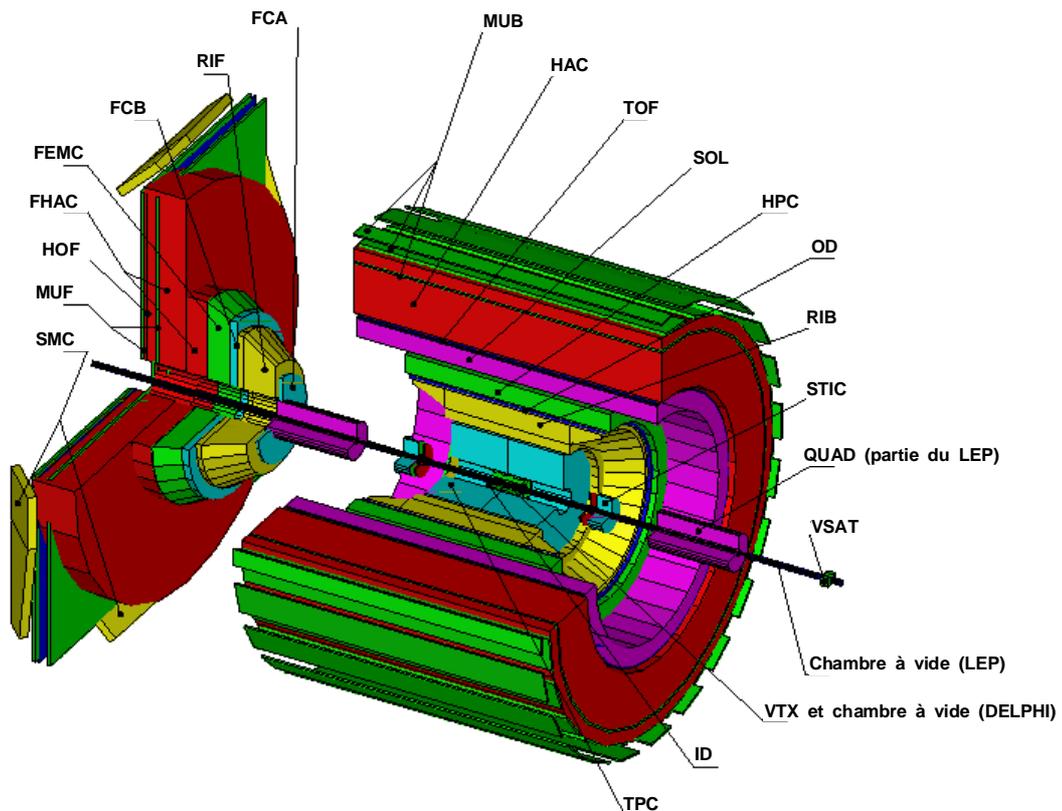


Figure 1 : Composants du détecteur DELPHI.

DELPHI comprend au total 27 sous-détecteurs pratiquement indépendants et un aimant solénoïde supraconducteur central, de diamètre 5,5 m et longueur 8 m, qui produit un champ magnétique de 1,2 Tesla. Le détecteur s'inscrit dans un cube de 11 m de côté, et son poids total est de 3.000 tonnes.

Les circuits d'affichage et de commande électroniques, les alimentations en énergie, les systèmes de distribution de gaz et de liquides et les systèmes cryogéniques pour l'aimant supraconducteur sont situés à l'intérieur et au dessus des salles de comptage A, B, C (au total 860 m<sup>3</sup>, 130 tonnes) et de la salle de comptage D (au total 832 m<sup>3</sup>, 113 tonnes).

L'expérience a été conçue pour l'étude des propriétés du boson  $Z^0$  ( $m_Z = 91$  GeV) produits par le LEP dans un premier temps de 1989 à 1994. Des études de précision ont été faites sur le modèle standard de la physique des particules élémentaires. Dans une deuxième phase, de 1994 à 2000, l'énergie du LEP a été graduellement augmentée jusqu'à 102 GeV par faisceau permettant la production de paires de bosons  $W^+W^-$ . L'étude de leurs propriétés et la recherche de nouvelles particules (boson Higgs, particules supersymétriques ainsi que d'autres particules exotiques) étaient les objectifs principaux de cette seconde phase.

La collaboration de DELPHI se compose de 56 instituts originaires de 22 pays, principalement européens. Environ 550 physiciens et ingénieurs, dont 52 fonctionnaires, boursiers et attachés du CERN travaillent pour DELPHI. La construction du détecteur a été réalisée entre 1982 et 1989 grâce à la contribution financière des instituts participant d'une part aux fonds communs et d'autre part à la fabrication directe des composants du détecteur. Les matériels qui composent le détecteur appartiennent à la collaboration DELPHI ou aux groupes d'instituts qui les ont fabriqués.

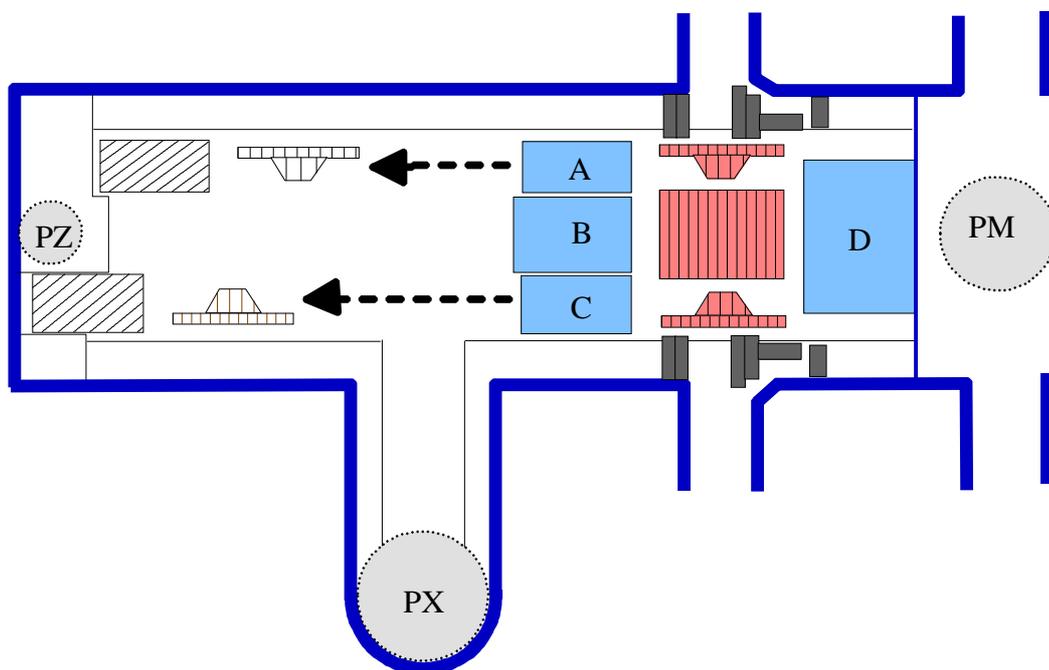
Après l'arrêt du LEP en septembre 2000, le détecteur DELPHI sera complètement démonté et évacué de la caverne en IP8. Les salles de comptage A, B et C ne seront pas démontées afin d'être réutilisées pour la future expérience LHCb du LHC.

## 2. Plan de démontage

L'expérience DELPHI sera complètement démontée dès la fin d'exploitation, fin septembre 2000, et évacuée du site durant une période de huit mois entre octobre 2000 et mai 2001 inclus. Ce dernier mois est une période transitoire de fin de démontage et de préparation des travaux de génie civil dans la caverne UX85.

La première période de trois semaines correspond à l'arrêt et la mise en sécurité de l'expérience qui sera démantelée en 8 phases. Cette phase préparatoire est pratiquement identique à celles pratiquées aux arrêts annuels précédents. Elle inclut les opérations de

- purge des tous les gaz et liquides,
- coupure de toutes les alimentations électriques, y compris les circuits secourus par onduleurs,
- démagnétisation de l'acier de HAC et FHAC
- récupération des toutes les sources radioactives de calibration (<sup>83</sup>Rb, <sup>90</sup>Sr) contenues dans les racks sur les salles de comptage A3, B4, C3 par TIS/RP qui en est le fournisseur d'origine,
- récupération des toutes les batteries et bouteilles de gaz isolées



**Figure 2:** Exemple de configuration des composants DELPHI dans la cave UX85. Représentation condensée des phases I et II.

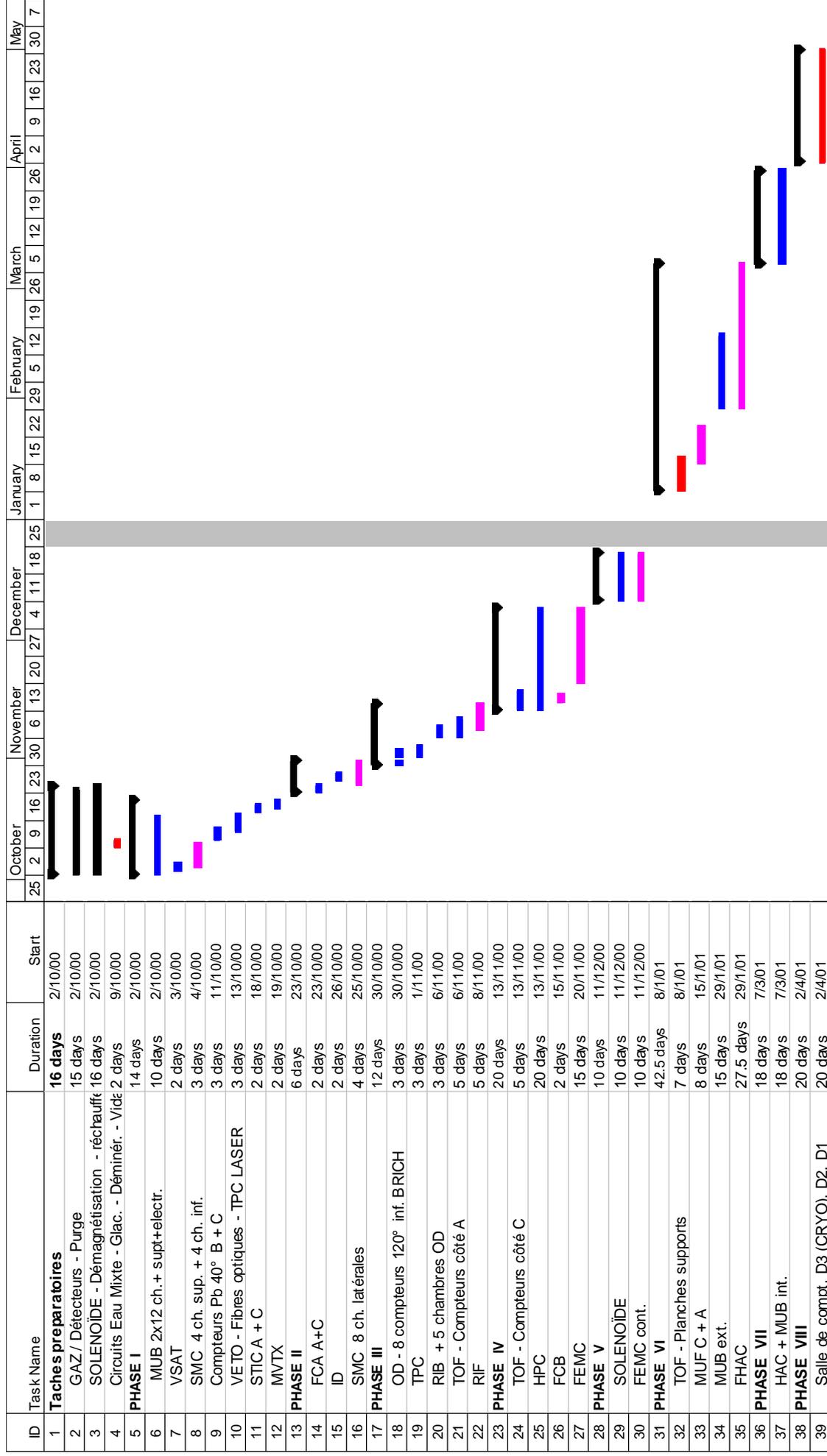
Chaque phase du démontage (I-VIII) correspond à une configuration spécifique des composants d'expérience (baril, bouchons, salles de comptage) pour faciliter le déroulement des activités. La figure ci-dessus représente le détecteur avec les bouchons ("end-caps") ouverts (phase I) et leur mise en position de garage à proximité du puits PZ (phase II).

En fonction de leur volume et de leur poids, les différents éléments seront évacués par le pont roulant du puits PX (diamètre 10m) ou par l'ascenseur du puits PZ.

Suivant la planification ci-dessous (voir Figure 3), les opérations de démontage se dérouleront selon la méthode et l'ordre inverse de l'installation. Les matériels et outillages sont les matériels d'origine, certifiés par la sécurité de travail (TIS/TE), et déjà utilisés au cours de l'installation. Le fonctionnement de ces matériels sera révisé avant la remise en service.

Le cas particulier de relevage du solénoïde dont le poids (104 tonnes) dépasse la capacité de levage du pont roulant du bâtiment de tête de puits (80 tonnes) nécessitera l'intervention d'une entreprise spécialisée déjà pressentie.

Le démontage des différents sous-détecteurs sera assuré par les techniciens des instituts propriétaires qui ont participé à l'installation. Toutes les opérations de démontage seront conduites sous contrôle d'une équipe de trois personnes du CERN qui a participé à l'installation puis à la maintenance du détecteur. Durant tout le démontage, ce personnel encadrera un groupe de 10 personnes comprenant six pontiers manutentionnaires (groupe ST/HM du CERN) chargés des activités de manutention et transport et quatre électromécaniciens sous contrat temporaire et participant aux tâches de préparation et de démontage.



**Figure 3.** Le planning ci-dessus donne un aperçu des tâches principales, réparties dans la phase préparatoire (mise en sécurité) et les 8 phases correspondant au démontage. Il ne laisse pas apparaître les tâches annexes nécessaires au dégagement et l'évacuation des éléments démontés (échafaudages, sectionnement des câblages et tuyauteries, etc.).

Tout le personnel participant au démontage devra suivre les règles et les instructions de sécurité défini dans le cadre de la politique de sécurité du CERN (SAPOCO 42).

A l'exception du sous détecteur VSAT tous les composants de l'expérience DELPHI sont classable en zone conventionnelle (cf. Zonage des Expériences du LEP). Les sous-détecteurs VSAT, TPC et HPC et quelques racks sur les plates-formes des salles de comptage contiennent des sources de calibration TFA. La procédure d'extraction le traitement spécifique de ces sous-détecteurs est définie dans les paragraphes 5 et 6.

De manière générale,

- les éléments seront démontés sans destruction à l'exception des câblages et petites tuyauteries non démontables qui seront sectionnés.
- les connecteurs et les raccords ne seront pas séparés des éléments à évacuer.
- les éléments d'assemblage (visseries, barrettes supports, pièces de calage, protections, etc.), les câblages et les petites tuyauteries seront récupérés, en vrac, dans des bacs ou des bennes appropriées.

Le contrôle de radioprotection de chaque élément démonté sera effectué par le groupe TIS/RP au cours des opérations et avant l'évacuation de la caverne.

Dans l'éventualité où un contrôle de radioprotection révélerait une activité significative, suivant son volume (encombrement) cet élément resterait provisoirement dans la caverne UX85 ou devrait être systématiquement évacué vers une zone appropriée à son entreposage sous contrôle TIS/RP. Cette zone sera déclarée *zone contrôlée simple* (cf. CERN, code de sécurité F, chapitre III).

### **3. Étude déchets**

#### **3.1 Estimation globale et destination**

En plus des composants de l'expérience DELPHI mentionnés dans l'introduction (baril, bouchons, salles de comptage) le projet de démontage comprend aussi l'évacuation de :

- 700 km de câbles d'alimentation,
- 10 tonnes de tubes de différents diamètres entre 10 mm et 250 mm,
- 7 tonnes de structure de support (rack de câbles, plates-formes, armatures de détecteur),
- 75 m<sup>3</sup> de modules électroniques.

Le volume total à démonter et évacuer est d'environ 2.000 m<sup>3</sup> et le poids total est d'environ 3.500 tonnes. L'inventaire des nombreux éléments en vrac et non répertoriés ne pourra être complété qu'au moment du démontage de ces éléments.

Les formes spécifiques et la vétusté de la majorité des détecteurs ne permettent pas leur réutilisation dans de futures expériences. Certains sous-détecteurs seront récupérés par les instituts propriétaires. Les autres éléments seront cédés au CERN afin qu'ils soient vendus pour être recyclés. La vente sera gérée par le groupe SPL/LS du CERN.

Les châssis et modules électroniques seront récupérés par les instituts propriétaires ou le pool électronique du CERN. Certains seront vendus pour être recyclés si leur récupération n'est pas désirable.

Sous détecteur	Type	Forme	Nbre	Dimensions (cm)	Poids/unité (kg)	Matériaux principaux	Destination
Very Small Angle Tagger (VSAT)	Calorimètre feuilleté	parallélépipédique	4	5 x 5 x 15 (à vérifier)	30	tungstène, plomb, silicium	démontage, recyclage CERN
Scintillating Tile Calorimeter (STIC)	Calorimètre feuilleté	cylindrique, modulaire	2	DI=11, DE=86, L=90	1.400	plomb, aluminium, scintillateur plastic	démontage, recyclage CERN
Micro Vertex Detector (MVTX)	Détecteur de traces silicium	cylindrique, modulaire	1	DI=11, DE=22, L=100	30	fibres composite, oxyde de béryllium, silicium	démontage, réutilisation, exposition
Inner Detector (ID)	Détecteur de traces	cylindrique, modulaire	1	DI=23, DE=56, L=300	50	fibres de carbone, fibre de verre résine époxy, aluminium,	exposition à NIKHEF/Amsterdam Pays-Bas
Time Projection Chamber (TPC)	Détecteur de traces	cylindrique, modulaire	1	DI= 58, DE= 244, L=334	1.000	fibre de carbone, cuivre, tungstène, aluminium	exposition
Ring Imaging Cherenkov Barrel (RIB)	Détecteur de type Cherenkov	cylindrique, modulaire	1	DI=246, DE=394, L=460	3.200	quartz, verre, fibre de verre, résine époxy	démontage partiel, exposition
Outer Detector (OD)	Détecteur de traces	cylindrique, modulaire	1	DI=396, DE=414, L=486	1.000	aluminium, fibre de verre, résine époxy	démontage, recyclage CERN
High Density Projection Chamber (HPC)	Calorimètre feuilleté	cylindrique, modulaire	1	DI=416, DE=518, L=505	100.000	plomb, acier, fibre de verre, résine époxy	démontage, recyclage CERN
Solénoïde (SOL)	Bobine supra-conductrice	cylindrique	1	DI=520, DE=620, L=740	104.000	acier inoxydable, aluminium, cuivre, conducteur supraconducteur en Nb-Ti	démontage, recyclage CERN
Time Of Flight detector (TOF)	Détecteur de scintillation	cylindrique, modulaire	1	DI=625, DE=635, L=600	4.000	scintillateur plastic, photomultiplicateurs	démontage, réutilisation à l'université de Valencia, Espagne

Sous détecteur	Type	Forme	Nbre	Dimensions (cm)	Poids/unité (kg)	Matériaux principaux	Destination
Hadron Calorimeter (HAC)	Calorimètre feuilleté	cylindrique, modulaire	1	DI=636 DE=954, L=760	1.643.000	acier, aluminium, PVC	démontage, recyclage CERN
Muon Chambers Barrel (MUB)	Détecteur de traces	cylindrique, modulaire	1	DI=955, DE=1075, L=750	22.000	aluminium, PVC	démontage, recyclage CERN
Forward Chamber A (FCA)	Détecteur de traces	cylindrique, sectoriel	2	DI=58, DE=110, L=12	50	fibres de verre, résine époxy, plastique conductrice	démontage, exposition à l'Académie de sciences, Vienne, Autriche
Ring Imaging Cherenkov Forward (RIF)	Détecteur de type Cherenkov	conique	2	DI=92, DE=360, L=95	1.000	quartz, fibres de verre, résine époxy, verre, fibres de carbone	démontage, recyclage partiel CERN, exposition
Forward Chamber B (FCB)	Détecteur de traces	cylindrique, sectoriel	2	DI=92, DE=408, L=15	1.000	fibres de verre, résine époxy, cuivre	démontage, recyclage partiel CERN, exposition
Forward Electro-Magnetic calorimeter (FEMC)	Calorimètre homogène	conique, modulaire	2	DI=92, DE=466, L=50	50.000	verre au plomb, acier inoxydable	démontage, recyclage CERN
Forward Hadron Calorimeter (FHAC)	Calorimètre feuilleté	cylindrique, sectoriel	2	DI=95, DE=930, L=150	450.000	acier, aluminium, PVC	démontage, recyclage CERN
Muon Chambers Forward (MUF)	Détecteur de traces	plan carré	4	920 x 920 x 10	6.000	aluminium, PVC	démontage, recyclage CERN
Horizontal Time Of Flight (HOF)	Détecteur de scintillation	Plan segmenté	2	1060 x 1060 x 1	1.700	scintillateur plastique, photomultiplicateurs	démontage, réutilisation à Serpukhov, Russie
Muon Chambers Surrounding (MUS)	Détecteur de traces	Plan carré	16	400 x 150 x 10	200	aluminium, PVC	démontage, recyclage CERN

**Tableau 1 :** Description détaillée des sous-détecteurs de l'expérience DELPHI.

### **3.2 Estimation détaillée**

La liste détaillée des sous-détecteurs composant DELPHI est donnée ci-dessus. Le tableau, établi sur deux pages, donne pour chaque sous détecteur son type, sa forme et son poids, les matériaux principaux qui le composent, sa destination ainsi que les risques associés à son démontage.

Chaque élément de l'expérience sera contrôlé par le service radioprotection du CERN (TIS/RP) avant d'être sorti de la caverne. Les détecteurs destinés à être exposés seront plus particulièrement contrôlés avant leur départ.

Au début du démontage les circuits de fluides nécessaires au fonctionnement de l'expérience seront rendus inertes selon la méthode standard utilisée lors de chaque arrêt technique: les circuits de gaz des sous-détecteurs (argon, méthane, éthane, isobutane, oxyde de carbone) seront purgés à l'azote. Tout les gaz éliminés du détecteur seront dissipés dans l'atmosphère à la surface, l'hélium nécessaire au refroidissement du solénoïde sera récupéré dans les cuves appropriées par le groupe LHC/ECR du CERN, les circuits d'eau de refroidissement (deminéralisée, glacée, mixte) seront vidangés par le groupe ST/CV du CERN.

## **4 Bilan par filières**

Comme indiqué dans le tableau 1 les dispositions suivantes concernant les matériels sont prévues.

### **4.1 Valorisation**

Actuellement la seule réutilisation prévue de matériels de DELPHI dans une autre expérience concerne les compteurs scintillateurs (TOF, HOF) et une partie des composants du détecteur micro vertex (MVTX). Le poids total de ces éléments du détecteur est estimé à 6 tonnes.

A ce jour sept projets d'exposition sont également en cours de discussion à un stade préliminaire. Il s'agit de projets communs à plusieurs groupes d'instituts englobant certains musées scientifiques intéressés. Il est prévu de préparer dans un objectif éducatif plusieurs éléments représentatifs des diverses techniques employées dans la détection des particules élémentaires. Le poids total des éléments du détecteur qui sont concernés est estimé à une dizaine de tonnes.

### **4.2 Recyclage**

Après démontage et séparation des différents matériaux sur le site une grande partie des équipements sera cédée au CERN pour être vendue en vue du recyclage des matériaux par des sociétés qualifiées. Les aspects administratifs et financiers de cette procédure sont gérés par le groupe CERN SPL/LS. Le tableau ci-dessous donne pour chaque type de matériel les quantités approximatives.

matériaux	poids approximatif (tonnes)
acier	2.653
acier inoxydable	102
cuiivre	8,5
aluminium	82,5
plomb	93,5
verre au Pb	50
plastiques	10
composites	10
câbles isolés	100

**Table 2** : Quantités approximatives à recycler.

## 5 Analyse de risques

### 5.1 Gaz Inflammables

Dès le début de la phase préparatoire, tous les circuits de gaz du détecteur seront purgés à l'azote. Cette procédure, qui est appliquée de manière séquentielle, porte sur une période de deux semaines. A la fin de cette période les volumes gazeux auront été renouvelés au moins trois fois, réduisant le taux d'inflammabilité à une quantité négligeable. Tout les gaz éliminés du détecteur seront dissipés dans l'atmosphère en surface.

### 5.2 Autres Fluides

Les détecteurs RIB et RIF contiennent environs 1.000 litres de liquides fluorocarboniques ( $C_4F_{10}$ ,  $C_5F_{12}$ ,  $C_6F_{14}$ ), qui seront vidangés dès le début de la phase préparatoire. Ces liquides, qui sont ininflammables, non toxiques et chimiquement neutres, seront restitués au fournisseur d'origine.

### 5.3 Sources Radioactives

Toutes les sources de calibration seront récupérées par le groupe TIS/RP qui en est le fournisseur d'origine. Dans tous les cas des mesures radiologiques seront effectuées dans le périmètre immédiat des sources après leur démontage pour exclure le risque de contamination ou activation non détectée.

Les sources de calibration ci-dessous sont contenues dans les racks des salles de comptage:

#### **High Density projection Chamber HPC**

Une source de  $^{83}\text{Rb}$  ( $\tau_{1/2} = 86,2 \text{ j}$ ), d'activité 170 MBq (mesure du 25 juin 1999), est utilisée pour la calibration d'amplification du gaz dans le détecteur. La source est située dans un rack sur la plate-forme B4. Les sources sont formées de bandes de Kapton implantées d'atomes de  $^{83}\text{Rb}$ ; ces bandes sont fixées dans un conteneur qui fait partie du système de circulation de gaz HPC.

### **Hadron Calorimeter and Forward Hadron Calorimeter (HAC et FHAC)**

Trois sources de calibration de  $^{90}\text{Sr}$  ( $\tau_{1/2} = 28,5$  a) d'extrêmement faible activité (entre 200 et 1.200 Bq) sont utilisées dans un rack extérieur comme moniteur d'amplification du gaz dans le détecteur.

Toutes les sources de calibration listées ci-dessus seront récupérées dès le début du démontage de DELPHI, durant la phase préparatoire. Pour cette raison elles ne représentent pas de risque radiologique pendant le démontage.

Les sources de calibration ci-dessous sont contenues dans les sous-détecteurs

### **Very Small Angle Tagger VSAT**

Une partie des platines absorbeur de tungstène du détecteur VSAT est équipée de sources de  $^{241}\text{Am}$ . L'activité initiale de ces 35 sources correspond à 5,6 kBq. Les sources sont électro-déposées sur un surface de moins de  $1\text{ cm}^2$  au centre de chaque platine absorbeur et protégées par une feuille de mylar.

Le détecteur subira un contrôle radioprotection avant d'être évacué de la caverne. Le détecteur sera démantelé dans une zone appropriée à définir sur le domaine du CERN. Toutes les platines absorbeur équipées de sources vont être restituées au groupe TIS/RP.

### **Time Projection Chamber TPC**

Chacun des 12 secteurs du détecteur TPC contient trois sources de calibration de  $^{55}\text{Fe}$  ( $\tau_{1/2} = 2,73$  a). Pour les 36 sources, l'activité totale attendue au moment du démontage est 6,18% de la valeur initiale de 687 MBq, soit 42,5 MBq.

Ces sources sont formées d'un film mince de  $^{55}\text{Fe}$  électro-déposé sur des bandes de cuivre (1,5 mm de large, 0,1 mm d'épaisseur) qui sont fixées de manière rigide sur leurs supports profilés. Le détecteur subira un contrôle radioprotection avant d'être évacué de la caverne. Les sources seront retirées dans une zone appropriée à définir sur le domaine du CERN et restituées au groupe TIS/RP.

### **High Density Projection Chamber HPC**

Le détecteur HPC est composé de 144 modules, chacun contenant trois sources de  $^{241}\text{Am}$  ( $\tau_{1/2} = 432,7$  a). L'activité totale attendue au moment du démontage est pratiquement identique à la valeur initiale de 415 MBq.

Ces sources sont formées d'un film mince de  $^{241}\text{Am}$  électro-déposé sur des disques métalliques de 6mm de diamètre et protégé par un film d'or. Chaque module du détecteur HPC subira un contrôle radioprotection avant d'être évacué de la caverne. Les sources seront retirées dans la halle 2870 sur le site de DELPHI et restituées au groupe TIS/RP.

Pour les détecteurs VSAT, TPC et HPC, un risque radiologique existe dans le cas de chute et d'endommagement durant leur levage et manutention. Le respect et l'application des règles de manutention (en particulier les code de sécurité D1 et F) par le personnel spécialisé réduit ce risque a une valeur négligeable.

Le tableau ci-dessous résume les risques radiologiques relatifs aux sources de calibration

Sous-détecteurs	Risques Radiologiques
VSAT	35 sources <sup>241</sup> Am, activité initiale 5,6 kBq, contenues dans les modules détecteur
TPC	36 sources <sup>55</sup> Fe, activité initiale 687 MBq, contenue dans le détecteur
HPC	432 sources <sup>241</sup> Am, activité initiale 4,15 MBq, contenues dans les modules détecteur; une source <sup>83</sup> Rb, activité 170 MBq, contenue dans le rack B4207 sur la plate-forme B4
HAC	1 source <sup>90</sup> Sr, activité 1.200 Bq, contenue dans le rack B4305 sur la plate-forme B4
FHAC	2 sources <sup>90</sup> Sr, activité totale 400 Bq, contenues dans les racks A3102 et C3202 sur les plates-formes A3 et C3.
Autres Détecteurs	Nuls (pas de sources)

**Table 3 :** Risques radiologiques relatifs aux sources de calibration

## 5.4 Risques chimiques

### Micro Vertex Detector MVTX

L'électronique de lecture du détecteur MVTX est constituée de 200 plaquettes de circuits imprimés formées d'oxyde de béryllium (BeO). Le poids total de ces plaquettes est de 1,2 kg. L'oxyde de béryllium est sous forme céramique solide et les risques liés à sa forme pulvérulente (irritation de peau et des yeux et risque cancérogène...) sont inexistantes. La manipulation des plaquettes sera effectuée par les techniciens du groupe MVTX. Après son retrait, le MVTX sera placé dans sa caisse spécifique de transport et entreposé dans un local approprié au CERN en attente d'une réutilisation dans une autre expérience ou pour une exposition.

## 5.5 Risques conventionnels

Les risques principaux compris dans le démantèlement de l'expérience DELPHI sont liés aux domaines électrique, transport et manutention de charges lourdes et de chute des personnels.

- **Électricité:** Le risque lié à l'électricité est minimisé par la déconnexion totale des salles de comptage et des détecteurs de l'alimentation électrique (onduleurs compris) dès la première phase du démantèlement. La remise en service du circuit d'éclairage sera assuré par un nouveau branchement provisoire par le groupe CERN ST/EL.
- **Levage et manutention des équipements lourds:** Le risque d'accident dû à la chute ou au basculement de charges lourdes est minimisé par le fait que toutes les activités de transport et manutention seront assurées par le personnel spécialisé du groupe ST/HM du CERN. Tous les équipements de transport et manutention sont soumis aux règles de sécurité du CERN.
- **Chute de personne:** Plusieurs tâches de démontage impliquent le travail en hauteur, parfois jusqu'à 12 m au dessus du sol. Chaque fois qu'il sera possible un

échafaudage ou une plate-forme de travail seront installés. En cas de difficulté majeure d'installation de tels équipement la sécurité des personnes sera assurée par l'utilisation de harnais individuels et lignes de vie.

Il n'y a aucune conséquence nucléaire des risques conventionnels recensés.

## 6 Bilan Radiologique

Le tableau ci-dessous résume les caractéristiques des quatre types de sources de calibration contenues dans l'expérience DELPHI. L'activité totale initiale est de 861 MBq. L'activité totale attendue au moment du démontage est de 48,7 MBq.

type	désintégration	nombre	activité totale initiale	période $\tau_{1/2}$	activité totale au démontage
$^{241}\text{Am}$	$\alpha$ ( $E_{\alpha}=5,4$ MeV)	467	4,21 MBq	432,7 a	4,13 MBq
$^{55}\text{Fe}$	EC ( $E_{\gamma}=5,9$ , 6,5 keV)	36	687 MBq	2,73 a	42,5 MBq
$^{90}\text{Sr}$	$\beta$ ( $E_{\beta}=0,5$ , 2,3 MeV)	3	1.600 Bq	28,5 a	1.224 Bq
$^{83}\text{Rb}$	$\gamma$ ( $E_{\gamma}=520$ keV)	1	170 MBq (25 juin 1999)	86,2 j	2 MBq
total		507	861 MBq		48,7 MBq

**Table 4 :** Caractéristiques des sources de calibration.

La procédure d'extraction des sources, en particulier celles contenues dans TPC et HPC, est soumise à l'avis du groupe TIS/RP. Les endroits à choisir deviendront temporairement des *zones contrôlées simples* (cf. CERN, code de sécurité F, chapitre III).

L'extraction et la manipulation des sources seront effectuées par du personnel sous contrôle dosimétrique individuel. Les travaux seront conduits selon le principe ALARA (As Low As Reasonably Achievable), qui a pour but de limiter l'exposition des personnes au niveau le plus bas qu'on puisse raisonnablement atteindre. Cette exposition est contrôlée et enregistrée.

En fonction de la nature des sources et de leur activité actuelle (tableau ci-dessus) les doses reçues par le personnel, en cours de travail, sont estimées non significatives.