

## Project Pancréas Artificiel

---

---



M2 CCSC  
INGÉNIEURIE DU SYSTÈME

ÉTUDIANTE : QING XU

7 JANVIER 2021

## Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Boîte noire</b>	<b>3</b>
2.1	Diagramme d'exigence initial . . . . .	3
2.2	Diagramme de contexte . . . . .	4
2.3	Diagramme d'exigences . . . . .	5
<b>3</b>	<b>Boîte blanche</b>	<b>6</b>
3.1	Diagramme de mode de fonctionnement . . . . .	6
3.2	Diagramme de cas d'utilisation . . . . .	7
3.3	Diagramme d'activité . . . . .	8
3.4	Diagramme de structure . . . . .	9
3.5	Tableaux d'allocations . . . . .	10
3.6	Digramme de block interne . . . . .	10
<b>4</b>	<b>Analyse de sécurité</b>	<b>12</b>
4.1	Concevoir d'arbre de défaillance . . . . .	12
4.2	Analyse qualitative et proposition d'amélioration . . . . .	14
4.3	Modélisation du dispositif sous AltaRica . . . . .	16
<b>5</b>	<b>Discussion et conclusion</b>	<b>17</b>
	<b>Bibliography</b>	<b>17</b>
	<b>Appendix</b>	<b>17</b>
5.1	Diagramme d'exigences bdd complète . . . . .	18
5.2	Diagramme d'exigences . . . . .	19
5.2.1	Diagramme d'exigence complet . . . . .	19
5.2.2	Diagramme d'exigences (Complément du diagramme initial) . . . . .	20
5.3	Nouvel diagramme après ajouter le monitoring . . . . .	22
5.4	Notation des arbres de défaillance . . . . .	23

## Table des figures

1	Diagramme d'exigence initial . . . . .	3
2	Diagramme de contexte . . . . .	4
3	Diagramme d'exigence des acteurs . . . . .	5
4	Diagramme d'exigence de contexte d'environnement extérieur . . . . .	5
5	Diagramme de mode de fonctionnement . . . . .	6
6	Diagramme de cas d'utilisation . . . . .	7
7	Diagramme d'exigences des activités de cas d'utilisation . . . . .	7
8	Diagramme d'activité . . . . .	8
9	Diagramme d'activité :Doser . . . . .	8
10	Diagramme de structure . . . . .	9
11	Diagramme d'exigences des composants . . . . .	9
12	Tableaux d'allocations . . . . .	10
13	Diagramme de bloc interne . . . . .	10
14	Diagramme d'exigences des activités A.1 . . . . .	11
15	Liste d'événements dans l'arbre de défaillance V1 . . . . .	12
16	Liste de ports dans l'arbre de défaillance V1 . . . . .	12
17	Arbre de défaillance V1 . . . . .	13
18	Arbre de défaillance version 2 . . . . .	13
19	Analyse qualitative d'arbre de défaillance V1 . . . . .	14
20	Analyse qualitative d'arbre de défaillance V2 . . . . .	15
21	Nouvelle diagramme de block interne . . . . .	15
22	Modélisation sous AltaRica . . . . .	16
23	Simulation du modèle AltaRica . . . . .	17
24	Diagramme d'exigence bdd complète . . . . .	18
25	Diagramme d'exigences des activités complets . . . . .	19
26	Diagramme d'exigences des activités A.2 . . . . .	20
27	Diagramme d'exigences des activités A.3 . . . . .	20
28	Diagramme d'exigences des activités A.4 . . . . .	21
29	Nouvelle diagramme de structure . . . . .	22
30	Nouvelle diagramme d'exigences des activités 3 . . . . .	22
31	Nouvelle diagramme de bloc d'activités . . . . .	23
32	Top 1 d'Arbre de défaillance . . . . .	23
33	Top 2 d'Arbre de défaillance . . . . .	24
34	Liste d'événements dans l'arbre de défaillance V2 . . . . .	24
35	Liste de ports dans l'arbre de défaillance V2 . . . . .	24
36	Analyse qualitative d'arbre de défaillance V 2 Détaille 1 . . . . .	25
37	Analyse qualitative d'arbre de défaillance V 2 Détaille 2 . . . . .	25

# 1 Introduction

Ce compte rendu a pour but d'établir la conception d'un pancréas artificiel à partir d'une boîte noire, avant de découvrir des variés possibilités d'améliorer la qualité du produit. Nous restons au premier niveau d'analyse de fonctionnement sans rentrer dans des détails techniques. Notre point de départ de la conception est de prendre au maximum le soin des personnes diabétiques qui ont besoin d'un processus qui corrige une défaillance biologique automatique. L'analyse du produit souhaité est répartie donc par huit aspects suivants :

- Déterminer les exigences initiaux et préciser le contexte d'utilisation ;
- Gérer des modes de fonctionnement de l'appareil et détailler leur scènes d'utilisations ;
- Planifier des activités désirées et proposer une structure de l'appareil ;
- Vérifier la fiabilité des composants du produit à l'aide un tableaux d'allocation ;
- Compléter les diagrammes d'exigences ;
- Construire l'arbre de défaillance du modèle construit et exploiter le calcul de possibilité de défaillance ;
- Faire des propositions afin de diminuer la possibilité de défaillance de l'appareil ;
- Modéliser un modèle du produit sous AltaRica.

## 2 Boîte noire

Devant une boîte noire dont on connaît rien, le premier étape est d'exprimer des besoins de client et les décomposer. Nous obtiendrons alors certaines exigences qui expliquent brièvement les fonctionnements souhaitées dans un diagramme d'exigence initial. Nous déclarons ensuite la relation entre l'appareil et ses environnements d'utilisation dans un diagramme de contexte afin de déployer plus de exigences potentiels.

### 2.1 Diagramme d'exigence initial

L'hypothèse fait est que le dispositif doit fonctionne 24h/24h pour surveiller le taux de glycémie d'utilisateur et maintenir un niveau de taux de glycémie normale en cas de besoin afin d'éviter le problème de santé. En cas de besoin, le médecin peut surveiller la situation de l'utilisateur en distance à temps et consulter tous les histoires de dosage d'insuline utilisé et le temps d'utilisation, ou même le programme choisi à utiliser. Ceux qui permet de mieux saisir la condition physique de l'utilisateur à temps et faire des ajustements de traitement à temps si nécessaire. Car la sécurité et le temps de communication d'information, la qualité de mesure, la rapidité et l'exactitude d'un calcul/ raisonnement, la précision d'injection sont 4 aspects importants d'après mon point de vu, je les transfert par 4 premiers besoins dans notre diagramme d'exigence initial, comme ce qui est montré dans la figure 1 :

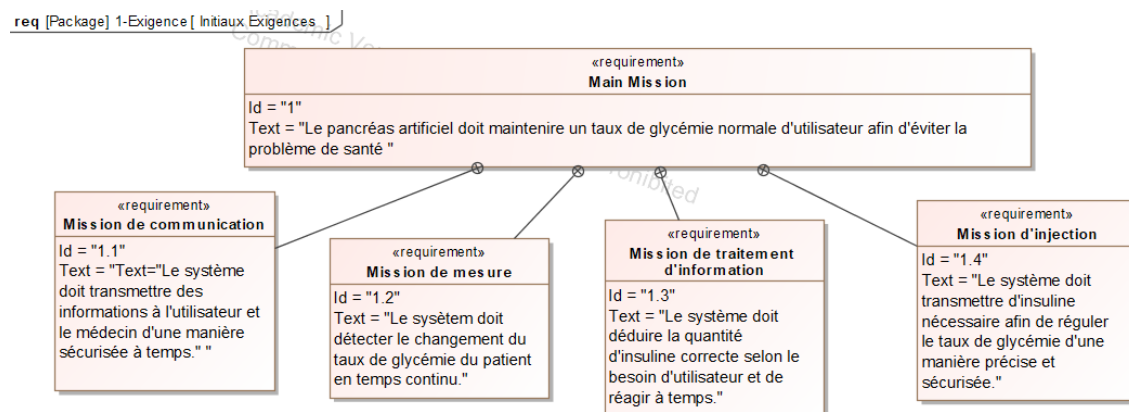


FIGURE 1 – Diagramme d'exigence initial

## 2.2 Diagramme de contexte

Nous explicitons ensuite tous les liens possibles entre le produit souhaité et des environnements extérieurs en considérant le capteur de mesure fait partie dans l'appareil. Des participants, des essentiels ressources d'énergie, des environnements qui ont influence sur le produit, et le cas exceptionnel qu'on peut rencontrer (comme l'appareil tombe en panne, ou est attaqué par des Hackers), doivent tous inclus dans le diagramme de contexte, comme ce qui est montré dans la figure 2.

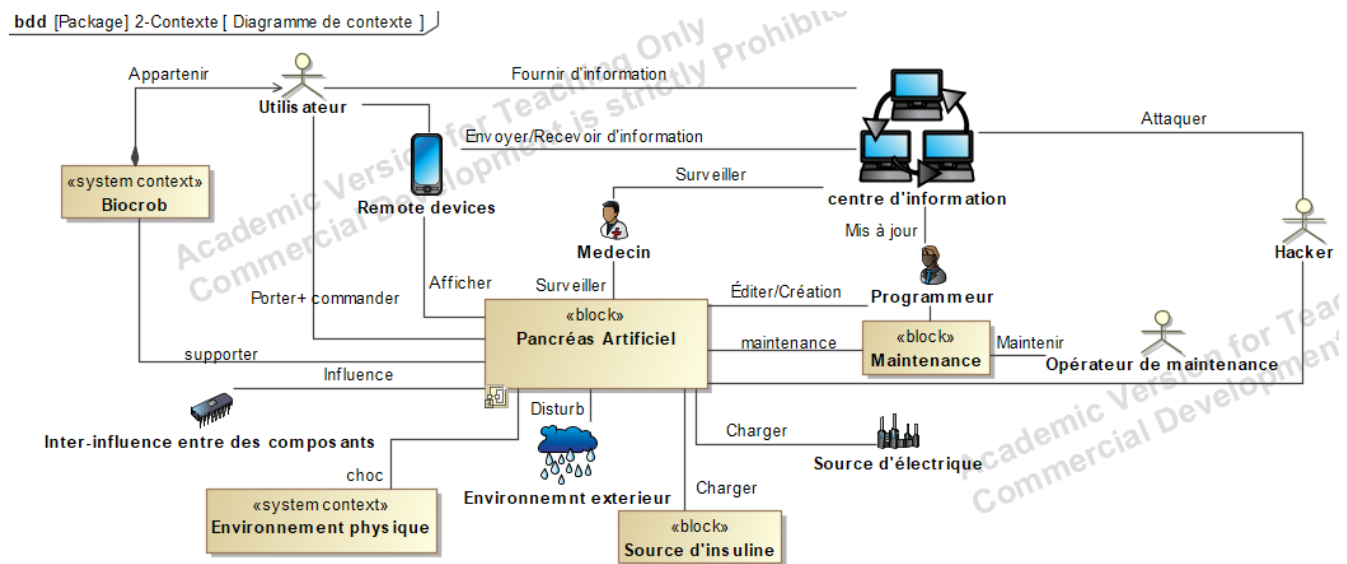


FIGURE 2 – Diagramme de contexte

Je précise que le 'remote device' ici est un élément qui présente un portable ou tablette. Le centre d'information est équivalent à un réseau de communication. Du fait qu'il y a la possibilité que l'appareil soit dans un environnement avec grand humidité, soit subi différents types de climat défavorable (avec une haute/très basse température). Tous ces conditions extérieurs sont présentés par le block d'environnement extérieur. Puis en terme des chocs ou des impacts imprévus, ils sont inclus dans le block l'environnement physique.

## 2.3 Diagramme d'exigences

La dernière partie avant de dévoiler des fonctionnements du produit est d'actualiser les exigences en associant les demandes potentiels des acteurs et des environnements extérieurs décrits dans le diagramme de contexte. Je les présente séparément dans la figure 3 et la figure 4 :

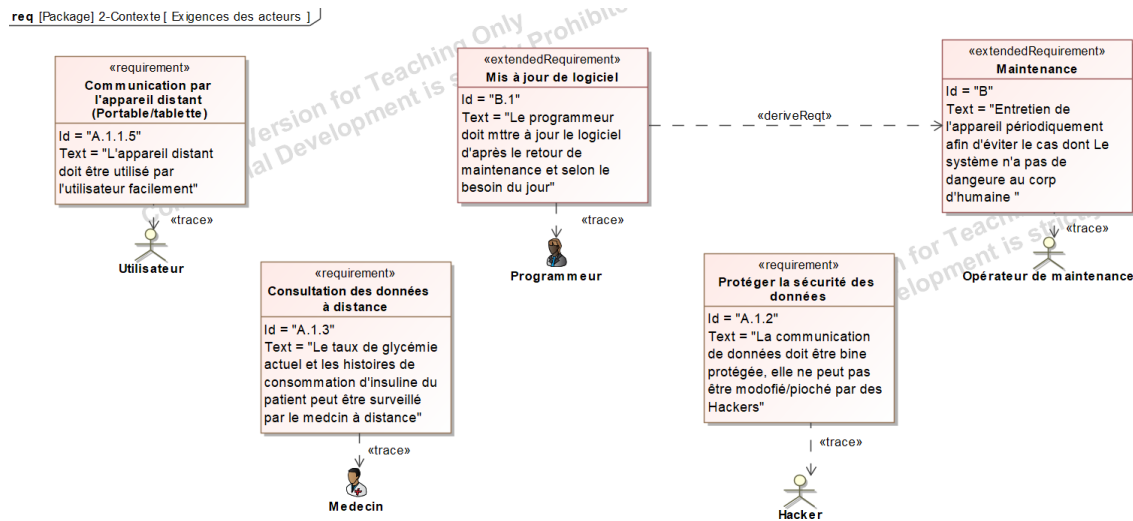


FIGURE 3 – Diagramme d'exigence des acteurs

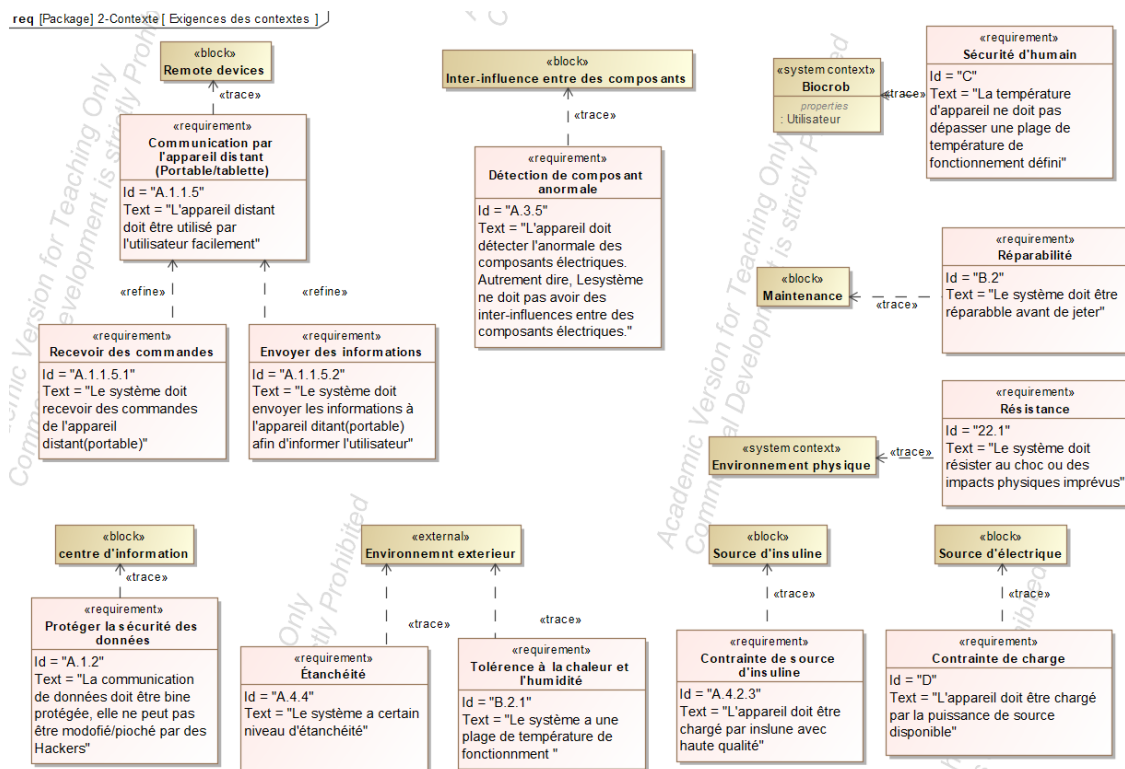


FIGURE 4 – Diagramme d'exigence de contexte d'environnement extérieur

### 3 Boîte blanche

Une fois le contexte de travail est défini, nous allons :

- Gérer des modes de fonctionnement de l'appareil et détailler leur scènes d'utilisations ;
- Planifier des activités désirées et proposer une structure de l'appareil ;
- Vérifier la fiabilité des composants du produit à l'aide un tableaux d'allocation ;
- Compléter les diagrammes d'exigences ;

Il faut toujours respecter les exigences construits quand on concevait notre produit conçu.

#### 3.1 Diagramme de mode de fonctionnement

La partie de construction de diagramme de mode de fonctionnement vise à élaborer des séquence d'activités répétables. Je l'ai précisé une activité la plus représentative dans la figure 5 avec les choix de conceptions suivants :

- En terme de programme d'initiation, il inclut le traitement des informations vers/viens d'extérieur, la vérification de mis à jour de logiciel, et vérification le niveau de batterie. On conseille fortement à l'utilisateur de mettre à jour la nouvelle version de logiciel, mais cela n'est pas obligatoire ;
- En terme de charge, il existe une batterie de rechange afin d'éviter le pire des cas. Par ailleurs, la charge à distance est possible ; Il est aussi possible de charger l'appareil pendant l'utilisation, même l'appareil est éteint ;
- En terme de manière d'injection, il y en a plusieurs en fonction de programme choisi, comme le mode de repas (qui inclut les repas quotidiennes et un repas supplémentaire )et le mode de sport. Mais on ne les détaillera pas ici.
- Il permet d'allumer l'appareil à distance en cas d'urgent.
- En terme de maintenance, une fois l'appareil est défaillance, on est obligé de passer à l'état maintenance avant de continuer l'utilisation afin de garantir maximale la sécurité et la santé d'utilisateur.

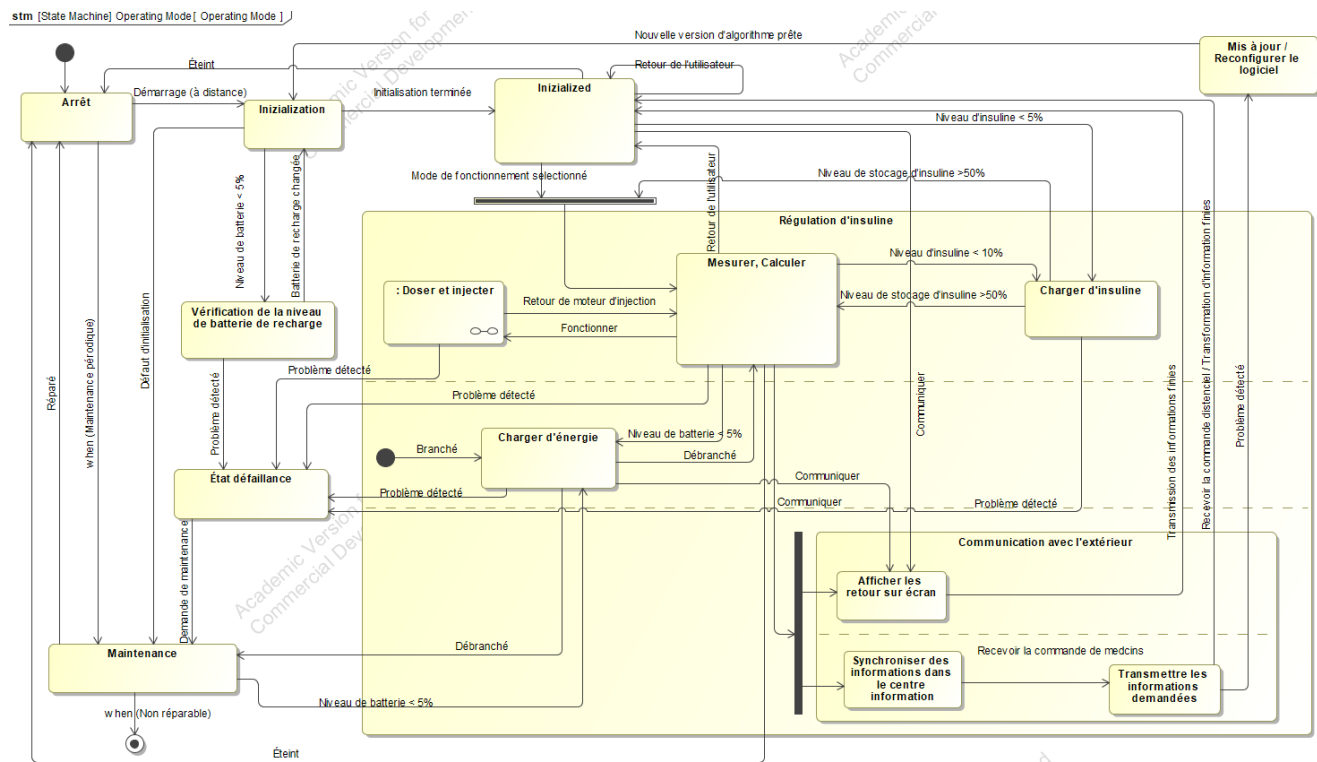


FIGURE 5 – Diagramme de mode de fonctionnement

### 3.2 Diagramme de cas d'utilisation

Nous détaillerons ci-dessous un seul cas d'utilisation de l'appareil. C'est le plus important (récurrent). La capteur de taux de glycémie est considéré comme une partie de pancréas artificielle. Nous nous rappelons qu'on considère la communication avec le médecin à distance doivent être garanti dans les exigences initiaux et je suppose que la maintenance de l'appareil peut intervenir pendant l'utilisation. Les acteurs extérieurs qui concourent l'utilisation du produit est donc l'utilisateur, le médecin et l'opérateur de maintenance. Nous les retrouvons dans la figure 6.

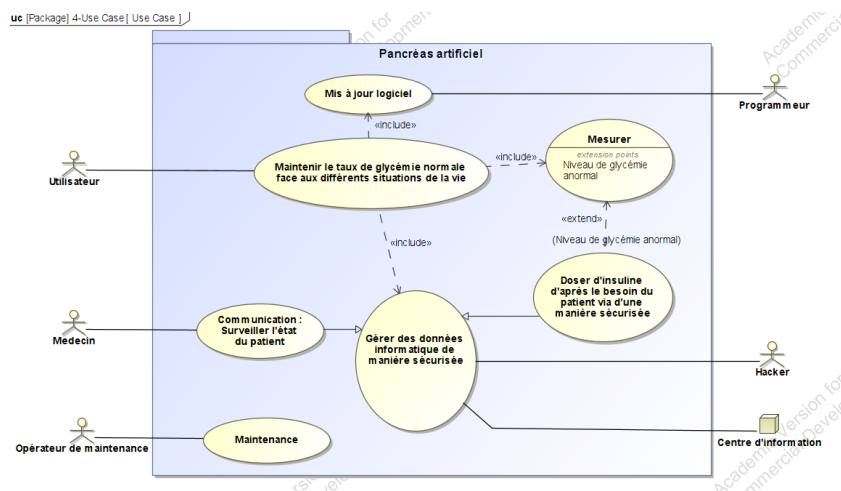


FIGURE 6 – Diagramme de cas d'utilisation

**Analyse de diagramme d'exigence** Nous complétons notre diagramme d'exigence avec la dépendance entre les acteurs les uses cases. Dans le use case analysé, nous relierons la figure 7.

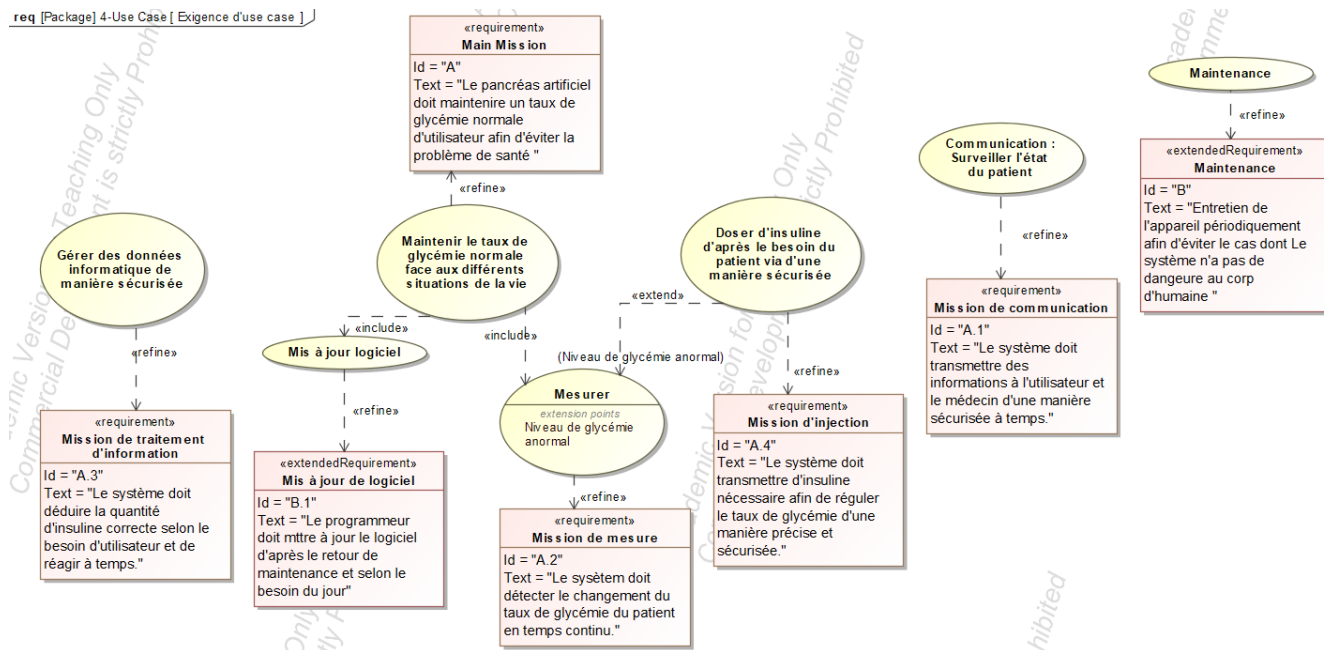


FIGURE 7 – Diagramme d'exigences des activités de cas d'utilisation



### 3.3 Diagramme d'activité

Basons sur le diagramme de mode de fonctionnement construit, nous ajoutons l'information transmis entre des activités afin d'établir le diagramme d'activité dans la figure 8 avec les conceptions et les hypothèses suivantes :

- Séparer le micro-contrôleur et la régulation d'énergie ;
- On peut commander l'appareil soit par des boutons d'opérations, soit par les commandes distancielles ;
- Les boutons d'opérations sont justes pour le démarrage et l'arrêt de l'appareil ;
- Tous les commandes doivent passer par l'écran ;
- Si un patient voudrait ajuster le dosage manuellement, cela n'est pas interdit. Car on n'évitera jamais le cas où Soit la portable est tomber en panne, soit on n'a pas un portable avec nous ou même l'utilisateur n'arrive pas à offrir un portable. Mais on ne les précise pas ici.
- l'appareil permet d'enregistrer le moment qu'il injecter et son débit.

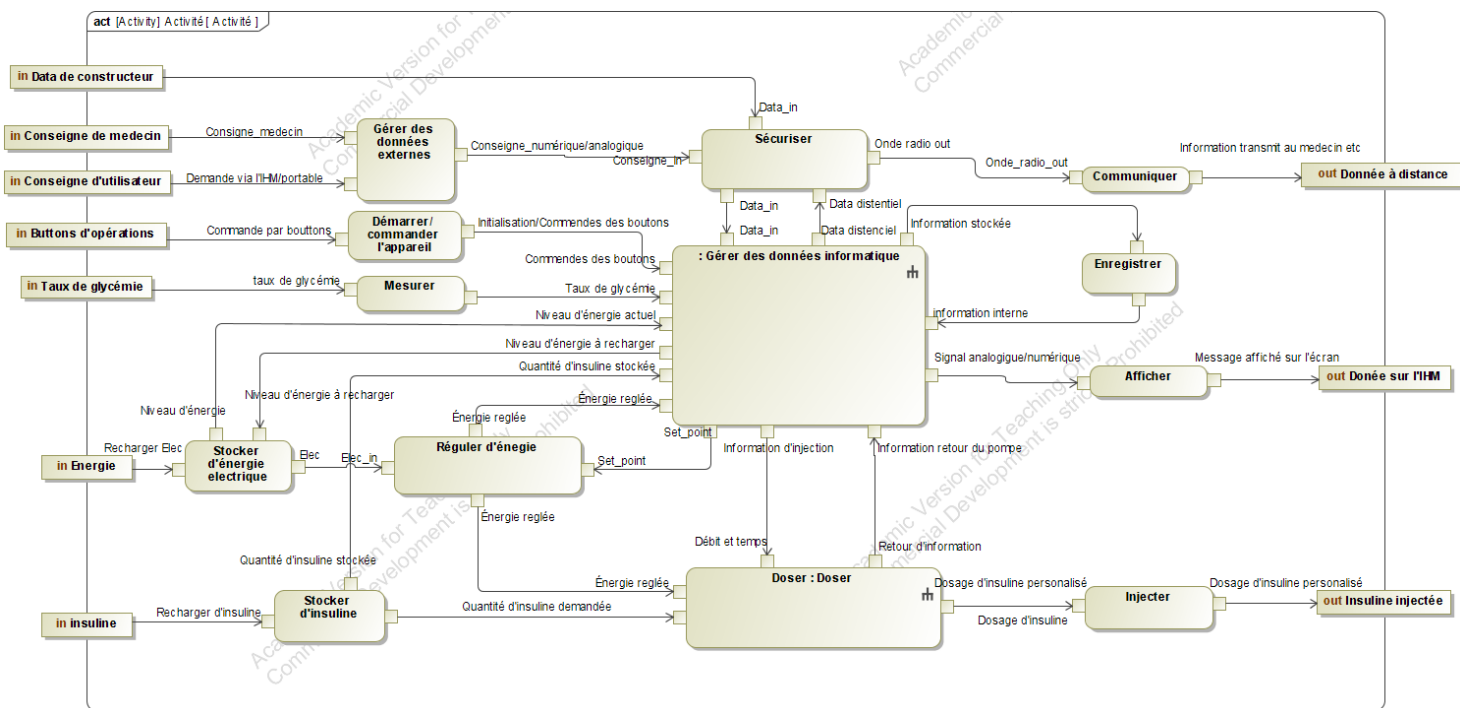


FIGURE 8 – Diagramme d'activité

Nous précisons que l'asservissement de pompe est un boucle fermé.

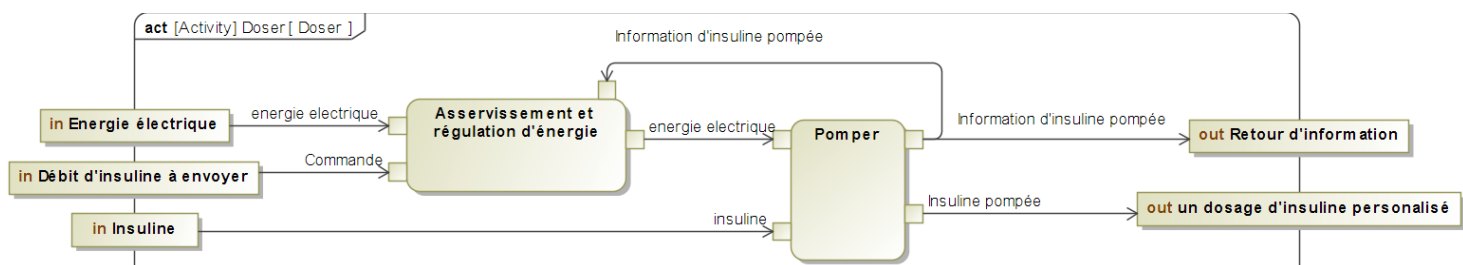


FIGURE 9 – Diagramme d'activité :Doser

### 3.4 Diagramme de structure

Une fois la discussion des activités de l'appareil est réalisé, nous passons à proposer des composants du produit pour effectuer ces activités. Du fait que un d'objectifs de la conception est d'automatiser l'appareil qui reçoit en temps réel les mesures de glycémie, calculer les doses d'insuline à délivrer grâce à un programme informatique sophistiqué, et commander directement la pompe, sans aucune intervention du patient. Nous avons besoin d'un capteur de glycémie qui mesure la glycémie en continu et il y a un algorithme implémenté dans le micro-contrôleur conçu par le biologiste médecin et le technologue, qui traite le niveau de glycémie d'utilisateur. Grâce à un batterie chargée, une pompe d'insuline va délivrer une dose d'insuline en fonction de besoin d'individu depuis un cartouche d'insuline par une infusion canule (à une tout petite (canule) seringue) puis transmettre à son tour l'information au micro-contrôleur. L'algorithme recalcule et surveille le taux de glycémie, soit l'administration de l'insuline arrêter, soit continuer. Parallèlement, le dispositif affiche ces informations sur l'écran et transmette aux dispositifs distants (téléphone portable, tablette) par connexion sans fil (Bluetooth) ou un centre d'information (réseau de communication) par l'émetteur-récepteur. Nous obtenons donc la figure 10 ci-dessous et nous pouvons déduire certains exigences de composants à partir d'ici. Je présente juste une partie de diagramme des exigences de composants dans la figure 11. Plus de détails sont dans l'annexe 5.1 et on peut les retrouver dans le fichier .mdzip joint.

- Pour diminuer l'influence de défaillance de chaque composant, je sépare chaque La carte puissance, nous avons la possibilité de tous faire dans un micro-contrôleur, mais cela demande la technique et cela réunir l'erreur/la possibilité d'inter-influence des composants électriques, qui demandent une coût de fabrication plus élevée
- En terme de stockage d'énergie. Bien que j'ai mentionnée une batterie rechargeable, mais afin de simplifier la présentation de notre structure, je réunis la batterie de rechange et la batterie par un seul block *Batterie* ;
- On ne précise pas la structure et le choix de pompe.

bdd [Package] 6-Structure [ Diagramme de structure ]

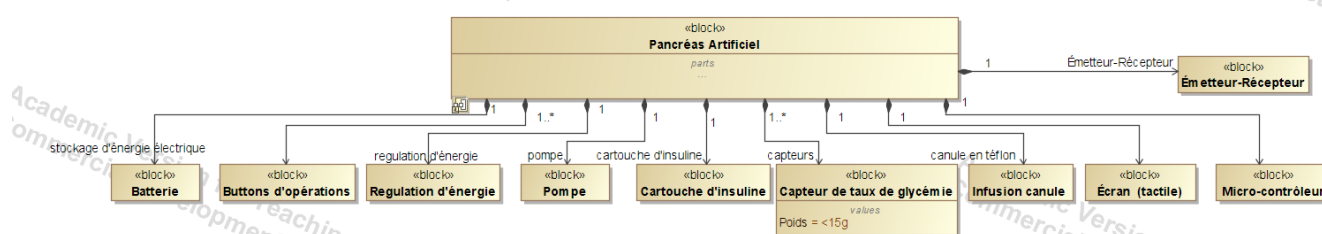


FIGURE 10 – Diagramme de structure

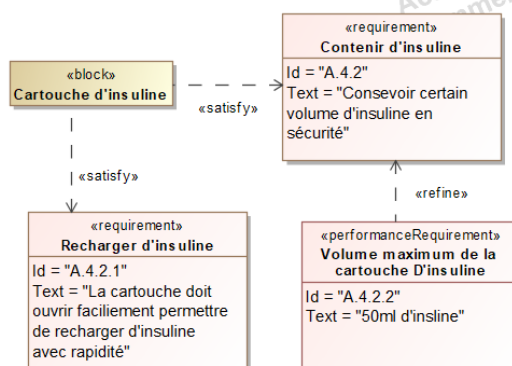


FIGURE 11 – Diagramme d'exigences des composants

### 3.5 Tableaux d'allocations

Grâce au tableau d'allocation dans la figure 12, nous vérifions la coïncidence entre le type d'activités et le nombre de composant. Chaque composant doit effectuer au moins une tâche.

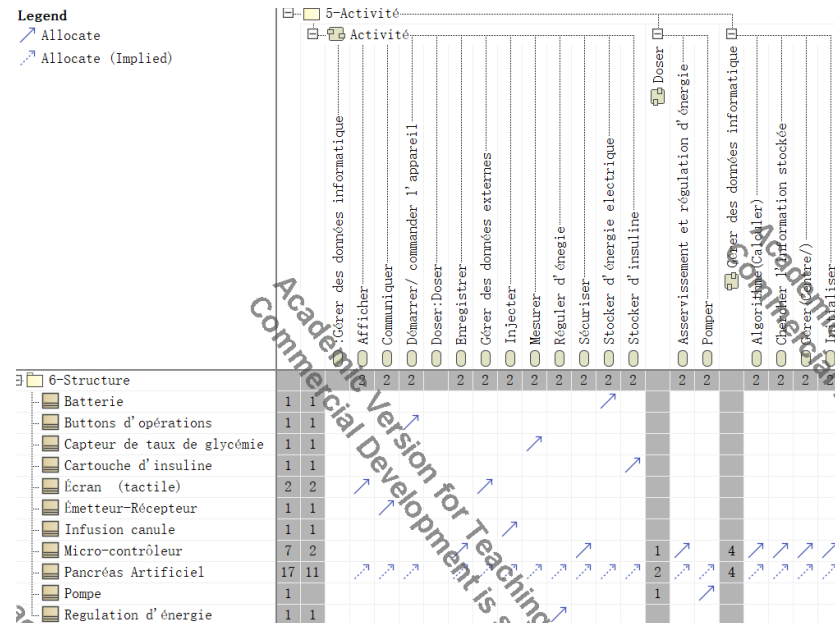


FIGURE 12 – Tableaux d’allocations

### 3.6 Digramme de block interne

Le diagramme de block interne dans la figure 13 simplifie le diagramme d'activités, en utilisant des ports bidirectionnels.

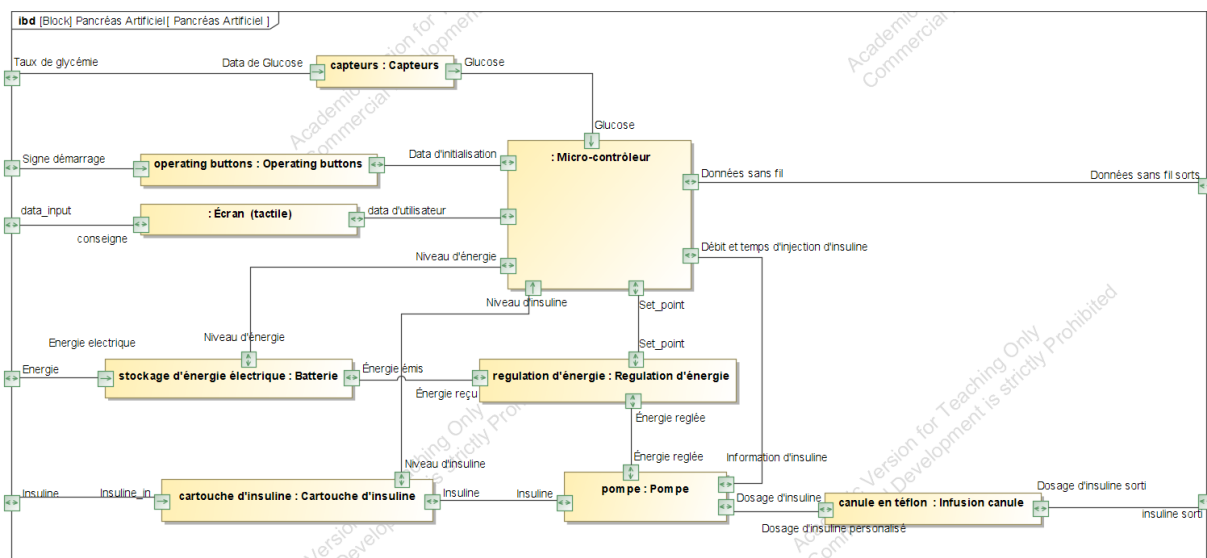


FIGURE 13 – Diagramme de bloc interne

Nous pouvons donc compléter des diagrammes d'exigence afin de vérifier si tous les exigences initiaux sont bien répondus par les activités et les composants physiques. Voici un exemple dans la figure 27 pour répondre la mission d'injection. Les vérifications d'autre exigences initiaux et le diagramme d'exigence complet sont disponibles dans l'annexe 5.2 et le fichier .mdzip joint.

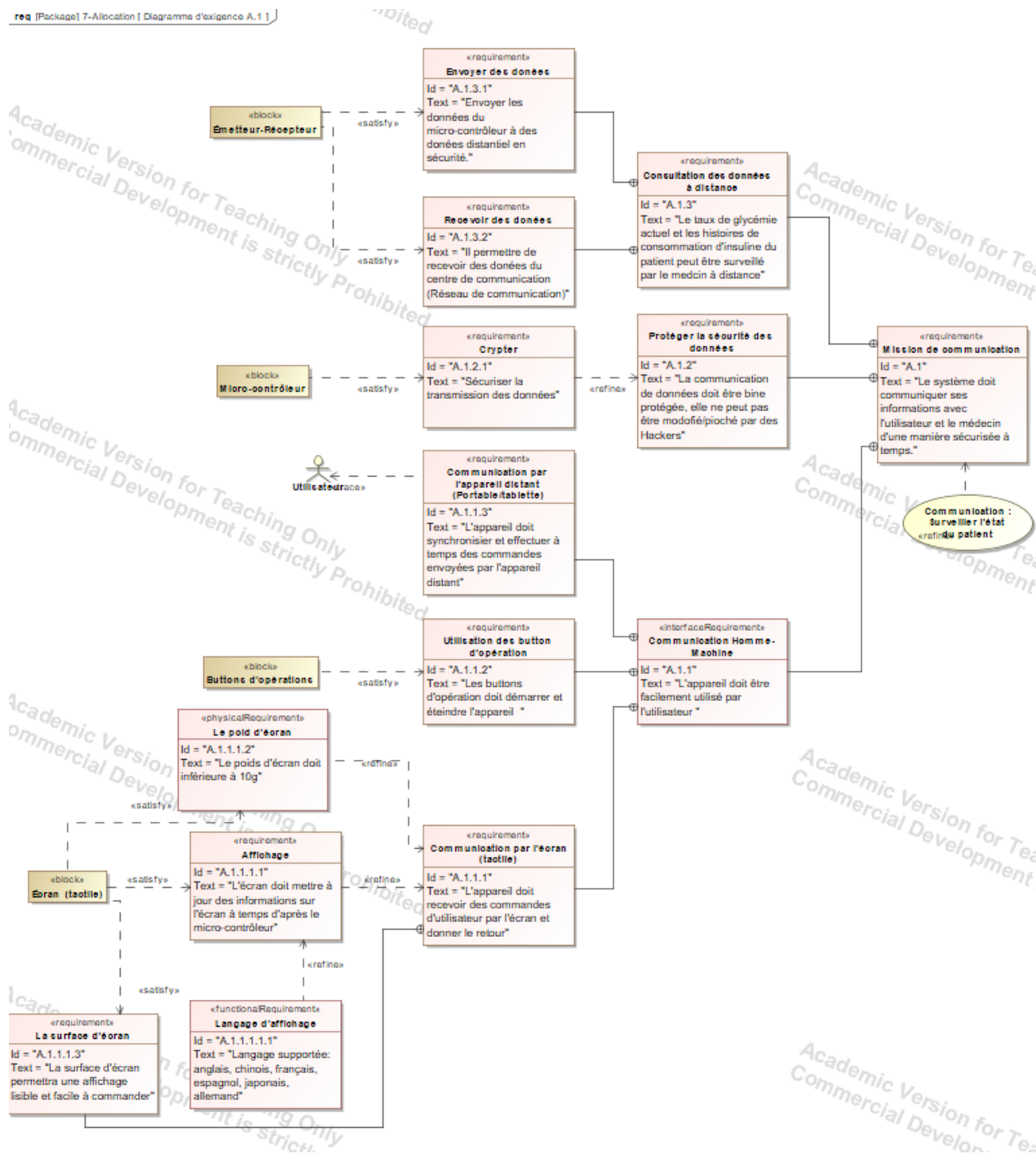


FIGURE 14 – Diagramme d'exigences des activités A.1

## 4 Analyse de sécurité

Intégration de la sécurité dans le processus d'ingénierie des systèmes MBSA (Model based safty analysis) permet aux résultats de l'analyse de sûreté d'être pris en compte dans les choix de conception. Cela réduit la charge de travail de l'expert en sécurité et la prédisposition aux erreurs automatiquement. Nous faisons l'analyse d'arbre de défaillance (FTA :Fault Tree Analysis) à l'aide de logiciel TopEvent FTA et construisons un modèle sous AltaRica.

### 4.1 Concevoir d'arbre de défaillance

Il y en a plusieurs manières à concevoir un arbre de défaillance. Ma première méthode est à suivre l'ordre de fonctionnement de l'appareil. On trouve donc tous les événements basiques dans la figure 15 , et dans la figure 16 les ports de choix d'arbre de défaillance. Finalement l'arbre de défaillance est construit comme la figure 17.

Name	Type	Description	Model	KeepAlive
AET1	Basic	Batterie défaillante	Batterie = Constant( q=0.001, w=0 )	<input type="checkbox"/>
CSD	Basic	Capteur de stockage défaillant	Capteur de stockage = Constant( q=0.001, w=0 )	<input type="checkbox"/>
CGD	Basic	Capteur de glycémie défaillant	Capteur de glycémie = Repairable( q=0, λ=0.001, μ=0 )	<input type="checkbox"/>
PC	Basic	Canuel défaillant	Canuel = Constant( q=0.0001, w=0 )	<input type="checkbox"/>
HD	Basic	Hacker	Hacker = Constant( q=0.001, w=0 )	<input type="checkbox"/>
BD	Basic	Bouton défaillant	Bouton = Repairable( q=0, λ=0.0001, μ=0 )	<input type="checkbox"/>
CTD	Basic	Carte wifi défaillante	Carte wifi = Constant( q=0.001, w=0 )	<input type="checkbox"/>
WD	Basic	Réseau wifi défaillant	Réseau = Constant( q=0.0001, w=0 )	<input type="checkbox"/>
CE2	Basic	Écran défaillant	Écran = Constant( q=0.0001, w=0 )	<input type="checkbox"/>
AET2	Basic	Problème de qualité de micro-contrôleur	Micro-contrôleur = Constant( q=0.001, w=0 )	<input type="checkbox"/>
I2	Basic	Défaillance d'initiation	Initiation = Constant( q=0.0001, w=0 )	<input type="checkbox"/>
RD	Basic	Récipient défaillant	Récipient = Constant( q=1E-05, w=0 )	<input type="checkbox"/>
PD	Basic	Pompe défaillante	Pompe = Constant( q=0.001, w=0 )	<input type="checkbox"/>
ASD	Basic	Asservissement défaillant	Asservissement = Constant( q=0.001, w=0 )	<input type="checkbox"/>
ALP	Basic	Problème d'algorithme/Problème de mis à jour	Algorithme = Constant( q=0.0001, w=0 )	<input type="checkbox"/>
RED	Basic	Défaillance de régulation d'énergie	PMW = Constant( q=0.001, w=0 )	<input type="checkbox"/>
AET3	Basic	Inter-influence entre des composants électriques	Inter-influence = Constant( q=0.001, w=0 )	<input type="checkbox"/>
END	Basic	Chock/ Influence physique/température/humidité	Influence environnement = Constant( q=0.001, w=0 )	<input type="checkbox"/>

FIGURE 15 – Liste d'événements dans l'arbre de défaillance V1

Name	Type	Description
F	Or	Le pancréas artificielle est défaillance ou des effets blessant le porteur
U1	Or	Défaillance pendant l'utilisation
UA1	Or	Défaillance de fonctionnement
AE1	Or	Problème des qualités de composants électriques
AD2	Or	Débit d'insuline anormale
ADT1	Or	Mauvaise calculation
ADT2	Or	Problème de transporter d'insuline
PM	Or	Problème mécanisme
ADT3	Or	Stockage d'insuline défaillant
UC2	Or	Défaillance de communication
CE1	Or	Mauvaises commandes/consignes

FIGURE 16 – Liste de ports dans l'arbre de défaillance V1

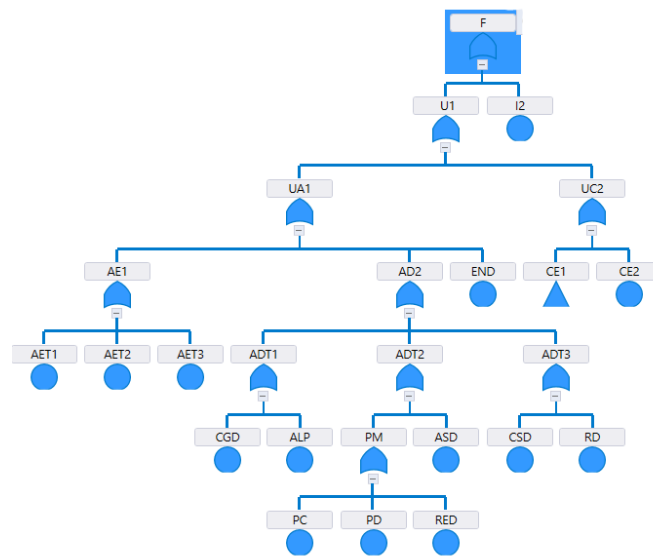


FIGURE 17 – Arbre de défaillance V1

Un des inconvénients de cet arbre de défaillance est qu'on ne voit pas l'influence d'entre chaque composant. Pour cela, on part d'un autre point de vue : analyser des causes des défaillances de composants en fonction de principales activités (l'effet de communication et l'injection d'insuline par le retour de l'utilisateur) afin de voir l'importance d'un composant dans l'appareil, pour construire l'arbre de défaillance comme celui qui est dans la figure 18. Les événements développés sont précisés dans l'annexe 5.4.

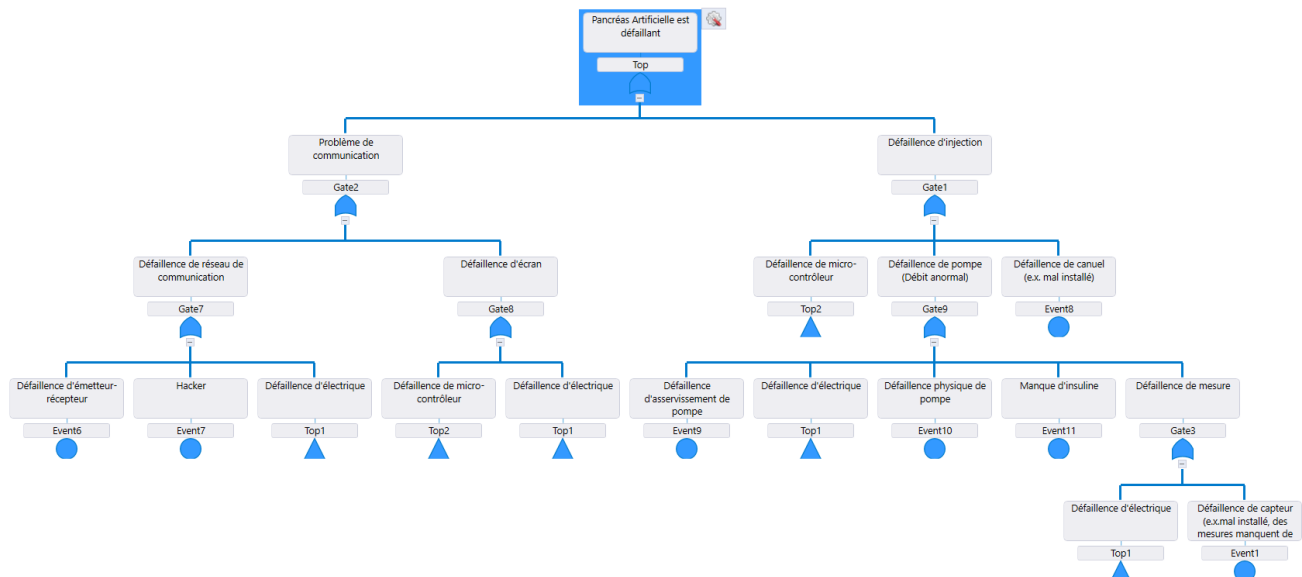


FIGURE 18 – Arbre de défaillance version 2

## 4.2 Analyse qualitative et proposition d'amélioration

Nous identifions des scénarios critiques qui sont susceptibles conduire aux événements redoutés pour ces deux arbres de défaillance. Nous savons que leur modèles de probabilité dépendent à la taille d'échantillons et où on prend des échantillons. Les modèles de probabilité de défaillance de ces deux arbres sont légèrement différent. Pourtant que la durée de fonctionnement supposée est un an. Nous nous intéressons que l'analyse qualitative.

Le pancréas artificielle est défaillance ou des effets blessant le porteur  
 Q=0.0077095

F Evaluation				
Minimal Cut Sets Summary Time Course Importance Factors				
1 of 1(18 items)				
	Minimal Cut Set	Order	Unavailability	Contribution ?
1	AET1	1	0.001	0.12971
2	AET2	1	0.001	0.12971
3	END	1	0.001	0.12971
4	HD	1	0.001	0.12971
5	CTD	1	0.001	0.12971
6	CGD	1	0.0009995	0.129645
7	PD	1	0.0005	0.0648551
8	RED	1	0.0003	0.0389131
9	AET3	1	0.0001	0.012971
10	ALP	1	0.0001	0.012971
11	PC	1	0.0001	0.012971
12	ASD	1	0.0001	0.012971
13	CSD	1	0.0001	0.012971
14	WD	1	0.0001	0.012971
15	CE2	1	0.0001	0.012971
16	I2	1	0.0001	0.012971
17	BD	1	9.9995E-05	0.0129704
18	RD	1	1E-05	0.0012971

FIGURE 19 – Analyse qualitative d'arbre de défaillance V1

Nous trouvons que une batterie défaillance et le problème de micro-contrôleur peuvent induire un grand souci de sûreté dans la figure 19. Donc, garantir l'approvisionnement d'énergie électrique est important. Dans le figure 20 ci-dessous, c'est l'analyse qualitative de l'arbre de défaillance V2. La défaillance de micro-contrôleur a plus grande proportion de défaillance possible. Puis la défaillance d'asservissement de pompe et la défaillance de capteur occurrent aussi dans une plage de possibilité notable.

Un point commun de ces deux analyses est que la sûreté de micro-contrôleur joue un rôle important dans notre conception. En conséquence, nous **proposons** d'intégrer une fonctionne de monitoring, qui n'est pas assuré par le processeur lui même, mais assuré par l'autre processeur, ayant pour but de détecter à temps le problème. Par exemple, en mesurant le courant de pompe, le dispositif Monitoring de la panne ou de la dégradation du fonctionnement de système et sa probabilité d'occurrence, finalement assurer le fonctionnement de composants. Les autres points qui doivent attention sont :

- Le choix de batterie ;
- Le choix de pompe. (Comparaison entre le pompe avec les vis, le pompe avec un moteur piézoélectrique, bref

- différents types de pompe) ;
- La qualité de capteurs est importante (notamment le capteur de de glycémie) ;

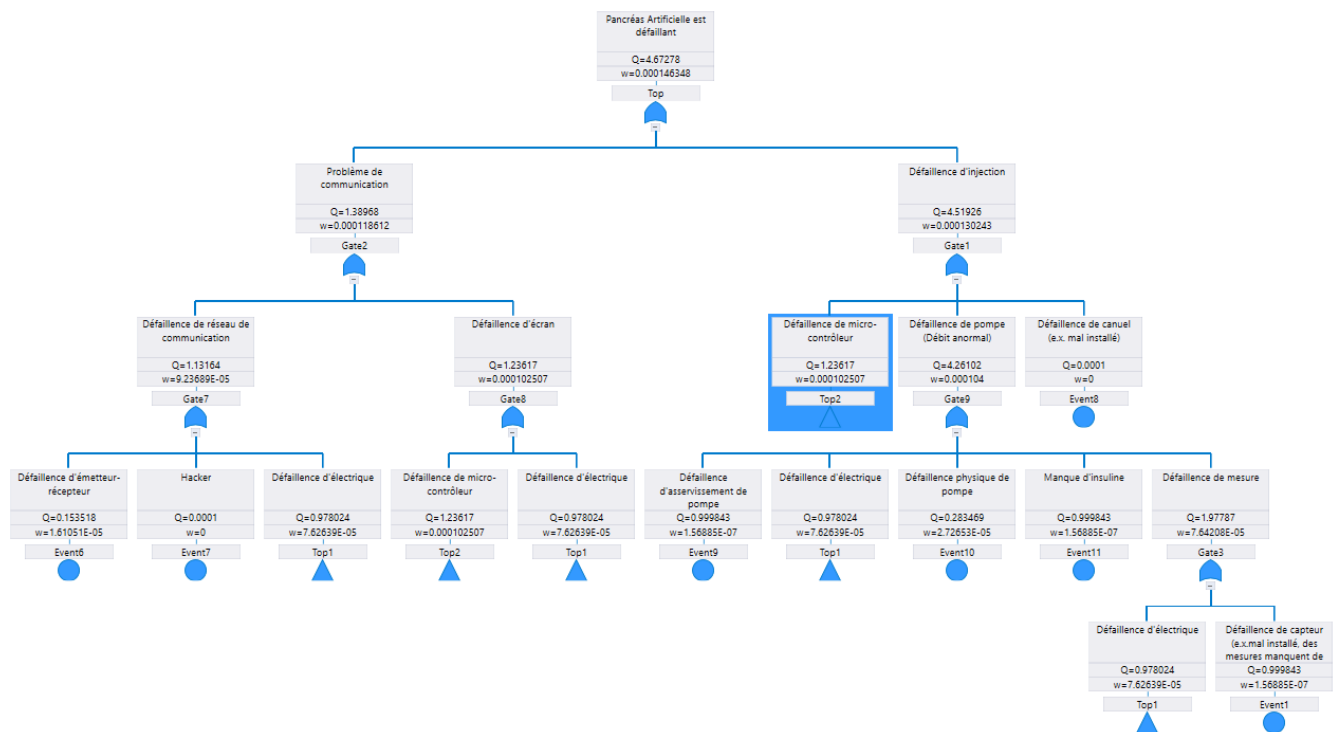


FIGURE 20 – Analyse qualitative d'arbre de défaillance V2

Nous retrouverons donc un nouvel diagramme de structure et le nouvel diagramme dans l'annexe et le nouvel diagramme de block interne suivant :

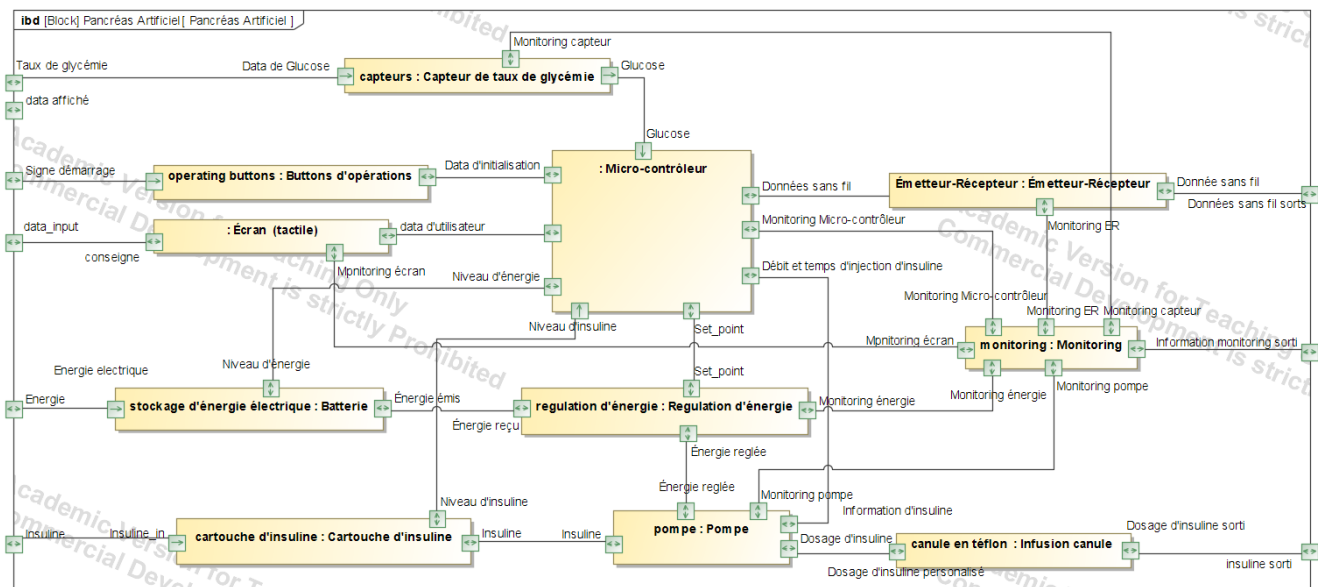


FIGURE 21 – Nouvelle diagramme de block interne



### 4.3 Modélisation du dispositif sous AltaRica

Moins il y a de composants, moins il y a de chances que le système global tombe en panne. Afin de réduire la taille de modélisation, je prenais que 6 composants en négligeant l'émetteur et le récepteur pour modéliser. Tous les composants sont séparés par réparable et non-réparable suivants : ‘

- Le capteur, le micro-contrôleur, le pompe, le système d'injection, ne sont pas réparables ;
- batterie et cartouche d'insuline peut être tomber en panne, qui sont réparables ;

Retenons la trace que grâce à un capteur de glycémie(de glucose) qui est posé sur la peau, soit avoir une tout petite épingle, soit juste une mesure très superficielle au niveau de la peau ; une pompe à insuline portée à la ceinture, qui délivre l'insuline de la cartouche d'insuline dans le corps via un cathéter. En plus, un algorithme dans le micro-contrôleur tient compte des paramètres biologiques, et met en relation artificiellement entre la mesure de glycémie et l'injection d'insuline. Tous les composants électriques ont besoin d'énergie électrique. Nous les traduisons donc par le code dans la figure 22 :

```
Pancréas_Artificiel.alt
1 class Component
2   Boolean vsWorking (init = true);
3   Boolean vfInput, vfOutput (reset = false);
4   event evFailure, evRepair;
5   transition
6     evFailure: vsWorking -> vsWorking := false;
7     evRepair: not vsWorking -> vsWorking := true;
8   assertion
9     vfOutput := if vsWorking then vfInput else false;
10 end
11
12
13 class ComponentnonReparable
14   Boolean vsWorking (init = true);
15   Boolean vfInput, vfOutput (reset = false);
16   event evFailure, evRepair;
17   transition
18     evFailure: vsWorking -> vsWorking := false;
19
20   assertion
21     vfOutput := if vsWorking then vfInput else false;
22 end
23
24 block PancreasArtificiel
25   Component Batterie, Insuline;
26   ComponentnonReparable Capteur, Controleur, Pompe, Injection;
27   observer Boolean oOut = Injection.vfOutput and Controleur.vfOutput ;
28   assertion
29     Batterie.vfInput := true;
30     Capteur.vfInput := Batterie.vfOutput ;
31     Pompe.vfInput := Batterie.vfOutput ;
32     Controleur.vfInput := Batterie.vfOutput and Capteur.vfInput;
33     Insuline.vfInput := Batterie.vfOutput;
34     Injection.vfInput := Pompe.vfOutput and Insuline.vfOutput;
35 end
```

FIGURE 22 – Modélisation sous AltaRica

Après avoir lancé la simulation, nous pouvons commander par nous même pour voir si la sortie est logique. L'interface de la commande est comme la figure 23.

Le modèle construit correspond à l'arbre de défaillance dans la figure 17. Mais cela reste un modèle brut. Nous pouvons enrichir le modèle en ajoutant plus de information pertinentes du dispositif. La manière de construction peut être retrouver par le site [2].

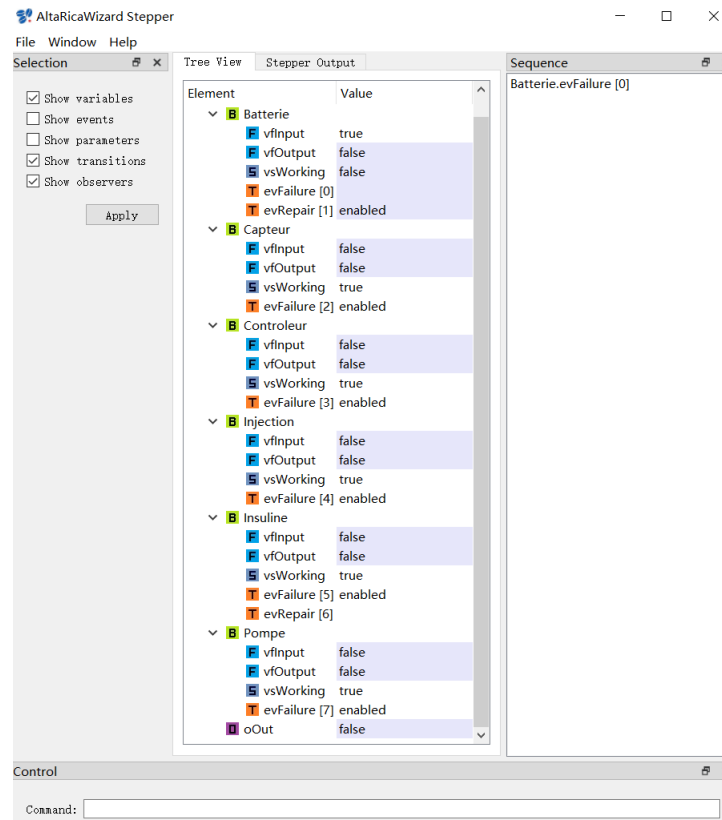


FIGURE 23 – Simulation du modèle AltaRica

## 5 Discussion et conclusion

Les dizaines de milliers de diabétiques dans le monde ainsi équipés lisent plusieurs fois par jour sur le capteur la glycémie mesurée puis ajustent eux-mêmes, si besoin, les doses d'insuline délivrées par la pompe. Dans le document existants [1], le pancréas artificiel possède double processus est bien montrée : Un biologique processus et un processus technique corrective qui vont créer, et vont fournir l'insuline en fonction du besoin de patient.

Nous partions d'une boîte noire à une boîte blanche en utilisant le Cameo. Bien que plusieurs détails n'ont pas été précisés en raison d'un temps limité, comme je n'ai pas précisé tous les contraintes et les cas d'utilisation, et je n'ai pas eu de temps de préciser le type de l'état de défaillance et le type d'état et le mode de fonctionnement dans l'état *doser et injecter*, nous trouvons la coïncidence de notre conception avec le produit existant. Par ailleurs, concevoir un arbre de défaillance pour un système de petite taille est instructif mais quand on face à un grand système de grande taille, il est facile de perdre devant le nombreux graphes. Dans ce cas là, nous préférons organiser notre logique et la coder. Cela sera plus facile pour les autres à vérifier même par nous-même après des années.

## Références

- [1] JEAN-YVES CHOLEY, *Pancréas artificiel avec pompe à insuline et capteur de glycémie*, SUPMÉCA, MASTER CSC 2020-2021, MODULE MBSE (SAFE)
- [2] <https://www.openaltarica.fr/>

## Appendix

### 5.1 Diagramme d'exigences bdd complète

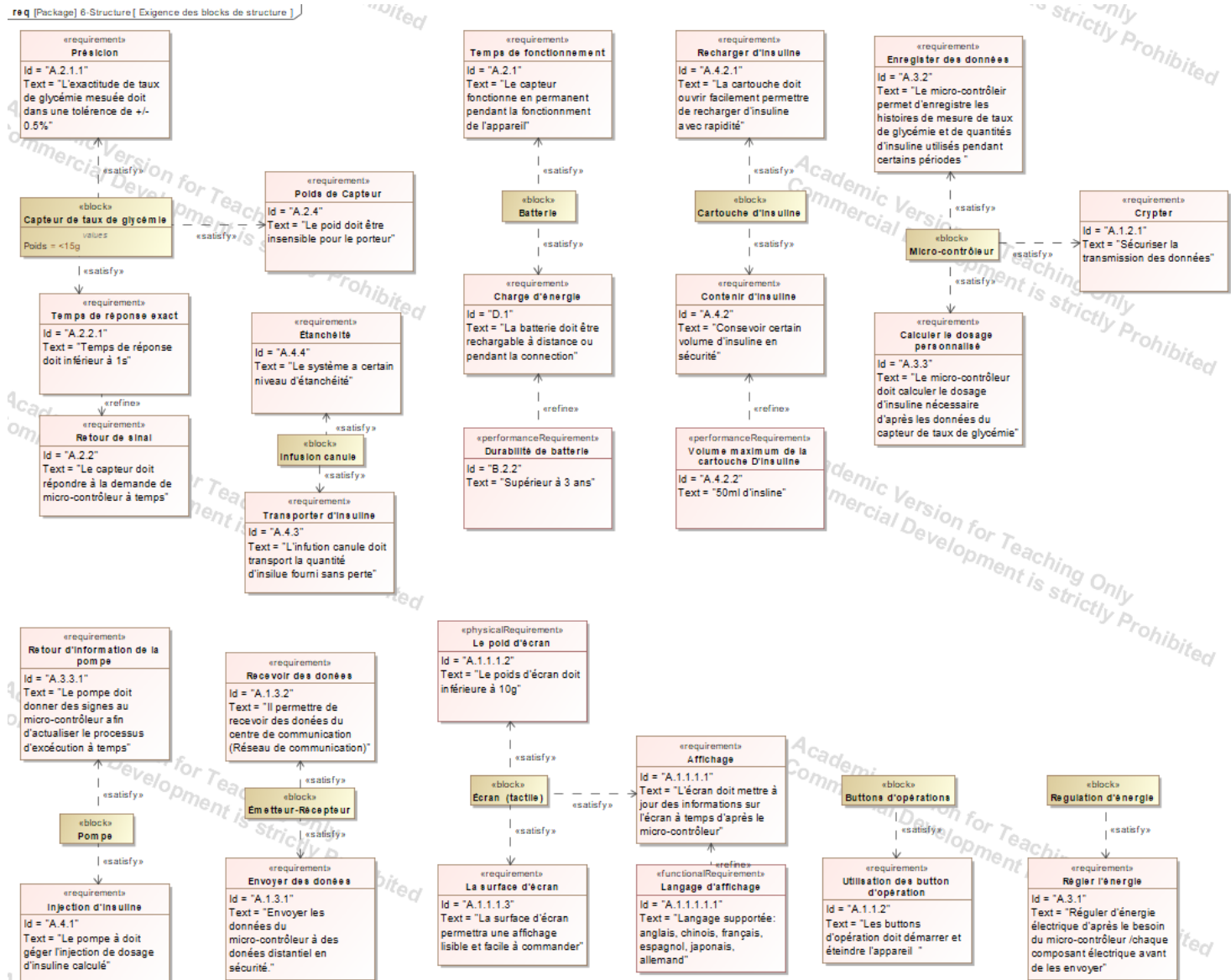


FIGURE 24 – Diagramme d'exigence bdd complète

## 5.2 Diagramme d'exigences

### 5.2.1 Diagramme d'exigence complet

req [Package] 7-Allocation [ Diagramme D'exigence top ]

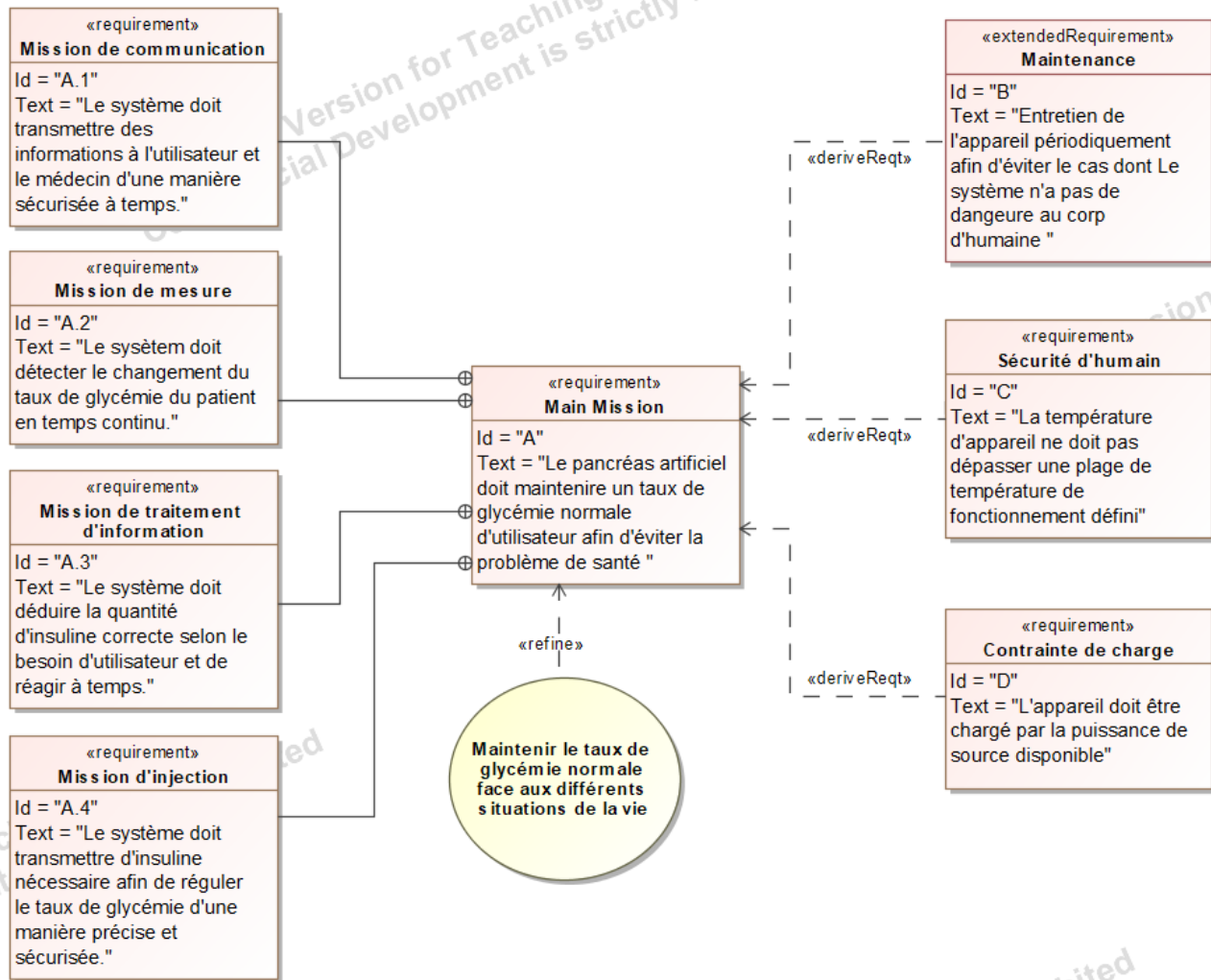


FIGURE 25 – Diagramme d'exigences des activités complets

## 5.2.2 Diagramme d'exigences (Complément du diagramme initial)

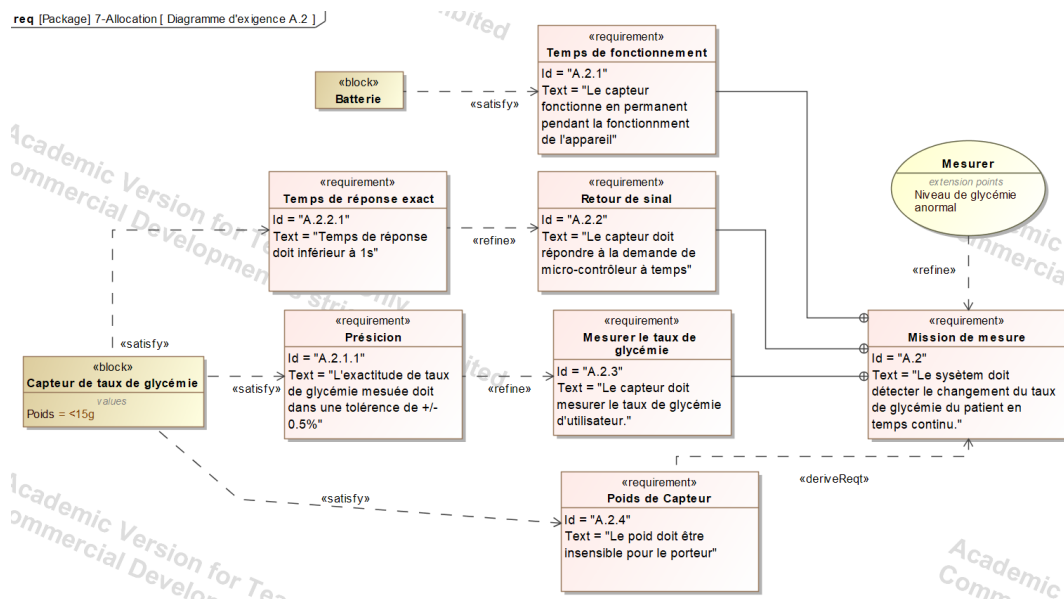


FIGURE 26 – Diagramme d'exigences des activités A.2

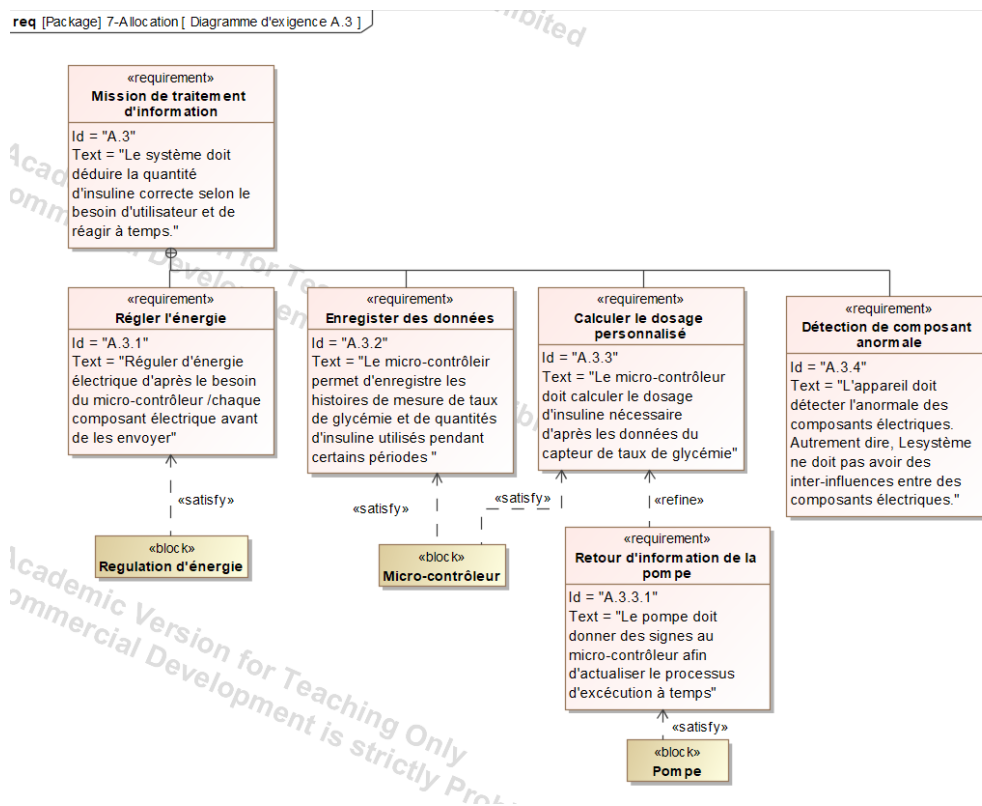


FIGURE 27 – Diagramme d'exigences des activités A.3

req [Package] 7-Allocation [ Diagramme d'exigence A.4 ]

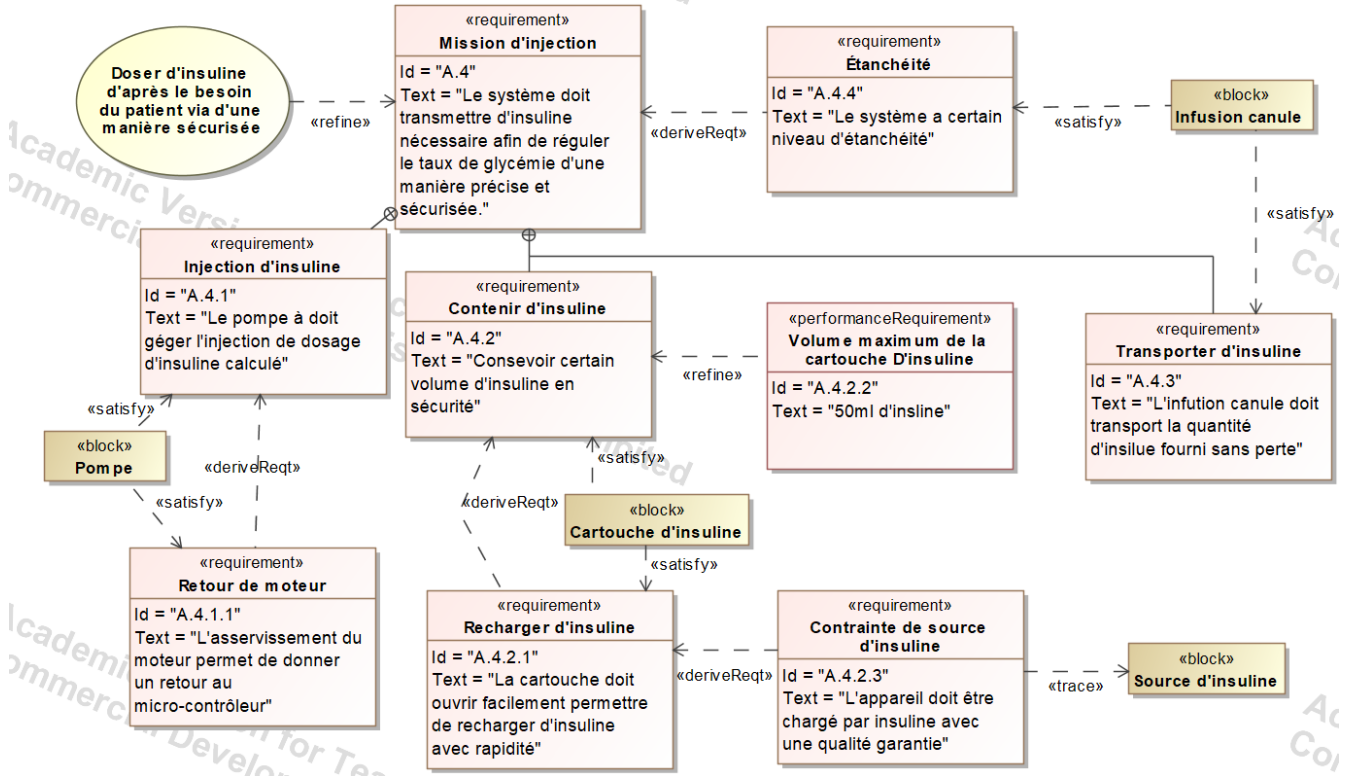


FIGURE 28 – Diagramme d'exigences des activités A.4

## 5.3 Nouvel diagramme après ajouter le monitoring

bdd [Package] 6-Structure [ Diagramme de structure ]

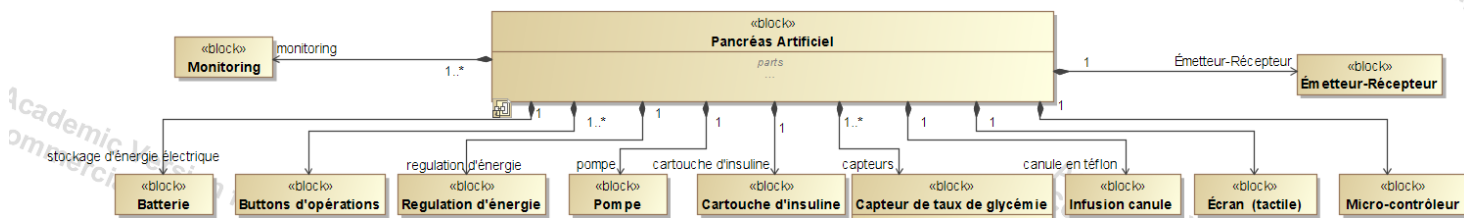


FIGURE 29 – Nouvelle diagramme de structure

req [Package] 7-Allocation [ Diagramme d'exigence A.3 ]

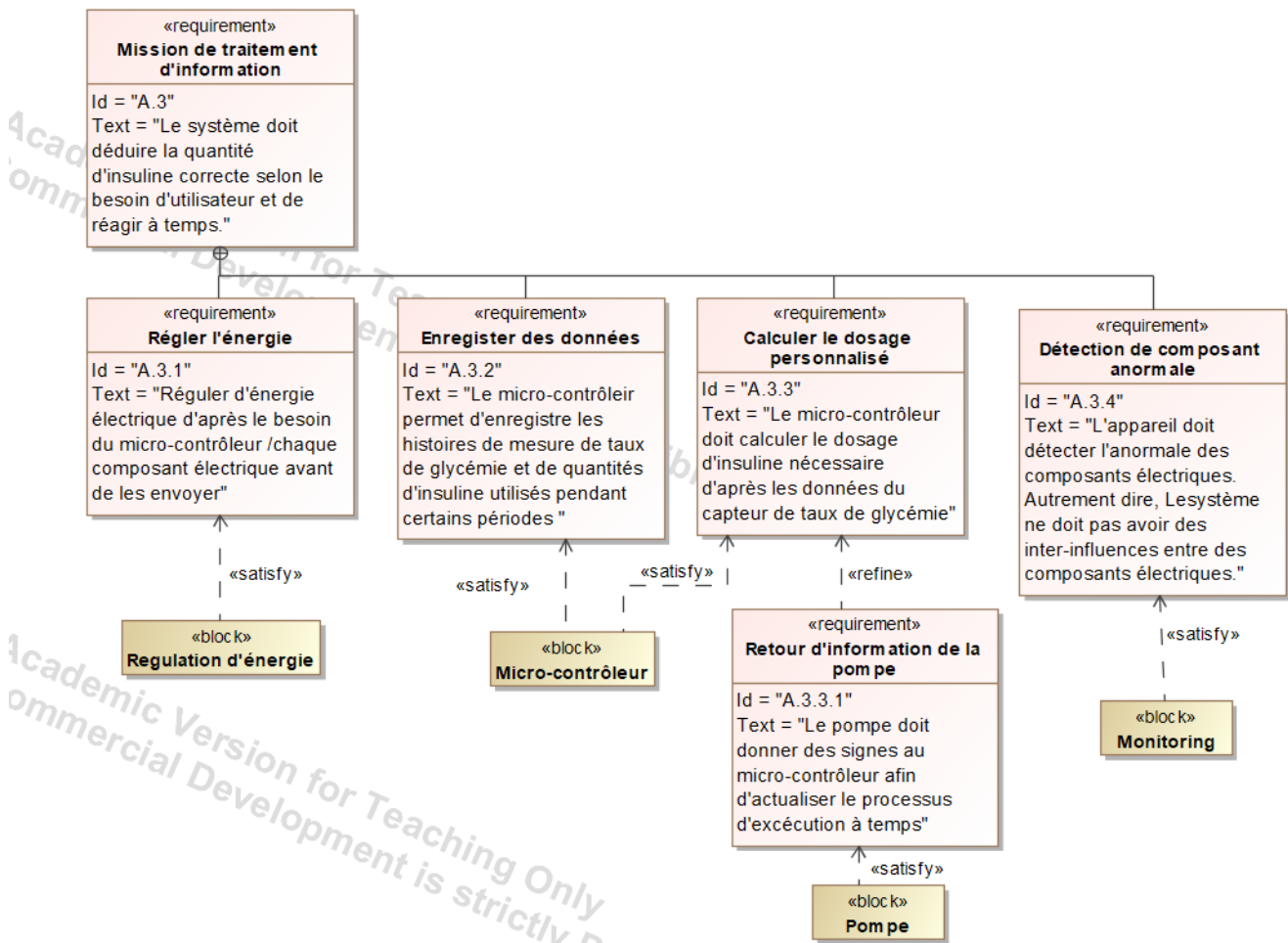


FIGURE 30 – Nouvelle diagramme d'exigences des activités 3



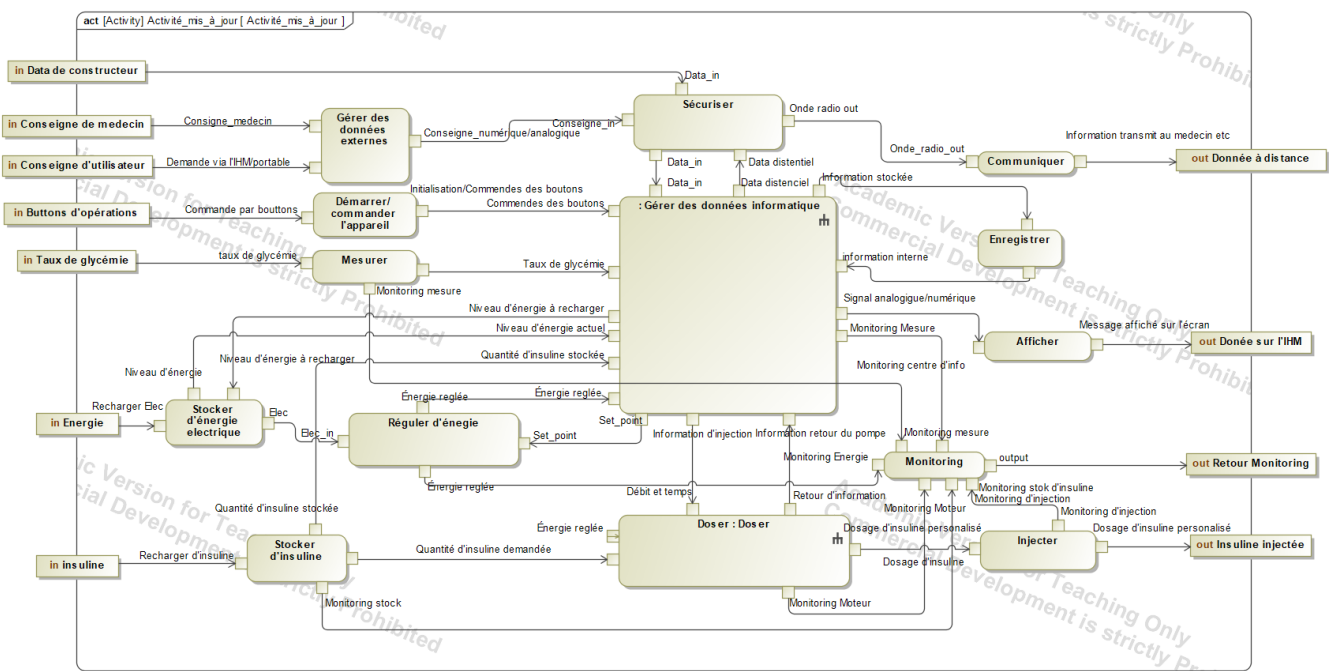


FIGURE 31 – Nouvelle diagramme de bloc d'activités

## 5.4 Notation des arbres de défaillance

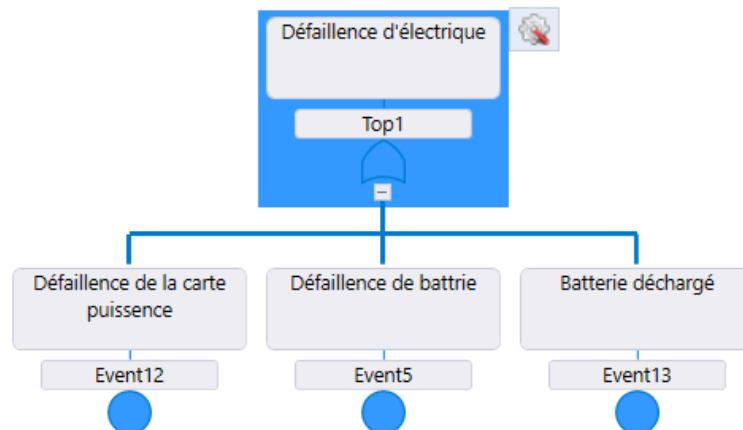


FIGURE 32 – Top 1 d'Arbre de défaillance



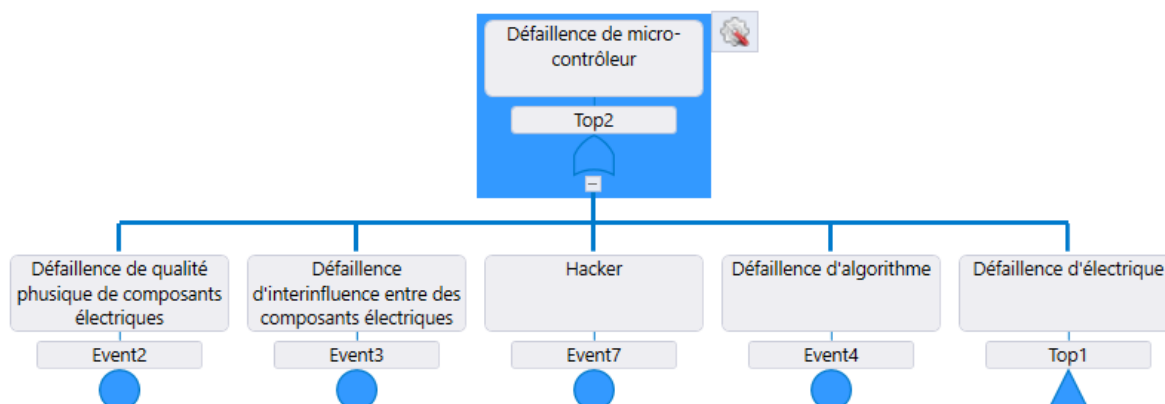


FIGURE 33 – Top 2 d'Arbre de défaillance

Name	Type	Description	Model	KeepAlive
Event2	Basic	Défaillance de qualité physique de composants électriques	Model2 = Constant( $q=0.001, w=0$ )	<input type="checkbox"/>
Event3	Basic	Défaillance d'influence entre des composants électriques	Model3 = MTTF( MTTF=4 )	<input type="checkbox"/>
Event6	Basic	Défaillance d'émetteur-récepteur	Model6 = MTTF( MTTF=6 )	<input type="checkbox"/>
Event7	Basic	Hacker	Model7 = Constant( $q=0.0001, w=0$ )	<input type="checkbox"/>
Event9	Basic	Défaillance d'asservissement de pompe	Model9 = Unrepairable( $q=0, \lambda=0.001$ )	<input type="checkbox"/>
Event10	Basic	Défaillance physique de pompe	Model10 = MTTF( MTTF=3 )	<input type="checkbox"/>
Event11	Basic	Manque d'insuline	Model11 = Repairable( $q=0, \lambda=0.001, \mu=0$ )	<input type="checkbox"/>
Event12	Basic	Défaillance de la carte puissance	Model12 = Unrepairable( $q=0, \lambda=0.0001$ )	<input type="checkbox"/>
Event13	Basic	Batterie déchargé	Model13 = Constant( $q=0.001, w=0$ )	<input type="checkbox"/>
Event5	Basic	Défaillance de batterie	Model5 = MTTF( MTTF=2 )	<input type="checkbox"/>
Event1	Basic	Défaillance de capteur (e.x.mal installé, des mesures manquent de précision)	Model1 = Unrepairable( $q=0, \lambda=0.001$ )	<input type="checkbox"/>
Event4	Basic	Défaillance d'algorithme	Model4 = Repairable( $q=0, \lambda=0.0001, \mu=0$ )	<input type="checkbox"/>
Event8	Basic	Défaillance de canal (e.x. mal installé)	Model8 = Constant( $q=0.0001, w=0$ )	<input type="checkbox"/>

FIGURE 34 – Liste d'événements dans l'arbre de défaillance V2

Top	Or	Pancréas Artificielle est défaillant
Gate2	Or	Problème de communication
Gate7	Or	Défaillance de réseau de communication
Gate8	Or	Défaillance d'écran
Gate1	Or	Défaillance d'injection
Gate9	Or	Défaillance de pompe (Débit anormal)
Gate3	Or	Défaillance de mesure
Top1	Or	Défaillance d'électrique
Top2	Or	Défaillance de micro-contrôleur

FIGURE 35 – Liste de ports dans l'arbre de défaillance V2

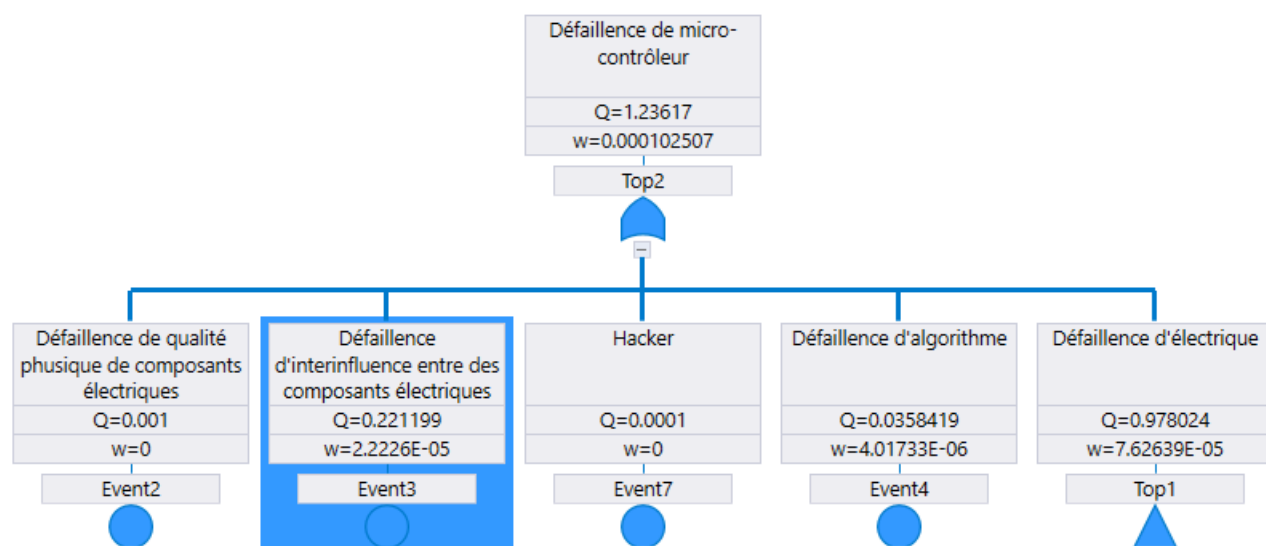


FIGURE 36 – Analyse qualitative d'arbre de défaillance V 2 Détail 1

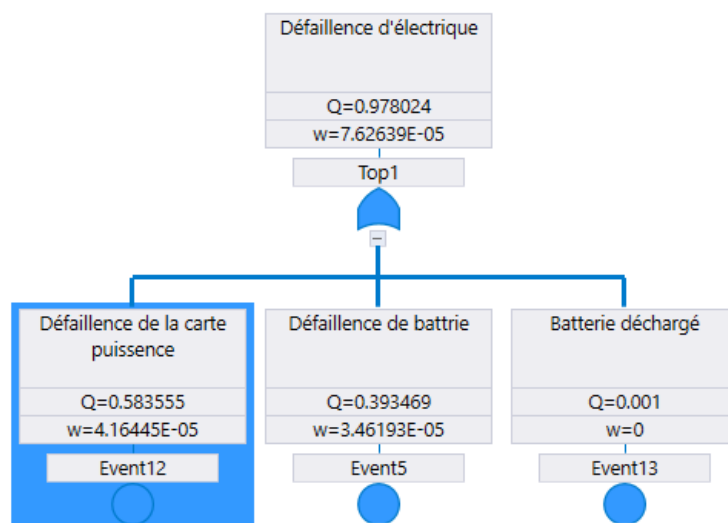


FIGURE 37 – Analyse qualitative d'arbre de défaillance V 2 Détail 2