



EGIS



# MISE EN CONFORMITE DE L'ACCELERATEUR GRAND LOUVRE D'ANALYSES ELEMENTAIRES AGLAE

4	Mise à jour après tests	MDE	GFR	ALE	13-03-2017
3	Mise à jour après tests	MDE	GFR	ALE	03-03-2017
2	Mise à jour après commentaires	SSA	GFR	ALE	25-01-2017
1	Mise à jour après commentaires	SSA	GFR	ALE	18-01-2017
0	Création	SSA	GFR	ALE	13-01-2017
Révision Revision	Objet de la révision Updating description	Rédigé par Written by	Vérifié par Checked by	Approuvé par Approved by	Date Date



EGIS Industrie

Bâtiment Le Carat

168-170 Avenue Thiers

69455 LYON CEDEX 06



ZAE de la Bonne Rencontre

9 rue de la Bonne Rencontre

77860 QUINCY VOISINS

Tel. 01.60.44.10.87

Titre / Title

EGIS  
AGLAE

ANALYSE FONCTIONNELLE DETAILLEE  
DETAILED FUNCTIONAL ANALYSIS

N° Doc Client  
Client Doc n°

N° Cde  
Order n°

Page  
Sheet

1/25

N° doc  
Doc n°

TECH\_P2639\_16\_025

4

## SOMMAIRE

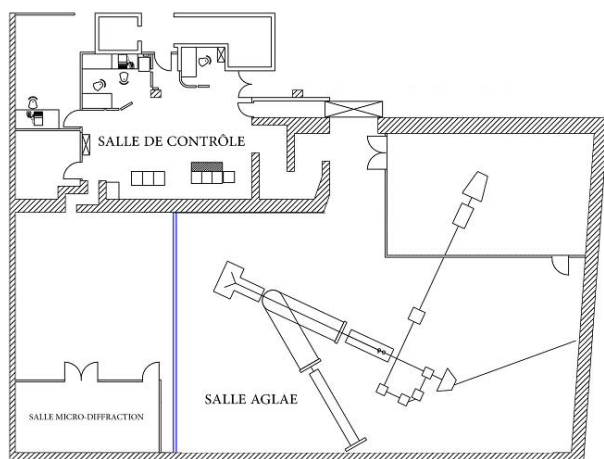
<b>1</b>	<b>PRESENTATION GENERALE .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1</b>	<b>Description technique des parties et composants de l'accélérateur et des halls de traitement des produits</b>	<b>3</b>
1.1.1	Disposition générale	3
1.1.2	L'accélérateur	3
1.1.3	Les aires de traitements	3
<b>2</b>	<b>DOCUMENTS DE REFERENCE .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>COMPOSITION DU SYSTEME .....</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>ARCHITECTURE .....</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>DEFINITION DU MATERIEL .....</b>	<b>5</b>
<b>6</b>	<b>AFFECTATION DES ENTREES ET SORTIES .....</b>	<b>5</b>
<b>6.1</b>	<b>Entrées / Sorties site</b>	<b>5</b>
<b>7</b>	<b>COMMUNICATIONS.....</b>	<b>5</b>
<b>8</b>	<b>PROGRAMMATION DES AUTOMATES .....</b>	<b>6</b>
<b>8.1</b>	<b>Structure du programme</b>	<b>6</b>
<b>8.2</b>	<b>Fonctionnement</b>	<b>7</b>
8.2.1	Plan des zones, signalisations et commandes	7
8.2.2	Exigences du Marché	8
8.2.3	Sous systèmes	9
8.2.4	Modes de fonctionnement	15
<b>8.3</b>	<b>Grafcet</b>	<b>19</b>
8.3.1	Mode proton	19
8.3.2	Mode Deuton	24

## **1 Présentation générale**

L'accélérateur de particules est dédié à l'analyse des objets du Patrimoine Culturel : détermination de la composition élémentaire de matériaux anciens, connaissance des techniques de fabrication anciennes, provenance des matériaux et étude de leurs mécanismes de dégradation.

### **1.1 Description technique des parties et composants de l'accélérateur et des halls de traitement des produits**

#### **1.1.1 Disposition générale**



#### **1.1.2 L'accélérateur**

La ligne de l'accélérateur se compose de :

- 1- deux sources : une source duoplasmatron et une source alphasources qui génèrent respectivement des protons et des deutons pour la première et des particules alpha pour la seconde,
- 2- un accélérateur électrostatique tandem,
- 3 - une ligne haute énergie comportant quatre aimants induisant une déviation du faisceau à 270°.
- 4 – une micro-sonde et le faisceau extrait confiné dans une zone d'exclusion délimitée par une cloison infranchissable.

#### **1.1.3 Les aires de traitements**

Aucune activation n'est à prévoir sauf en cas de mesures deutons. Dans ce cas, une balise gamma vérifie le niveau de radiation avant d'éteindre le trèfle rouge d'interdiction d'entrée en zone d'exclusion.

## 2 Documents de référence

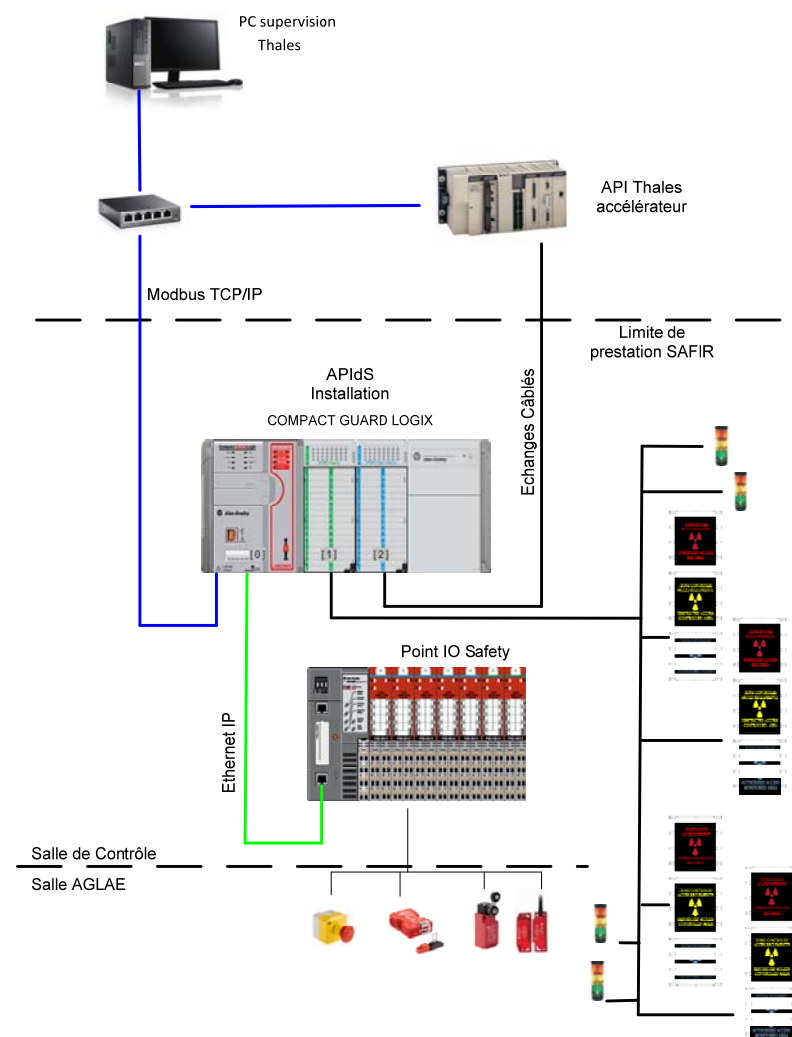
La présente analyse fonctionnelle est réalisée à partir des documents de référence :

- 1) Annexe 12 - Informations New AGLAE annexe C\_1204
- 2) CCTP Lot 3 : BALL053AGT\_DCE\_EGIS\_TTZN\_CFA\_NTE\_0040\_A PDG.DWG
- 3) GEMMA New AGLAE Proton extrait
- 4) GEMMA New AGLAE Deuton extrait V2

## 3 Composition du système

Le système est composé d'un automate de sécurité Rockwell de type Compact Guard Logix avec des cartes d'entrées / sorties (safety et non safety), un automate Thales ainsi qu'un PC de supervision Thalès.

## 4 Architecture



L'architecture matérielle est composée d'un automate Rockwell doté d'une CPU Compact Guard Logix.

La liaison avec le terrain se fait via les entrées/sorties de la CPU pour la partie non sécurisée. La partie sécurisée est quant à elle connectée avec le rack d'entrée/sorties déporté (Point I/O).

La partie sécurité concerne principalement les portes, les clés prisonnières et les arrêts d'urgence (se référer à la liste E/S).

Le système communique avec l'API Thalès via des Entrées / sorties TOR câblées entre les 2 automates. L'automate communique aussi avec l'API Thalès via une communication Modbus TCP/IP.

## *5 Définition du matériel*

Qté	Référence	Désignation
1	<b>1769-L30ERMS</b>	Compact GuardLogix CPU, L30ERMS, 1M/0.5M
1	<b>1769-PB2</b>	alimentation électrique CompactLogix™
1	<b>1769-IQ32</b>	Input Module CompactLogix™ 32 Points
1	<b>1769-OB32</b>	CompactLogix 32 Point D/O Module
1	<b>1769-ECR</b>	Capot de Terminaison de Bus
1	<b>1734-AENTR</b>	Adaptateur de Réseau POINT I/O™
5	<b>1734-IB8S</b>	Combinaison de Module POINT I/O™
2	<b>1734-OB8S</b>	Module de Sortie de Sécurité POINT I/O™
14	<b>1734-TOP3S</b>	Terminal Base and Spring POINT I/O™

## *6 Affectation des entrées et sorties*

### *6.1 Entrées / Sorties site*

*Voir document liste E/S : TECH\_BDD\_P2639\_16\_020*

## *7 Communications*

*Voir document table d'échange : Table d'échange EGIS \_THALES\_050117*

Une liaison de type TCP/IP assure la communication entre l'API Thales et l'automate de sécurité Rockwell.

APIds Installation : Automate Serveur : 192.168.0.130

Masque sous réseaux 255.255.255.0

API Thales accélérateur : 192.168.0.140

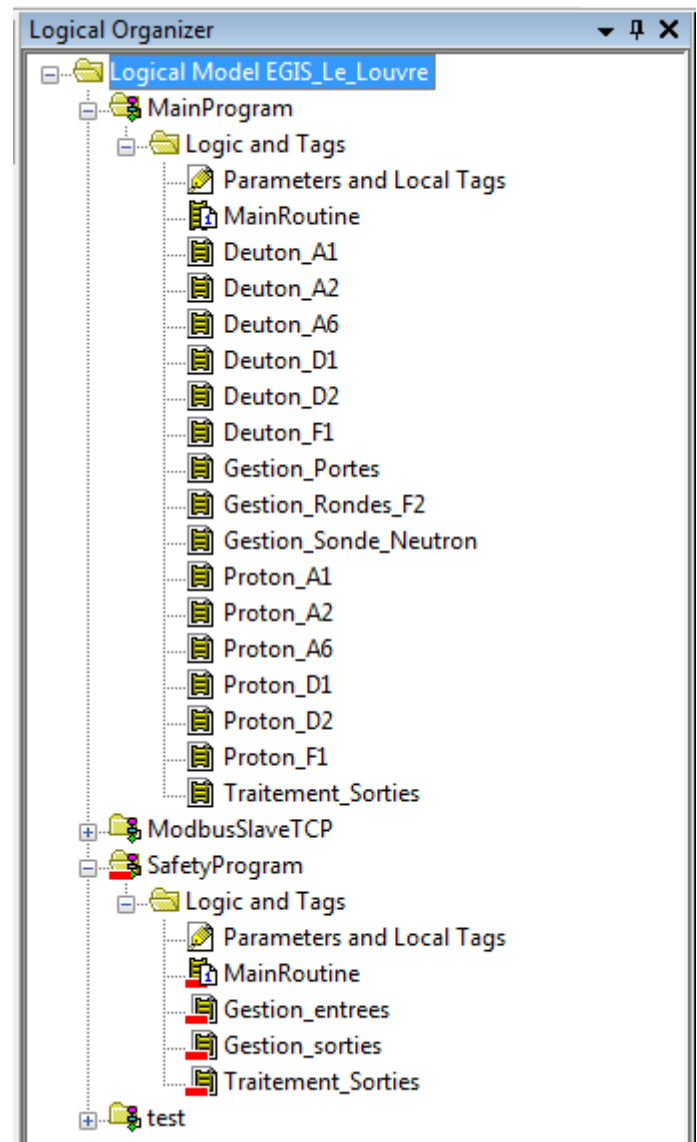
Masque sous réseaux 255.255.255.0

## 8 Programmation des automates

### 8.1 Structure du programme

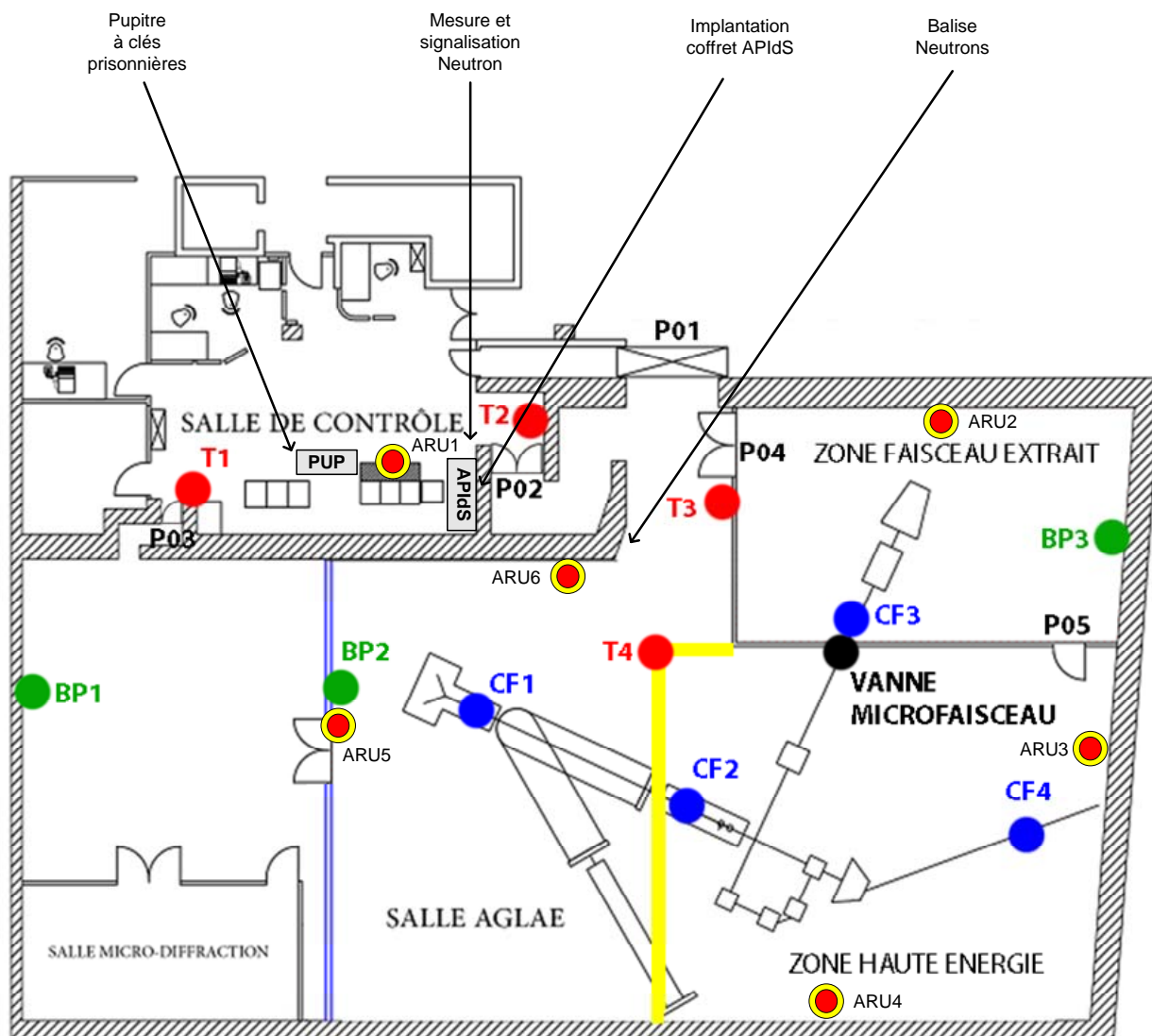
Le programme de l'automate est structuré en plusieurs parties :

- Grafcets relatifs aux états du Gemma Proton
- Grafcets relatifs aux états du Gemma Deutons
- Gestion des Portes P02 à P05
- Gestion des Rondes
- Gestion Sonde Neutron
- Traitement des entrées non safety
- Traitement des entrées safety
- Traitement des sorties non safety
- Traitement des sorties safety
- Traitement Modbus Serveur



## 8.2 Fonctionnement

### 8.2.1 Plan des zones, signalisations et commandes



### 8.2.2 Exigences du Marché

Le fonctionnement répondra aux exigences du marché à savoir:

- L'ouverture des portes d'accès au local d'irradiation n'est possible qu'au moyen de clefs prisonnières au pupitre de commande de l'accélérateur. La prise de l'une de ces clefs agit directement sur la retombée des cages de Faraday. Tant que l'une des portes d'accès au local d'irradiation est ouverte, la clef reste prisonnière dans sa serrure, de manière à empêcher que simultanément, cette porte reste ouverte et que l'accélérateur puisse être en fonctionnement, avec émission de rayonnement. Prévoir un déverrouillage prioritaire des accès depuis l'intérieur pour qu'une personne éventuellement présente puisse sortir du local.
- Les autorisations d'accès sont matérialisés par une triple signalisation : le premier signal fixe de couleur verte autorise l'accès aux zones réglementées ; le deuxième signal de couleur orange doit être commandé par l'autorisation d'établissement du champ de l'accélérateur ; le troisième signal de couleur rouge, fixe ou clignotant, doit fonctionner dès que le champ de l'accélérateur est appliqué, et pendant toute la durée d'émission du rayonnement. Ces signaux lumineux seront de qualité telle que les risques de détérioration de la lampe par insuffisance de dimensionnement ou de ventilation du hublot soient réduits au minimum.
- Avant l'émission du rayonnement, aucune personne ne doit se trouver dans le local d'irradiation ni dans les locaux annexes comportant un risque d'exposition au rayonnement. Le démarrage nécessite le respect d'une procédure comprenant un système de boutons de ronde pour acquitter toutes les sécurités dans un temps limité. Une alarme sonore est associée à la procédure de ronde pendant une durée adaptée. Elle doit être audible de l'intérieur de l'installation et de l'extérieur, au voisinage des portes.
- Mise en place d'arrêt d'urgence sur tout le parcours de l'accès à la salle d'irradiation et dans celle-ci.
- Dans tous les cas, la défaillance d'un élément de sécurité, la perte d'alimentation de l'armoire ou l'ouverture d'une porte (selon le mode) pendant le fonctionnement, entraînent le passage de la machine dans un état sûr :
  - Coupure des alimentations des cages de Faraday.
  - Signalisation de l'état (physiquement câblé) d'Arrêt d'urgence vers l'automate Thalès.
- La perte d'alimentation électrique entraîne en plus le déverrouillage des gâches électriques des portes.



### 8.2.3 Sous systèmes

#### 8.2.3.1 Cages de Faraday



L'installation est munie de 4 CF (Cage de Faraday) réparties de la manière suivante :

- CF1 : Basse énergie avant l'accélérateur, pilotée par 1 électro-aimant
- CF2 : Haute énergie après l'accélérateur, pilotée par un vérin pneumatique
- CF3 : sur ligne microfaisceau, pilotée par un vérin pneumatique avec capteurs de position
- CF4 : sur ligne sous vide, pilotée par un vérin pneumatique avec capteurs de position

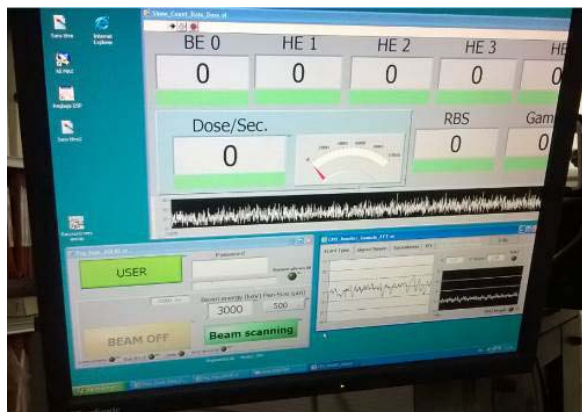
#### 8.2.3.2 Rondiers et Clés Prisonnières.

Un système de rondier a été mis en place dans la salle de l'accélérateur AGLAE. Trois boutons poussoir rouges ont été disposés aux extrémités de la salle afin d'assurer lors de la ronde une vue d'ensemble de la salle.



Lors de l'activation du mode réglage au niveau de la salle de contrôle, une sonnerie retentit dans la salle de l'accélérateur pour déclencher l'évacuation de la salle. L'opérateur doit alors faire une ronde pour vérifier l'évacuation. La personne faisant la ronde dispose de 35 s après l'activation du premier BP pour activer le second. La porte principale de la zone d'exclusion doit être fermée dans les 15 s suivant l'activation du bouton correspondant pour valider la ronde. Si dans le temps imparti, le second bouton n'est pas activé ou la porte n'est pas fermée, la ronde est remise à zéro et elle doit être reprise depuis le début.

L'ingénieur de ronde passe alors en mode utilisateur depuis le PC se trouvant dans la salle de contrôle.



Dans ce mode, après chaque ouverture de la porte de la zone d'exclusion, une ronde doit être faite pour vérifier que la zone est vide. Le BP rondier doit être activé et l'utilisateur doit ressortir et refermer la porte dans un laps de temps de 15 s sans quoi il n'a pas la possibilité de lancer l'analyse. En mode proton/alpha, la ronde consiste en la fermeture d'une des portes de la zone d'expérimentation (P04 ou P05), l'activation du rondier dans cette zone (BP3) puis la fermeture de la seconde porte de la zone (P05 ou P04). L'opérateur dispose de 15s pour fermer la seconde porte après l'activation du rondier sinon la ronde tombe. Enfin l'insertion des clés prisonnières des portes P04 et P05 sur le pupitre permet l'alimentation des cages de Faraday.

En mode deuton, la ronde consiste en la fermeture de la porte extérieure P01, de la porte P03, puis l'activation des rondiers dans toute la salle (BP1 puis BP2 puis BP3). Viennent ensuite les fermetures des portes P05, P04 et P02. L'opérateur dispose de 60s pour fermer la porte P04 après l'activation du premier rondier sinon la ronde tombe. Enfin l'insertion des clés prisonnières des portes P01, P02 et P03 sur le pupitre permet l'alimentation des cages de Faraday.

### Clés Prisonnières :

Afin d'agir en sécurité sur la machine, il est implémenté un système de clés numérotées, toutes différentes.

Les fonctionnalités de ces clés sont :

- Clé n°1 : Clé pour porte P01, sert uniquement sur le pupitre à clés.
- Clé n°2 : Clé pour porte P02, sert sur le pupitre à clés et sur le boîtier à proximité de la porte
- Clé n°3 : Clé pour porte P03, sert sur le pupitre à clés et sur le boîtier à proximité de la porte
- Clé n°4 : Clé pour porte P04, sert sur le pupitre à clés et sur le boîtier à proximité de la porte
- Clé n°5 : Clé pour porte P05, sert sur le pupitre à clés et sur le boîtier à proximité de la porte
- Clé n°6 : Clé pour la Chambre à Vide, sert uniquement sur le pupitre à clés.

En fonction du mode fonctionnement de l'accélérateur choisi, la présence des clés correspondantes sera requise sur le pupitre à clés pour démarrer le cycle. (Voir descriptif des modes ci-dessus)

Pour les clés des portes 2 à 5, ces clés servent sur le pupitre, mais également sur les boîtiers fixés à proximité des portes afin d'en permettre l'ouverture = déverrouillage de la gâche.

Sur ces boîtiers, les clés ne pourront être retirées que si la porte correspondante est fermée. (Verrouillage électrique de la clé).

- Le retrait d'une clé du pupitre pendant le fonctionnement de l'accélérateur déclenche l'action de sécurité prévue dans les GEMMA. (en fonction du mode et des clés requises)
- L'ouverture d'une porte pendant le fonctionnement de l'accélérateur déclenche l'action de sécurité prévue dans les GEMMA. (en fonction du mode et des clés requises)
- Le cycle de fonctionnement ne peut démarrer que si toutes les clés requises sont présentes sur le pupitre et que les portes correspondantes sont fermées.

### 8.2.3.3 Trèfles

Signalisation trèfle : pictogrammes rétroéclairés de zonage radiologique

Les signalisations lumineuses se décomposent en trois séries de signaux.

Tout d'abord des trèfles lumineux (bleus, jaunes et rouges) indiquent le zonage des différentes zones de la salle suivant le mode (deuton ou proton/alpha).



- Trèfle bleu : zone publique, accès libre



- Trèfle jaune allumé : Zone contrôlée jaune intermittente. Accès réglementé. Port du dosimètre obligatoire.



- Trèfle rouge allumé : Zone surveillée. Accès interdit

### 8.2.3.4 Vérines lumineuses

- Vérines lumineuses 3 couleurs pour signaler l'état de l'accélérateur:



Les feux tricolores indiquent l'état de la machine et sont situés aux mêmes endroits que les trèfles.  
La couleur du feu est :

- Feu Vert : Il n'y a pas de haute tension sur le terminal de l'accélérateur, accès libre à l'ensemble de la salle.
- Feu Orange : La haute tension est présente (accélérateur en fonctionnement), les particules ne sont pas accélérées (cage de Faraday CF1 fermée, insérée dans la ligne)
- Feu Rouge : La haute tension est présente (accélérateur en fonctionnement), les particules sont accélérées (CF1 hors ligne, ouverte)
- Vérine 2 couleurs + sirène pour identifier le risque neutrons et permettre l'évacuation de la salle le cas échéant :



Un feu bicolore est relié directement à l'APIdS installation. Si la sonde est au dessus du seuil le feu passe au rouge et une sonnerie retentit indiquant la présence de neutrons dans la salle de l'accélérateur. En mode deuton, un tel déclenchement ne provoque pas d'arrêt d'urgence car la salle est verrouillée et n'est pas accessible. Par contre, en mode proton/alpha, un tel déclenchement provoque une mise en sécurité automatique (toutes les alimentations des cages de Faraday et de la vanne microfaisceau sont coupées ainsi que la haute tension du Pelletron).

- Feu vert : Pas d'émission de neutrons. Accès autorisé suivant zonage
- Feu rouge et sirène : émission de neutrons, accès interdit
- Sirène dans la salle : évacuation des personnels non autorisés

Pour les différents modes, le fonctionnement sera donc le suivant :

#### Mode Proton :

- Si le seuil de détection est atteint sur la sonde neutron, alors la vérine s'allume en rouge et la sirène s'active
- Si seuil n'est pas atteint, la vérine s'allume en vert

#### Mode Deuton :

- le seuil de détection est atteint sur la sonde neutron, alors la vérine s'allume en rouge et la sirène reste inactive
- Si seuil n'est pas atteint, la vérine s'allume en vert

#### 8.2.3.5 Clés prisonnières

Les zones rouges sont verrouillées par des clés prisonnières qui devront être insérées dans le pupitre de commande afin de permettre le tir. La norme NF M62-105 indique que de telles clés doivent empêcher l'application de haute tension sur le terminal. Une telle mesure n'est pas applicable dans le cadre de cette installation du fait des très nombreuses entrées en zone d'expérimentation entre deux analyses qui rendraient les phases de réglages de l'appareil plus nombreuses que les phases d'analyse elles-mêmes. De plus, certains réglages très subtils de la stabilité de la machine requièrent que le faisceau soit en permanence accéléré. Il a été décidé d'agir :

- en mode deutons : simultanément au niveau des cages de Faraday pré et post accélérateur (CF1 et CF2)
- en mode protons/alphas : simultanément au niveau de la cage de Faraday du microfaisceau (CF3) et de la vanne du microfaisceau

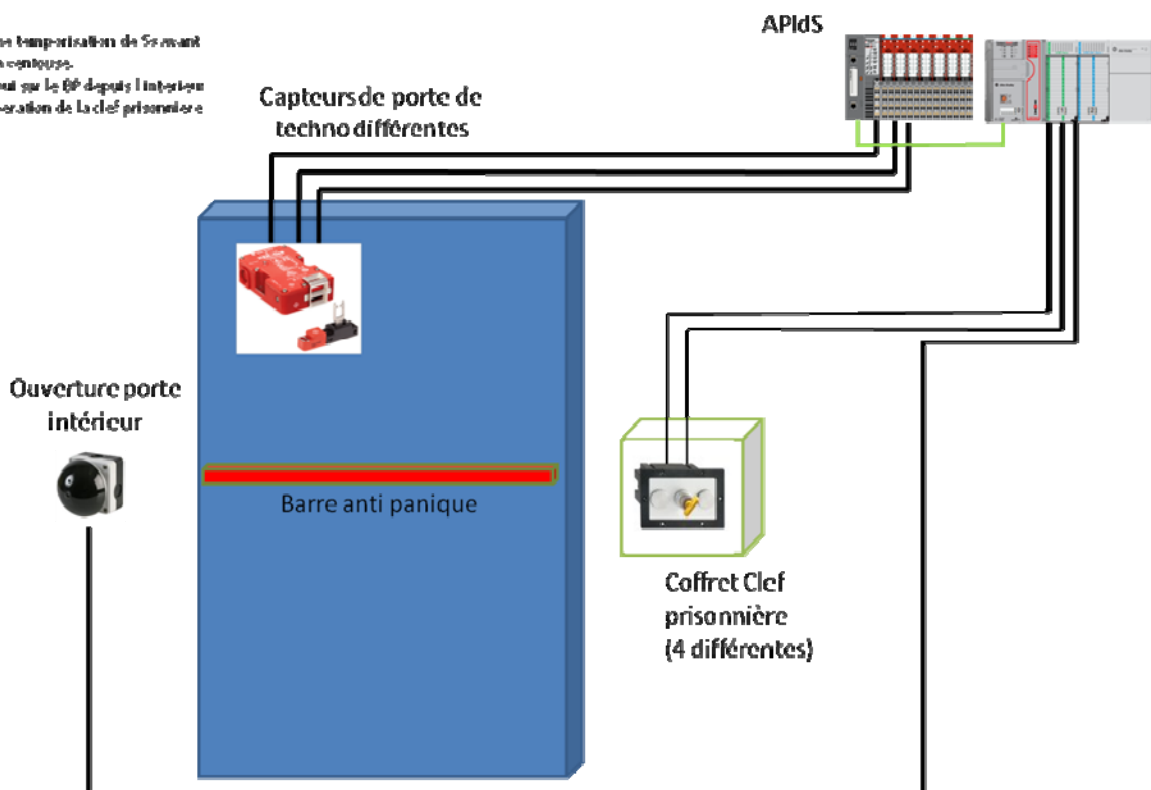
Tant que la ronde n'est pas activée et que les clés prisonnières ne sont pas insérées, les alimentations des cages de Faraday et de la vanne du microfaisceau sont coupées, ce qui implique qu'elles sont en position fermée et empêchent le passage de toute particule.

### 8.2.3.6 Gestion des Portes

#### Attention

La porte aura une temporisation de 5s avant l'activation de la ventouse.

est suite à l'appui sur le bouton depuis l'intérieur soit après récupération de la clé prisonnière



La ventouse sera désactivée pendant 5 secondes suite à un appui sur le bouton poussoir ouverture porte depuis l'intérieur ou suite à la récupération de la clé prisonnière. Dans tous les autres cas la ventouse restera activée.

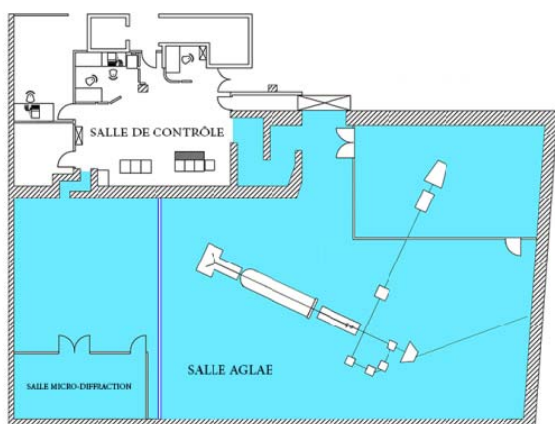
Nota : En cas de coupure de l'alimentation de l'armoire APS, toutes les gâches seront désactivées.

### 8.2.4 Modes de fonctionnement

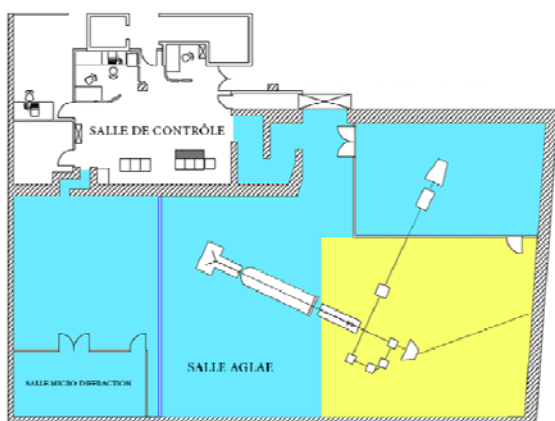
Un zonage a été réalisé à partir des données de l'ancienne installation AGLAE. Il se décompose en 3 aires de zonage intermittent : la salle AGLAE, la zone du faisceau extrait et la zone haute énergie.

#### 8.2.4.1 Mode Protons ou Alphas

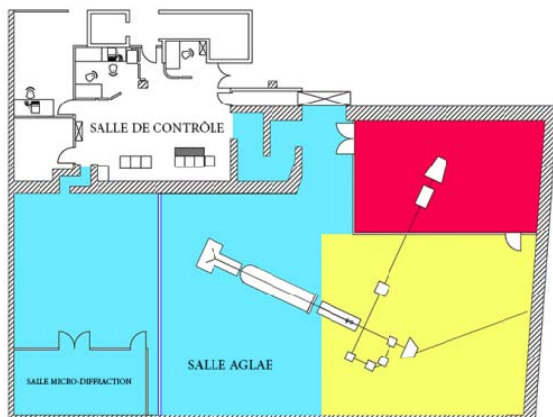
- Particules non accélérées:



- Particules accélérées faisceau non extrait:

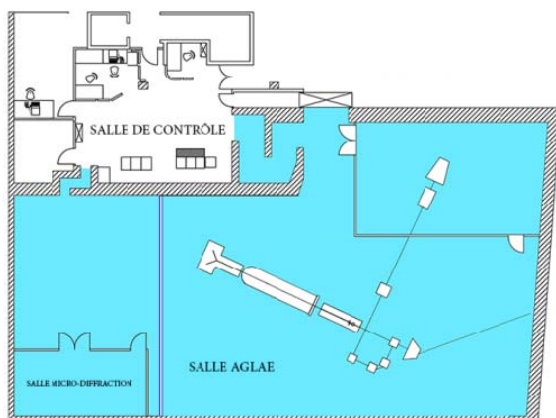


- Particules accélérées faisceau extrait:

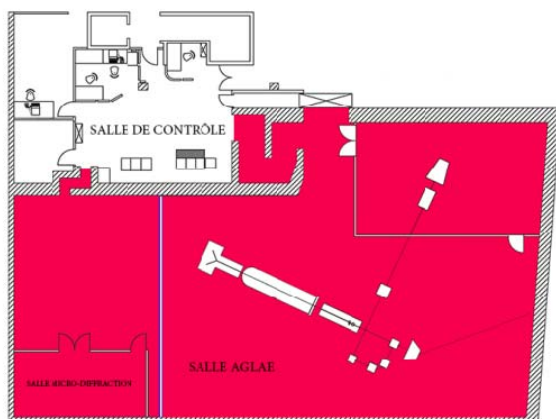


#### 8.2.4.2 Mode Deutons

- Particules non accélérées :



- Particules accélérées faisceau extrait ou non:





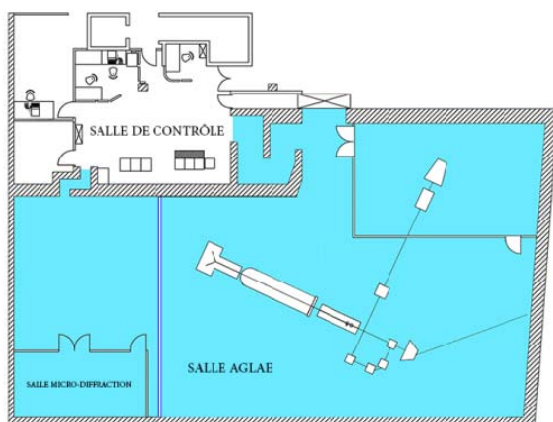
#### 8.2.4.3 Mode chambre à vide

Ce mode de fonctionnement n'est possible qu'en mode protons/alphas et n'est pas réalisable en mode deutons. Il est appliqué quand une chambre à vide est montée en bout de ligne et que le faisceau n'est plus extrait dans l'air mais reste confiné dans cette dernière. Une unique clé peut déclencher ce mode particulier et n'est détenue que par la responsable de l'installation. Dans ce mode, seules les personnes habilitées peuvent travailler à l'accélérateur.

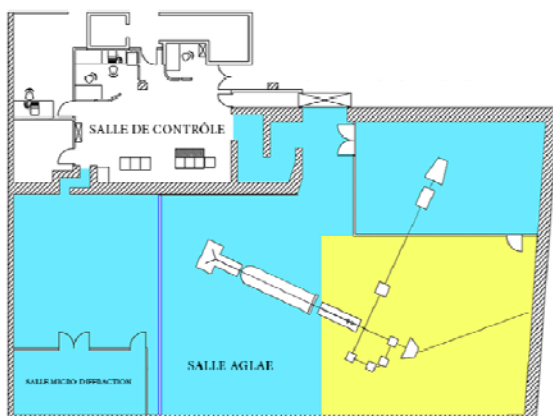
Cette différenciation des modes est motivée par le fait qu'il n'y a plus de zone rouge accessible à l'utilisateur en cas de fonctionnement en chambre à vide. En effet, le faisceau est toujours confiné et en cas d'ouverture intempestive de la chambre par un utilisateur, cela casse le vide et provoque la fermeture automatique des vannes de sécurité destinées à préserver le vide dans l'accélérateur. Ces vannes fermées, le faisceau ne peut plus rentrer dans la chambre.

En mode « chambre à vide », l'alimentation des cages de Faraday et de la vanne du microfaisceau est toujours allumée. Dans ce mode de fonctionnement, le zonage est le suivant : zone surveillée dans la salle AGLAE, zone contrôlée jaune dans la zone haute énergie en cas de particules accélérées et zone jaune dans la zone d'expérimentation si la balise gamma détecte des rayonnements.

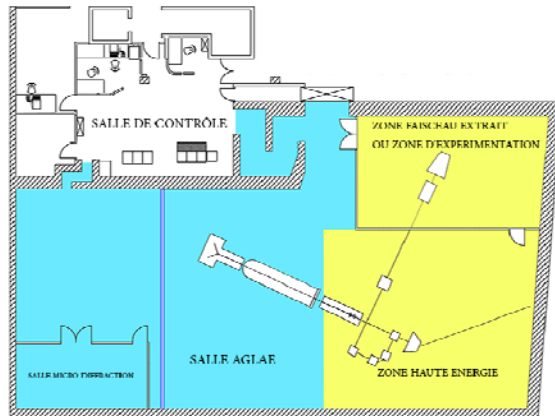
- Particules non accélérées :



- Particules accélérées, pas d'émission gamma :



- Particules accélérées, émission gamma :

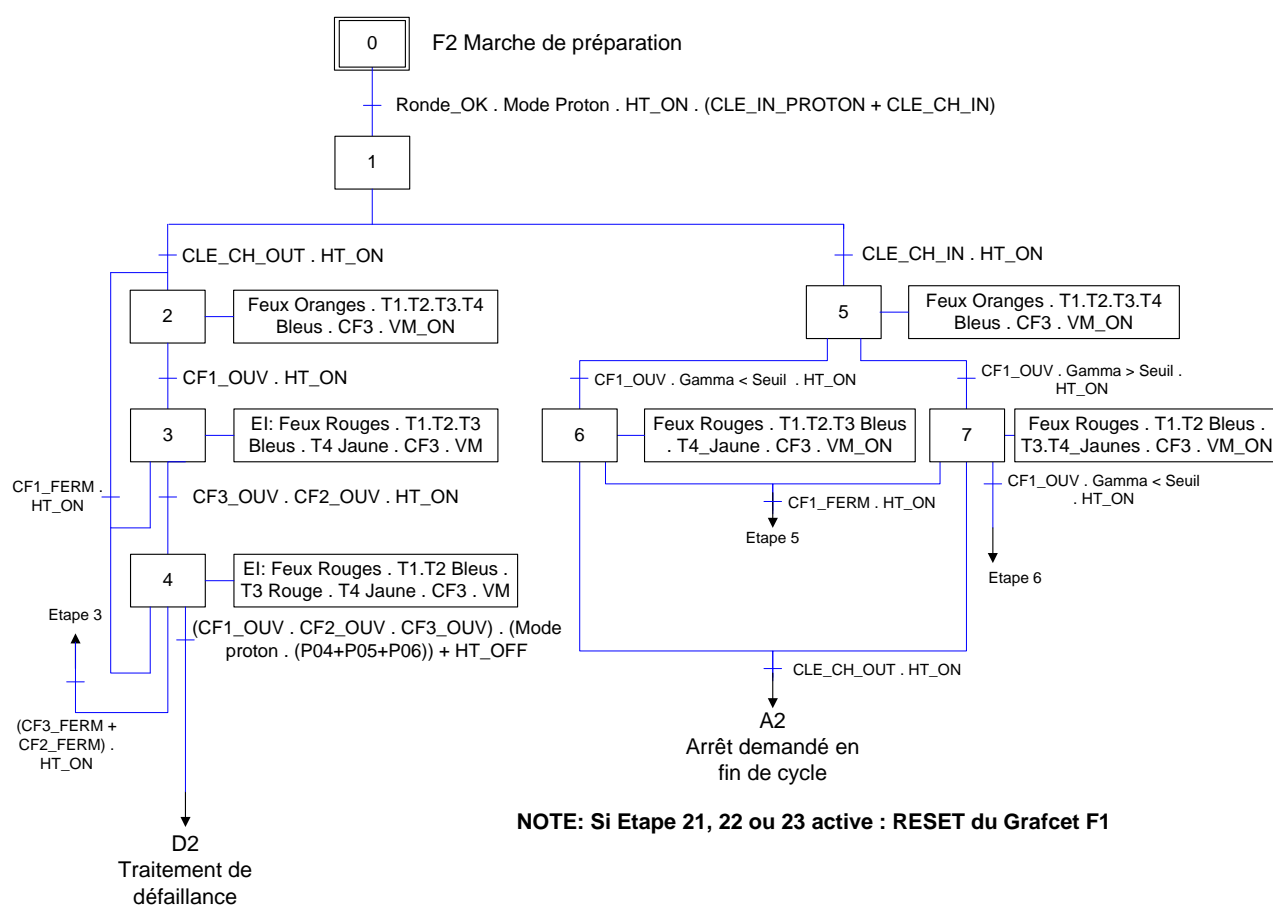


### 8.3 Grafcet

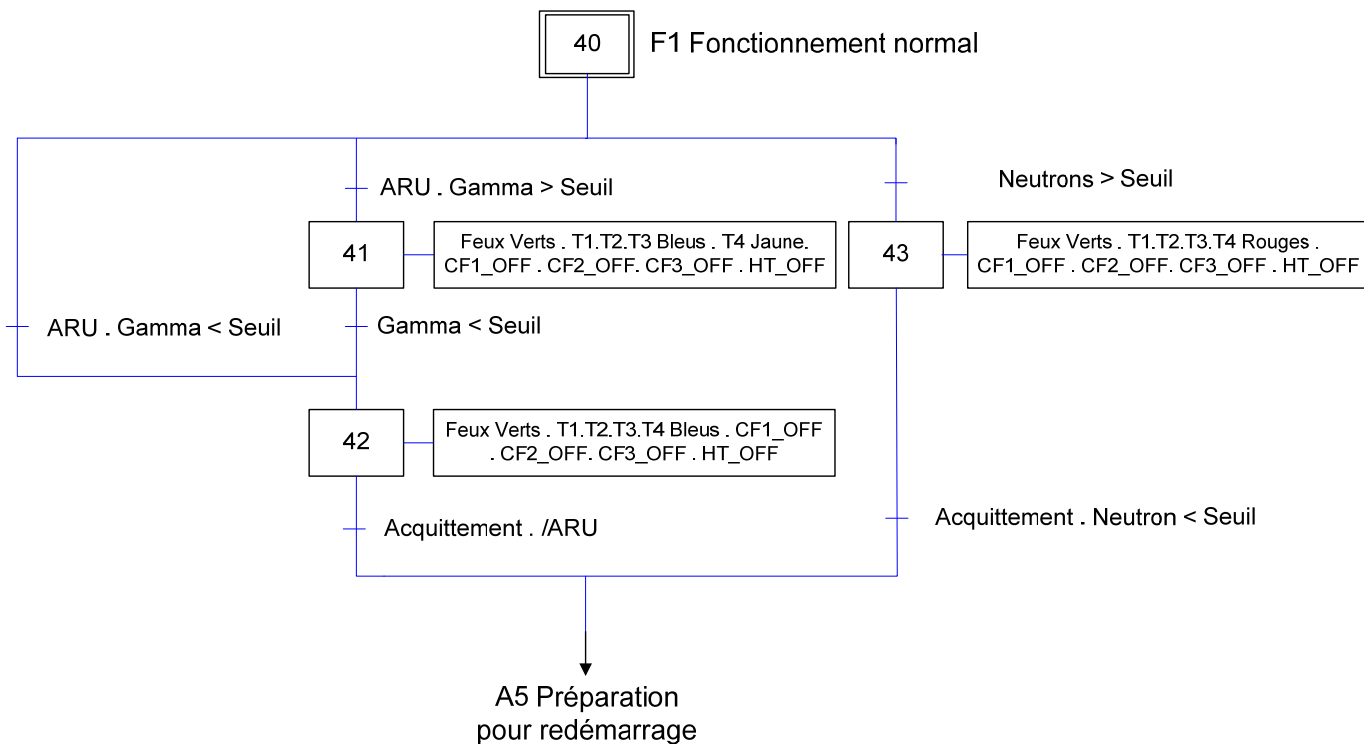
#### 8.3.1 Mode proton

Document de référence : GEMMA New AGLAE Proton extrait

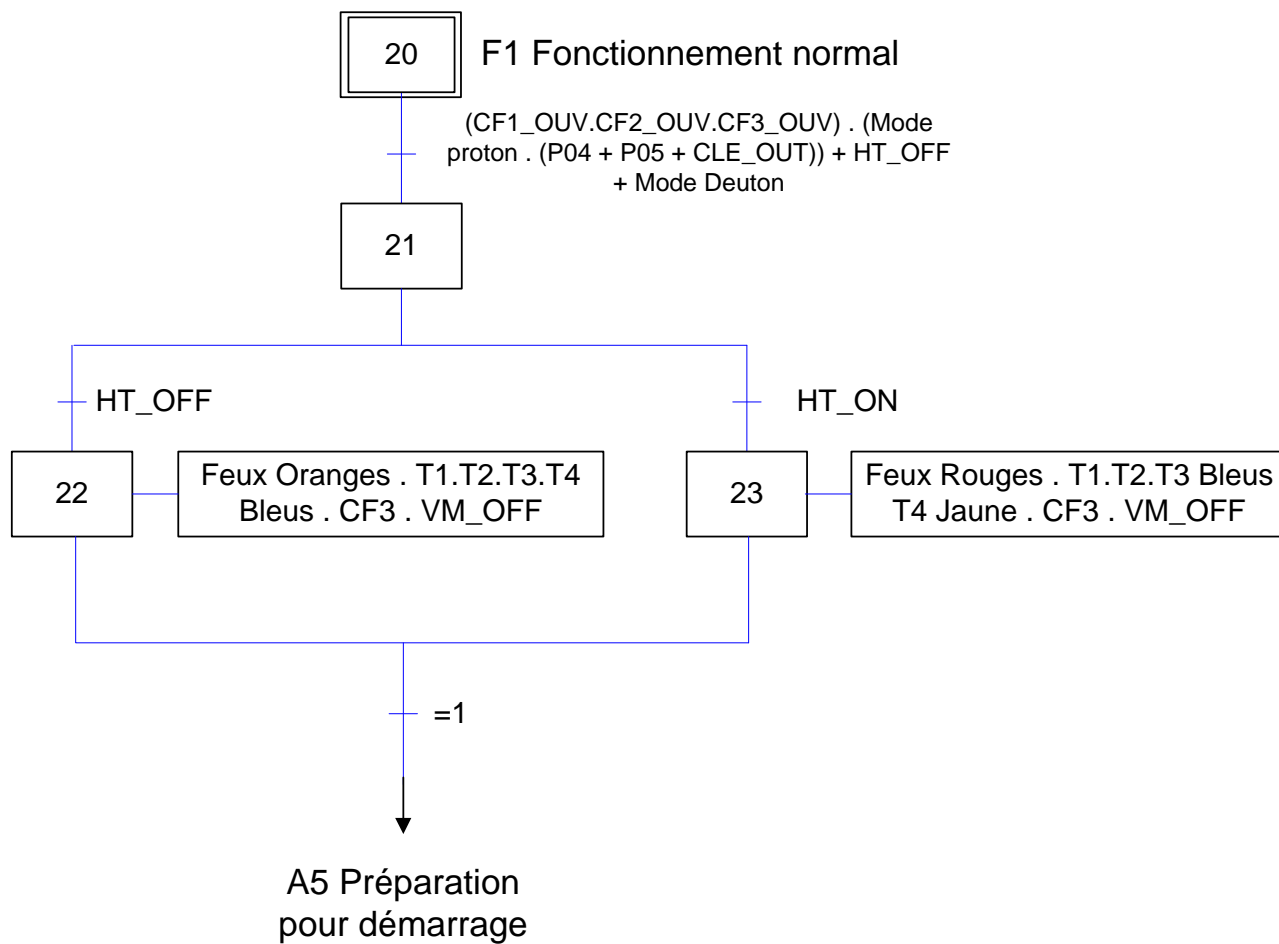
##### 8.3.1.1 F1 : Fonctionnement normal



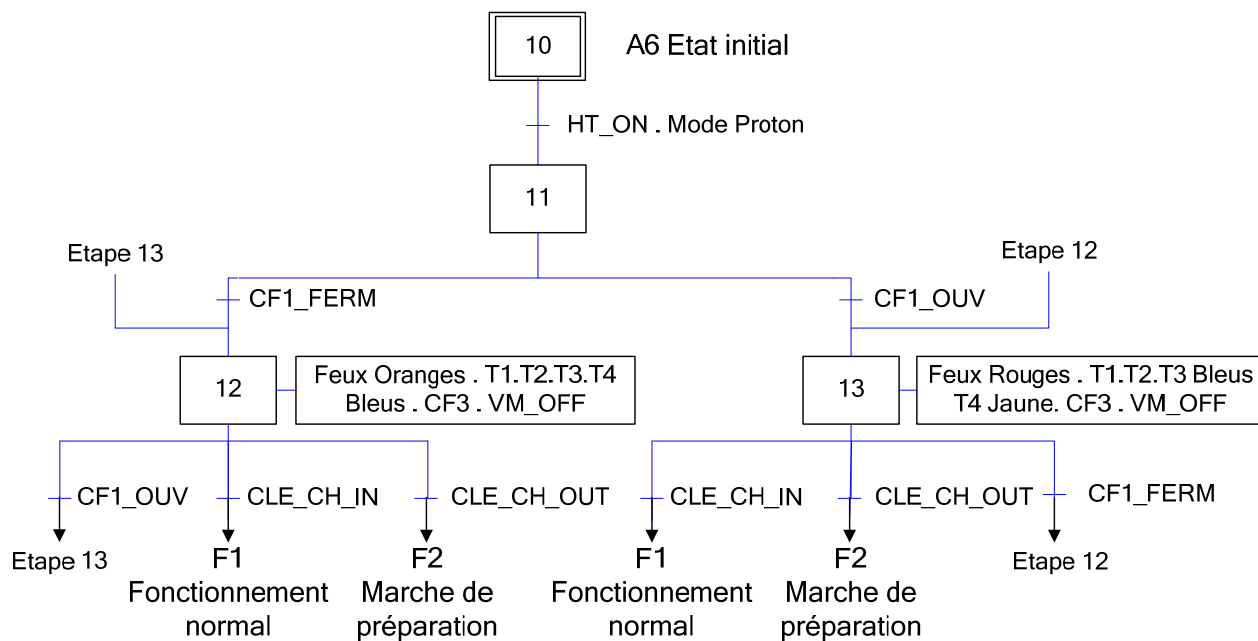
8.3.1.2 D1 : Arrêt d'urgence



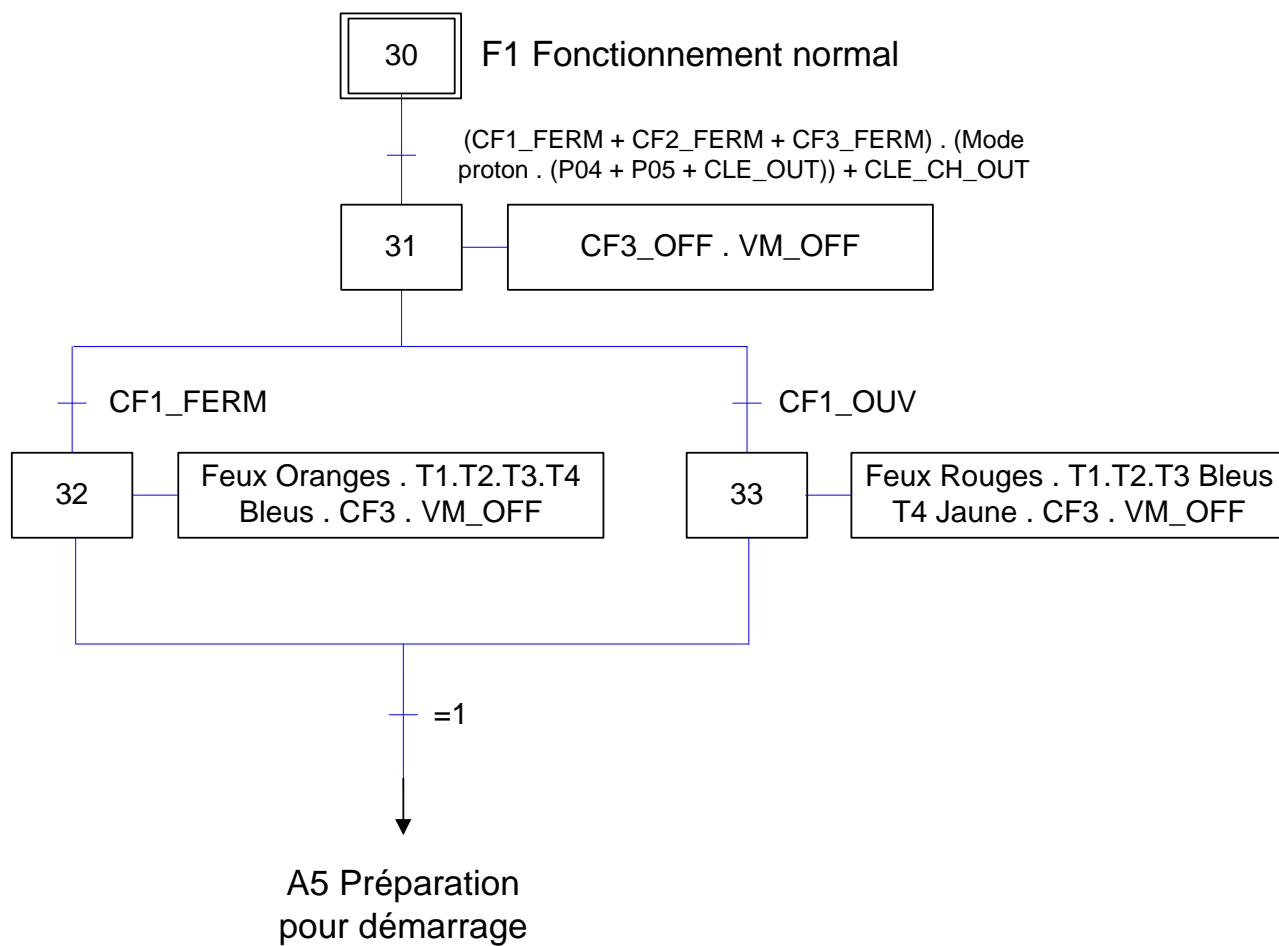
8.3.1.3 D2 : Traitement de défaillance



8.3.1.4 A1 : Arrêt en état initial



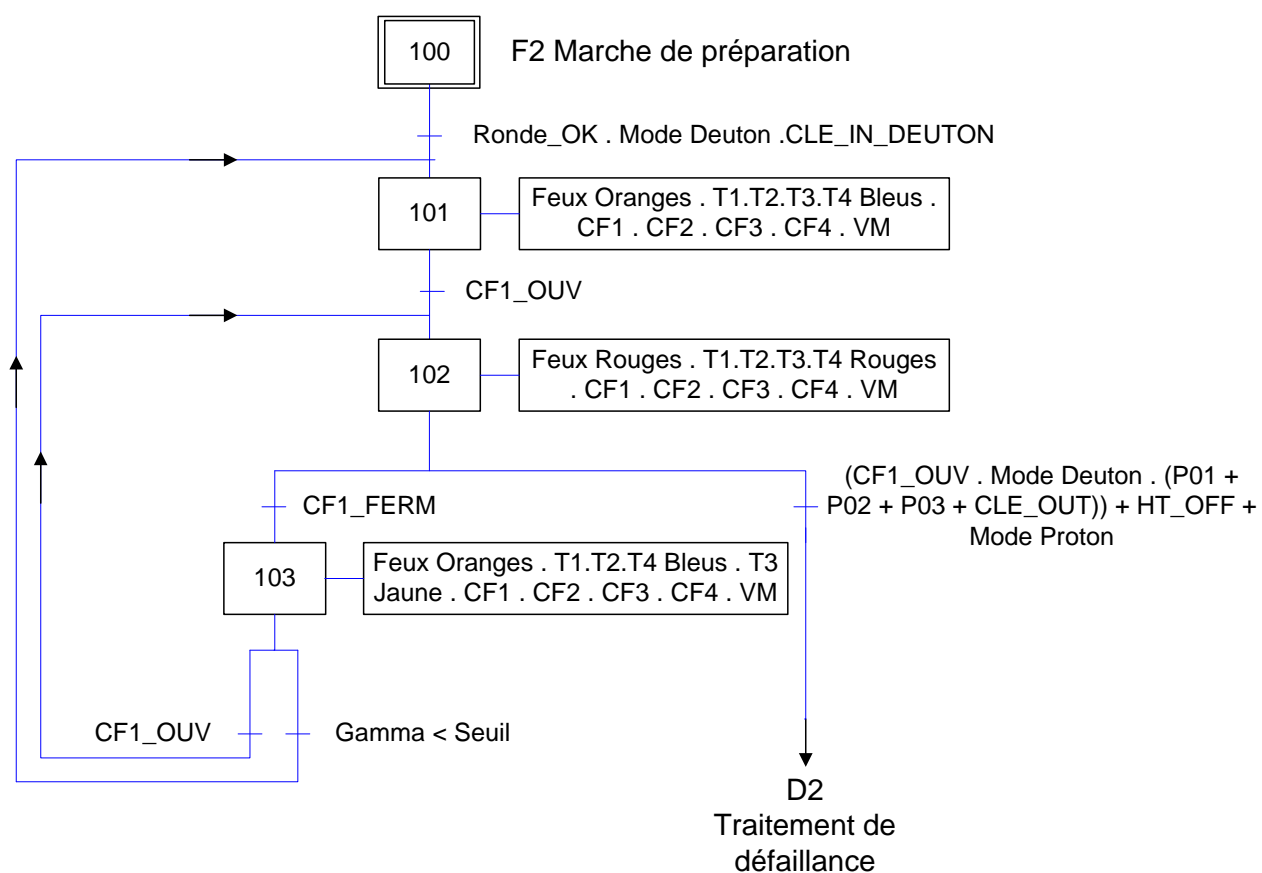
8.3.1.5 A2 : Arrêt demandé en fin de cycle



### 8.3.2 Mode Deuton

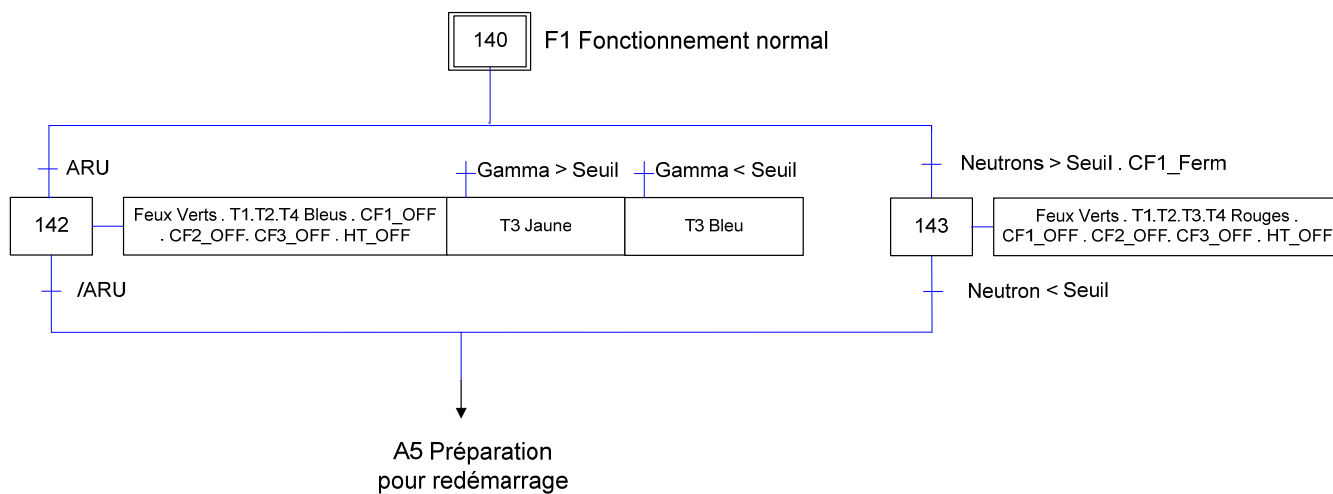
Document de référence : GEMMA New AGLAE Deuton extrait V2

#### 8.3.2.1 F1 : Fonctionnement normal

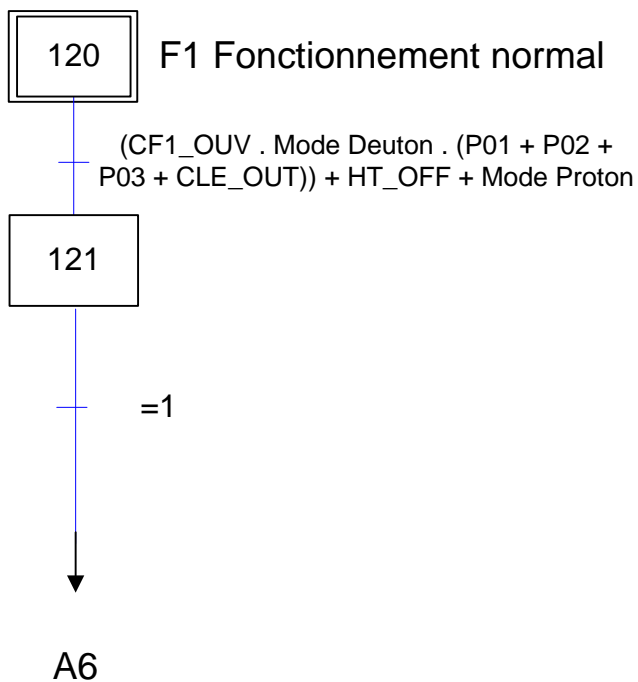




### 8.3.2.2 D1 : Arrêt d'urgence



### 8.3.2.3 D2 : Traitement de défaillance



**8.3.2.4 A2 : Arrêt demandé en fin de cycle**