



HAL
open science

Amélioration de la sécurité de l'attraction Orbitron du Parc Disneyland

Yann Hervoche

► **To cite this version:**

Yann Hervoche. Amélioration de la sécurité de l'attraction Orbitron du Parc Disneyland. Automatique / Robotique. 2018. dumas-01812663

HAL Id: dumas-01812663

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01812663>

Submitted on 3 Sep 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET METIERS
CENTRE DE PARIS

MEMOIRE

Présenté en vue d'obtenir

Le DIPLOME D'INGENIEUR CNAM

SPECIALITE : Systèmes automatisés

Par

YANN HERVOCHE

Amélioration de la sécurité de l'attraction Orbitron du Parc Disneyland

Soutenu le 09 Avril 2018

JURY

PRESIDENT :	M. Henri Bourlès	Professeur au CNAM
MEMBRES :	M. Tarek Raïssi	Professeur au CNAM
	M. Julien Marzat	ONERA
	M. Georges Szafranski	Hewlett Packard
	M. Laurent Lerebours	Ingénieur Disneyland Paris

Remerciements

Ce travail a été réalisé au sein de l'entreprise Eurodisney SCA, dans le département EMPS, parmi l'équipe Scientific System.

Je remercie sincèrement Monsieur Laurent Lerebours, ingénieur principal de l'équipe, de m'avoir guidé et accordé beaucoup de temps dans la réalisation de ce projet.

Je remercie également l'ensemble de l'équipe d'ingénieurs qui m'a conseillé lors de la réalisation de ce projet, et plus particulièrement Messieurs Patrice Ardouin, Rémi Tripier, Huot Meng, et Clément Bonelle.

Je tiens à remercier Monsieur Jean-Philippe Denève, ainsi que Monsieur Colin Thompson, de m'avoir donné l'opportunité de faire mon stage dans cette entreprise.

Je remercie également l'ensemble des enseignants du Conservatoire National des Arts et Métiers, qui ont su transmettre leur passion en plus de leurs connaissances. A ce titre, je remercie monsieur Henri Boulès pour m'avoir permis d'intégrer cette école d'ingénieur.

D'une manière générale, je remercie tous ceux qui ont bien voulu m'accompagner dans la réalisation de ce projet. Notamment l'association Ae2CNAM, qui par son soutien et son expertise a su me guider dans la rédaction du présent document

Enfin, je voudrais exprimer toute ma reconnaissance à ma famille et mes amis, pour m'avoir encouragé durant ces années de formation au CNAM.

Sommaire

REMERCIEMENTS	3
SOMMAIRE	5
LISTE DES FIGURES	9
LISTE DES TABLEAUX	11
INTRODUCTION	13
I. PRESENTATION DU CONTEXTE	15
I.1. PRESENTATION DE LA SOCIETE DISNEYLAND PARIS	16
I.1.1. <i>Les fondements de la société</i>	16
I.1.2. <i>Disneyland Paris en chiffres</i>	16
I.1.3. <i>La division des services techniques</i>	16
I.2. PRESENTATION GENERALE DE L'ATTRACTION ORBITRON.....	17
I.2.1. <i>Vue d'ensemble</i>	17
I.2.2. <i>Orbitron en chiffres</i>	18
I.3. LES EQUIPEMENTS.....	20
I.3.1. <i>Le bus control de l'attraction</i>	20
I.3.2. <i>L'automate programmable industriel</i>	23
I.3.3. <i>Le variateur de vitesse</i>	23
I.3.4. <i>L'architecture de commande de l'attraction</i>	25
I.3.5. <i>Le bus de terrain Profibus</i>	25
I.3.6. <i>Conclusion sur les équipements</i>	26
I.4. PRESENTATION DES TEXTES OFFICIELS	26
I.4.1.1. Les textes préliminaires	26
I.4.1.2. La norme NF EN 13814 : 2013.....	27
I.4.1.3. La norme NF EN 13849-1	28
I.4.1.4. La norme NF EN 60204	28
I.4.1.5. La norme NF EN 60447	28
I.4.1.6. Les standards Disney.....	29
I.4.1.7. Conclusion sur les normes	29
I.5. LES OBJECTIFS	30
I.5.1. <i>Le respect des normes et standards</i>	30
I.5.2. <i>La sécurité des personnes</i>	30
I.5.3. <i>Modernisation des équipements</i>	31
I.5.4. <i>Ergonomie pour les utilisateurs</i>	31

1.5.5.	<i>Satisfaction des visiteurs</i>	31
1.5.6.	<i>Conclusion sur les objectifs</i>	32
I.6.	CONCLUSION DE LA PRESENTATION.....	32
II.	ANALYSE FONCTIONNELLE DE L'ATTRACTION	33
II.1.	ABREVIATIONS ET TERMES TECHNIQUES	34
II.2.	LE GRAFCET GLOBAL DE L'ATTRACTION	35
II.3.	LA MISE SOUS TENSION DE L'ATTRACTION.....	39
II.4.	LE MODE NORMAL.....	41
II.4.1.	<i>Le démarrage d'un cycle</i>	42
II.4.2.	<i>Le cas de l'arrêt cycle</i>	43
II.5.	LE MODE MAINTENANCE	46
II.6.	LES DEFAILLANCES COMMUNES	49
II.6.1.	<i>L'arrêt d'urgence</i>	50
II.6.2.	<i>Le Power Disconnect</i>	52
II.7.	CONCLUSION DE L'ANALYSE FONCTIONNELLE	54
III.	LES LIMITES DU SYSTEME.....	55
III.1.	LES EXIGENCES NORMATIVES	56
III.1.1.	<i>Les arrêts principaux</i>	56
III.1.2.	<i>Les vérifications de fonctionnement</i>	56
III.1.3.	<i>Les manœuvres en mode maintenance</i>	57
III.1.4.	<i>Conclusion sur les normes</i>	57
III.2.	L'ENVIRONNEMENT DE TRAVAIL	58
III.2.1.	<i>Le design général de la console</i>	58
III.2.2.	<i>L'exploitation journalière</i>	59
III.2.3.	<i>Les interventions des techniciens</i>	61
III.2.4.	<i>Conclusion sur l'environnement de travail</i>	61
III.3.	LA MODERNISATION DES OUTILS.....	62
III.3.1.	<i>L'automate</i>	62
III.3.1.1.	Caractéristiques de l'automate.....	62
III.3.1.2.	Le temps cycle automate	65
III.3.1.3.	Le temps de réaction de l'automate.....	67
III.3.1.4.	Conclusion sur l'automate	68
III.3.2.	<i>Le variateur</i>	69
III.3.2.1.	L'unité d'entraînement	69
III.3.2.2.	Le calcul de vitesse.....	71
III.3.2.3.	Le calcul de l'accélération	73
III.3.2.4.	Conclusion sur le variateur	74
III.4.	CONCLUSION SUR LES LIMITES DU SYSTEME.....	75

IV.	LES SOLUTIONS APORTEES.....	77
IV.1.	AMELIORER LA GESTION DE LA SECURITE	78
IV.1.1.	<i>Prévenir les mouvements indésirables</i>	<i>78</i>
IV.1.2.	<i>Contrôler les vérifications journalières.....</i>	<i>78</i>
IV.1.3.	<i>Sécuriser les interventions des techniciens.....</i>	<i>80</i>
IV.2.	CREER UN ENVIRONNEMENT ERGONOMIQUE	83
IV.2.1.	<i>Adapter le design des consoles à l'utilisation.....</i>	<i>83</i>
IV.2.1.1.	Création de la nouvelle console principale	84
IV.2.1.2.	Modification de la console Annexe.....	85
IV.2.2.	<i>Créer une interface homme-machine intuitive.....</i>	<i>87</i>
IV.2.2.1.	La vue Accueil	87
IV.2.2.2.	La vue Power up	88
IV.2.2.3.	La vue Console.....	89
IV.2.2.4.	La vue Visu Ride	90
IV.2.2.5.	La vue Maintenance	91
IV.2.2.6.	La vue Alarme	92
IV.2.2.7.	La vue Historique	92
IV.2.2.8.	La vue Diagnostic.....	93
IV.2.2.9.	La vue Réglages.....	94
IV.2.2.10.	La vue Réglages Système	94
IV.2.3.	<i>L'ajout de l'Operator Manager Motion (OMM).....</i>	<i>95</i>
IV.3.	LA MISE EN ŒUVRE DE L'INDEXAGE	98
IV.3.1.	<i>Les objectifs.....</i>	<i>98</i>
IV.3.2.	<i>La solution proposée</i>	<i>99</i>
IV.3.3.	<i>La mise en place</i>	<i>100</i>
IV.3.3.1.	Quel dispositif pour compter ?.....	100
IV.3.3.2.	Quelles caractéristiques pour le matériel ?	101
IV.3.4.	<i>Une fonction supplémentaire du capteur d'indexage</i>	<i>103</i>
IV.3.4.1.	Détermination des équations	103
IV.3.4.2.	Créer une gestion des défauts de fonctionnement	105
IV.3.5.	<i>Incidence de la modification sur le fonctionnement.....</i>	<i>107</i>
IV.3.5.1.	Conversion des temps de cycles en nombre de tours	107
IV.3.5.2.	Vérification de la capacité horaire de l'attraction	108
IV.4.	CONCLUSION SUR LES SOLUTIONS	109
V.	LA GESTION DU PROJET.....	111
V.1.	CONSTRUIRE UN PLANNING	112
V.1.1.	<i>Optimiser le temps de fermeture.....</i>	<i>112</i>
V.1.2.	<i>Identifier les risques du projet</i>	<i>113</i>
V.1.2.1.	L'installation du nouveau matériel	113

V.1.2.2.	Les tests de fonctionnement	114
V.1.2.3.	Les risques non maîtrisés.....	114
V.2.	LE COUT DU PROJET	115
V.2.1.	<i>Les équipements</i>	115
V.2.2.	<i>Les travaux de sous-traitance</i>	116
V.2.3.	<i>La demande d'investissement</i>	117
V.3.	LE RETOUR SUR INVESTISSEMENT	118
V.3.1.	<i>La mise aux normes</i>	118
V.3.2.	<i>La formation des salariés</i>	118
V.3.3.	<i>Les conditions de travail</i>	119
V.4.	CONCLUSION SUR LA GESTION DE PROJET	120
	CONCLUSION GENERALE	121
	BIBLIOGRAPHIE	125
	ANNEXES	128
	ANNEXE 1 SCRIPT MATLAB	129
	ANNEXE 2 PLANNING DU PROJET	131
	RESUME.....	137
	ABSTRACT	137

Liste des figures

FIGURE 1 : VUE GLOBALE DE L'ATTRACTION ORBITRON	17
FIGURE 2 : ARCHITECTURE DU BUS CONTROL.....	21
FIGURE 3 : REPARTITION DES ALIMENTATIONS.....	22
FIGURE 4 : REPARTITION DES CARTES SUR LE BUS CONTROL.....	23
FIGURE 5 : SCHEMA DE LA COMMANDE DE VITESSE	24
FIGURE 6 : ARCHITECTURE DU CONTROLE COMMANDE.....	25
FIGURE 7 : GRAFCET DE L'ALIMENTATION DU BUS POWER DISCONNECT	35
FIGURE 8 : GRAFCET DE L'ALIMENTATION DU BUS EMERGENCY STOP	36
FIGURE 9 : GRAFCET DU CHOIX DU MODE DE FONCTIONNEMENT.....	36
FIGURE 10 : GRAFCET GENERAL DES MODES DE MARCHE	38
FIGURE 11 : DIAGRAMME DE LA MISE SOUS TENSION.....	40
FIGURE 12 : CONDITIONS DU DEMARRAGE D'UN CYCLE	42
FIGURE 13 : DEMANDE DE MISE EN MOUVEMENT	43
FIGURE 14 : DEFAUTS ENTRAINANT UN ARRET CYCLE	44
FIGURE 15 : DIAGRAMME DE FONCTIONNEMENT DU MODE MAINTENANCE.....	47
FIGURE 16 : DEMANDE D'ARRET D'URGENCE	51
FIGURE 17 : DEMANDE DE POWER DISCONNECT	53
FIGURE 18 : DESIGN DE LA CONSOLE PRINCIPALE ACTUELLE	58
FIGURE 19 : VUE DU DESSUS DE L'ATTRACTION	60
FIGURE 20 : SIGNE GESTUEL DE VALIDATION	60
FIGURE 21 : SCHEMA DE L'UNITE D'ENTRAINEMENT	70
FIGURE 22 : PNEU EN APPUI SUR LA COURONNE	70
FIGURE 23 : VITESSE INSTANTANEE DU PLATEAU PENDANT UN CYCLE	72
FIGURE 24 : ACCELERATION INSTANTANEE DU PLATEAU PENDANT UN CYCLE.....	73
FIGURE 25 : DIAGRAMME SEQUENCE D'OUVERTURE.....	79
FIGURE 26 : SCHEMA FONCTIONNEL DES COMMANDES MAINTENANCE	81
FIGURE 27 : DESIGN DE LA NOUVELLE CONSOLE PRINCIPALE	84
FIGURE 28 : DESIGN DE LA CONSOLE ANNEXE ANCIEN (GAUCHE) ET NOUVEAU (DROITE)	85
FIGURE 29 : VUE ACCUEIL TACTILE.....	87
FIGURE 30 : VUE POWER UP DU TACTILE	88
FIGURE 31 : VUE CONSOLE TACTILE	89
FIGURE 32 : POP-UP « ATTRACTION OUVERTE » DE LA VUE CONSOLE	89
FIGURE 33 : VUE VISU RIDE TACTILE	90

FIGURE 34 : VUE MAINTENANCE TACTILE.....	91
FIGURE 35 : VUE ALARMES TACTILE	92
FIGURE 36 : VUE HISTORIQUE TACTILE	92
FIGURE 37 : VUE DIAGNOSTIC TACTILE	93
FIGURE 38 : VUE REGLAGES TACTILE.....	94
FIGURE 39 : VUE REGLAGES SYSTEME TACTILE	94
FIGURE 40 : VUE AERIENNE DE L'ATTRACTION APRES MODIFICATION.....	95
FIGURE 41 : DISPOSITIF LED EN FONCTIONNEMENT	96
FIGURE 42 : PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DES VOYANTS	97
FIGURE 43 : POSITION DE LA NAVETTE APRES UN CYCLE.....	98
FIGURE 44 : REPRESENTATION GRAPHIQUE DU NOMBRE DE TOURS.....	104
FIGURE 45 : VITESSE DU PLATEAU EN TOURS/s.....	105

Liste des tableaux

TABLEAU 1 : DONNEES DE L'ATTRACTION ORBITRON	18
TABLEAU 2 : CAPACITE HORAIRE DE L'ATTRACTION	19
TABLEAU 3 : ABREVIATION UTILISEES DANS L'ANALYSE FONCTIONNELLE	34
TABLEAU 4 : CAS DE DEFAILLANCES ENGENDRANT UN ARRET D'URGENCE	50
TABLEAU 5 : CAS DE DEFAILLANCES ENGENDRANT UN POWER DISCONNECT	52
TABLEAU 6 : TAILLE DES DIFFERENTS MNEMONIQUES	63
TABLEAU 7 : UTILISATION ACTUELLE DE LA CPU	64
TABLEAU 8 : TEMPS DE TRANSFERT DE LA MEMOIRE IMAGE	66
TABLEAU 9 : COMPARATIF DU TEMPS DE CYCLE AUTOMATE	67
TABLEAU 10 : TEMPS DE REACTION DE L'AUTOMATE	68
TABLEAU 11 : VALEURS NORMATIVES D'ACCELERATION	69
TABLEAU 12 : CARACTERISTIQUES DE L'ATTRACTION	71
TABLEAU 13 : VALEUR D'ACCELERATION DE L'ATTRACTION	74
TABLEAU 14 : COMPARATIF DES VALEURS D'ACCELERATION	74
TABLEAU 15 : SORTIE AUTOMATE CHBA DEPLACEE	78
TABLEAU 16 : SOLUTIONS D'INDEXAGE	100
TABLEAU 17 : CARACTERISTIQUES DES CAPTEURS	102
TABLEAU 18 : NOMBRE DE TOURS PAR PERIODE	106
TABLEAU 19 : CORRESPONDANCE TEMPS DE CYCLE ET NOMBRE DE TOURS	107
TABLEAU 20 : AJUSTEMENT DES CAPACITES HORAIRES	108
TABLEAU 21 : COUT DES EQUIPEMENTS	116
TABLEAU 22 : COUT DES TRAVAUX SOUS-TRAITES	117

Introduction

Disneyland Paris est une destination touristique européenne. Elle se compose de deux parcs d'attractions, sept hôtels, un centre de divertissement nocturne et un golf. Cette destination accueille 14 millions de visiteurs par an, et se doit de garantir la sécurité de l'ensemble des visiteurs et du personnel travaillant sur le site.

La constante évolution des technologies permet d'augmenter la sécurité des installations et des visiteurs. Ces innovations font évoluer les normes et standards internationaux, européens et français. Le présent document traite d'un projet d'amélioration de la sécurité sur l'attraction « Orbitron : les machines volantes ».

Cette attraction a été construite en 1992, et répondait à l'époque aux exigences pour la construction de manèges. Les premiers textes encadrant ce type d'installation ne sont apparus qu'à partir de l'année 2004 et ne pouvaient être appliqués aux installations construites avant cette date. Par la suite, des normes furent rédigées et appliquées à tous les

nouveaux manèges (EN 13814 :2004). La Walt Disney Compagny disposait déjà de ces propres standards concernant la sécurité dans les attractions. Ceux-ci s'appuient sur les normes en vigueur, et vont parfois au-delà de ce qui est demandé. Avec la publication de la norme EN 13814 : 2013 [17] en janvier 2015, l'attraction ne répondait plus aux exigences de sécurité et nécessitait une amélioration.

Le stage a eu pour objectif la réalisation d'un projet de modifications permettant la remise aux normes de l'attraction Orbitron. L'implantation devant être réalisée à une date ultérieure durant une période de fermeture de l'attraction. Cela implique une bonne connaissance des exigences légales, mais également des technologies utilisées. Ainsi, en établissant une comparaison entre le fonctionnement actuel de l'attraction et l'objectif à atteindre, un certain nombre de points ont été mis en évidence, constituant la base du travail à accomplir. Une réflexion spécifique a été menée par la suite pour apporter des solutions aux divergences constatées.

De nombreux services seront impactés lors de ces modifications, ayant chacun des demandes spécifiques qu'il faudra intégrer dans le projet global. Pour atteindre cet objectif, une capacité d'écoute et de décision pour intégrer, refuser et justifier les demandes connexes du projet sont nécessaires.

La bonne conduite de ce projet s'appuiera sur les différentes étapes suivantes :

Dans une première partie, une présentation générale sera faite. Celle-ci s'appuie sur les documents existants au début de l'étude (Partie I).

Afin de compléter les documents de référence et de mieux appréhender le fonctionnement de l'attraction, une analyse fonctionnelle est réalisée (Partie II). Cela permettra d'évaluer son fonctionnement global et déterminer les axes d'amélioration.

Ensuite, une comparaison avec l'objectif à atteindre sera présentée dans la partie III. Elle s'appuiera sur les différents textes, publiés à ce jour, encadrant ce type d'activités.

La quatrième partie présente les solutions envisagées pour répondre à l'ensemble des exigences.

Enfin, l'aspect plus général de la gestion du projet et de l'évaluation des coûts sera fait dans la cinquième partie.

I. **Présentation du contexte**

Cette partie constitue une présentation générale de l'environnement du projet. On trouvera notamment, une description de la société Disneyland Paris (partie I.1) dans laquelle le stage a eu lieu. Par la suite (partie I.2), une présentation générale de l'attraction sera faite, ainsi que de son fonctionnement. Celle-ci s'appuie sur les documents existants (document de spécification et données techniques). Ceci débouchera sur une description plus détaillée des équipements en présence (partie I.3). Enfin, les documents de référence seront introduits (Partie I.4), ce qui permettra de définir les objectifs du projet (partie I.5) et de conclure (Partie I.6)

I.1. Présentation de la société Disneyland Paris

I.1.1. Les fondements de la société

Le 24 mars 1987, la Convention pour la création et l'exploitation d'Euro Disneyland en France est signée par l'Etat français, le Conseil régional d'Ile-de-France, le Conseil de la Seine-et-Marne, la RATP, l'Etablissement Public d'Aménagement de la Ville Nouvelle de Marne-la-Vallée et The Walt Disney Company.

Le parc à thème Euro Disney ouvre ses portes le 12 avril 1992 après quatre ans de travaux. Un second parc a ouvert ses portes le 16 mars 2002, il s'agit du parc Walt Disney Studios.

I.1.2. Disneyland Paris en chiffres

59 attractions
68 restaurants
54 boutiques
5800 chambres
12000 employés (moyenne annuelle)
500 métiers représentés
97 nationalités différentes
950 millions d'euros de CA
198 millions kWh d'électricité par an
1,98 million de mètre cube d'eau par an
101 million kWh de gaz par an

I.1.3. La division des services techniques

Cette division opère 24h/24, 7j/7. Elle se compose d'une équipe de jour, d'une équipe de soir et d'une équipe de nuit.

Les équipes de jour et l'équipe de soir ont pour mission d'effectuer les procédures d'ouverture et de fermeture des attractions, la maintenance préventive sur les véhicules et les réhabilitations.

L'équipe de nuit est en charge des maintenances préventives des voies et des véhicules.

Cette division a pour but de garantir la sécurité des personnes et des biens, la conformité aux exigences réglementaires, la valeur du patrimoine, la disponibilité des équipements, la qualité du spectacle et la qualité de service.

I.2. Présentation générale de l'attraction Orbitron

Ce paragraphe regroupe les informations d'ordre générale sur l'attraction Orbitron. On peut y trouver notamment le principe du manège, ainsi qu'une évaluation de la capacité horaire de celle-ci.

I.2.1. Vue d'ensemble

Orbitron est une attraction de type *Rotating* (manège tournant) qui propose aux visiteurs un voyage dans une navette dont ils contrôlent l'altitude à l'aide d'une manette. Ils atteindront alors les planètes qui tournent au-dessus de leurs têtes, et profiteront d'une vue panoramique sur les alentours.



Figure 1 : Vue globale de l'attraction Orbitron

I.2.2. Orbitron en chiffres

Le tableau ci-dessous présente les données générales de l'attraction.

Tableau 1 : Données de l'attraction Orbitron

Caractéristiques	Chiffres
Moteurs d'entraînement	6
Moteurs d'animation	6
Hauteur maximale navette	18 mètres
Nombre de véhicules	12
Nombre de visiteurs par véhicule	2
Durée de cycle possible	1min30 2min 2min30

La performance d'une attraction se mesure en fonction du nombre de visiteurs transportés par heure de fonctionnement. Cette valeur est appelée la capacité horaire de l'attraction, elle a un impact direct sur le temps d'attente. Le calcul se décompose en deux parties distinctes, la capacité horaire théorique et opérationnelle.

La capacité horaire de l'attraction est directement indexée sur le temps de cycle, et ne tient pas compte du facteur humain. Nous obtenons, pour un cycle de 1min 30s le résultat suivant :

Nombre de cycles par heure : $\frac{60}{1,5} = 40$ cycles

Nombre de passagers par cycle : $12 \times 2 = 24$ passagers

Nombre total de passagers par heure : $40 \times 24 = 960$ passagers par heure

La capacité opérationnelle est basée sur le même type de calcul, mais tient compte du temps d'embarquement et de débarquement des visiteurs. Cela permet d'avoir une approximation ajustée du nombre réel de visiteurs transportés par heure de fonctionnement.

En considérant que les visiteurs embarquent en 1min et débarquent dans le même temps, on obtient les résultats suivants :

Temps de cycle ajusté pour une durée sélectionnée de 1min 30s : 3min 30s

Nombre de cycles par heure : $\frac{60}{3.5} = 17$ cycles

Nombre de passagers par cycle : $12 \times 2 = 24$ passagers

Nombre total de passagers par heure : $17 \times 24 = 408$ passagers par heure

Ce calcul peut être reproduit pour chacun des temps de cycle de l'attraction. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 2 : Capacité horaire de l'attraction

Temps de cycle	Capacité horaire théorique	Capacité horaire opérationnelle
1 min 30s	960	408
2 min	720	360
2 min 30s	576	312

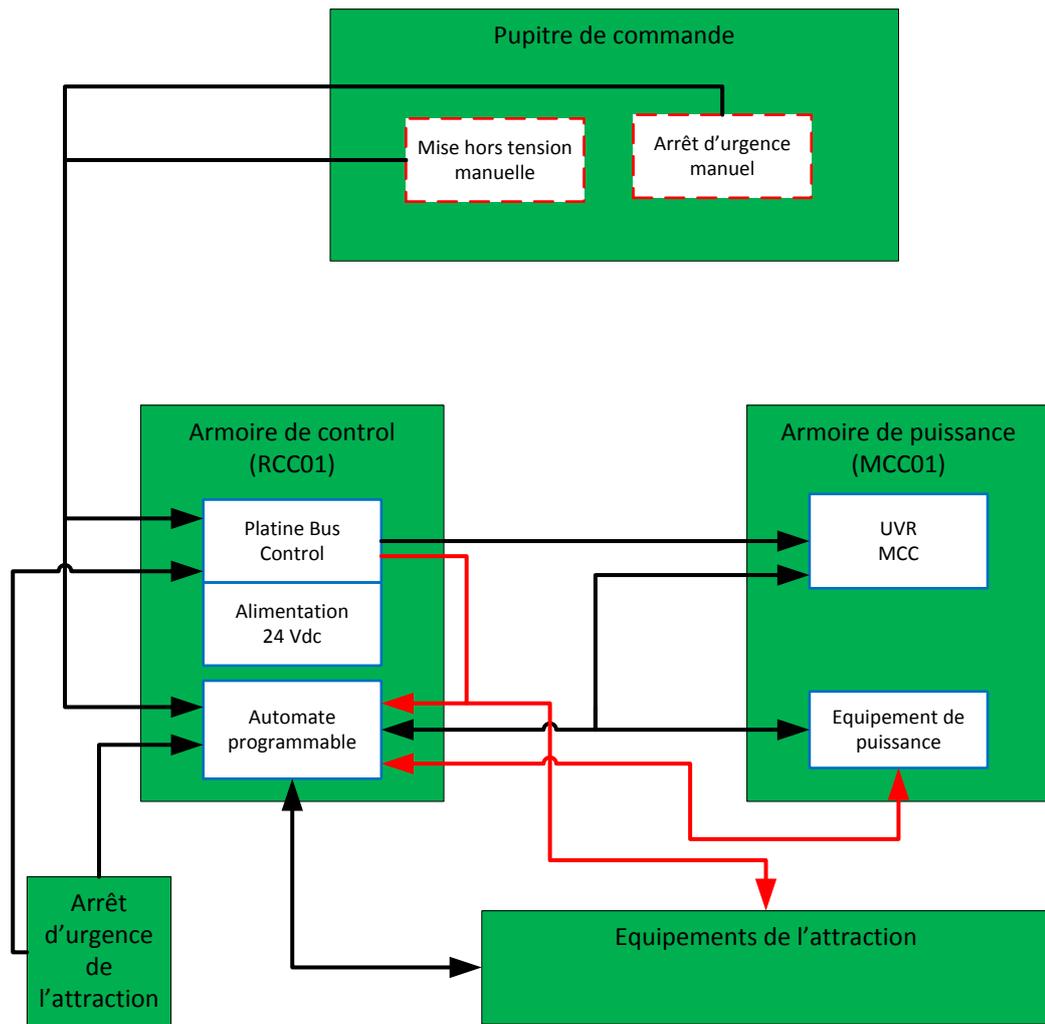
Les capacités horaires de l'attraction sont primordiales dans la satisfaction des visiteurs. Celles-ci dépendent directement des équipements permettant la mise en mouvement des véhicules.

I.3. Les équipements

Pour faire fonctionner l'attraction, de nombreux équipements sont nécessaires, nous donnerons ici une description des plus importants, telle qu'elle existe dans le document de spécification.

I.3.1. Le bus control de l'attraction

Le bus control est un équipement installé dans les armoires de contrôle de chaque attraction. Son rôle est de fournir plusieurs alimentations électriques 24Vcc à l'ensemble de l'installation (capteurs, électrovannes, armoires de control etc...) à partir d'une alimentation stabilisée. Il doit aussi mettre l'attraction en état de sécurité en supprimant le(s) réseau(x) de puissance. L'arrêt de l'attraction s'opère en cas de défaut détecté par l'automate, ou d'une demande d'arrêt d'urgence manuel.



Distribution du 24 Vcc par le bus control : →

Circuits de contrôle de l'attraction : →

Figure 2 : Architecture du bus control

L'armoire RCC (*Ride Control Cabinet*) est constituée de l'automate programmable, ainsi que des relais de sécurité composant le bus control de l'attraction. Elle contient également l'ensemble des cartes d'entrée / sortie nécessaires pour la commande des actionneurs et la réception des capteurs.

Une seconde armoire MCC (*Motion Control Cabinet*) regroupe la gestion de puissance de l'attraction. On y trouvera notamment les alimentations des actionneurs et moteurs de l'attraction.

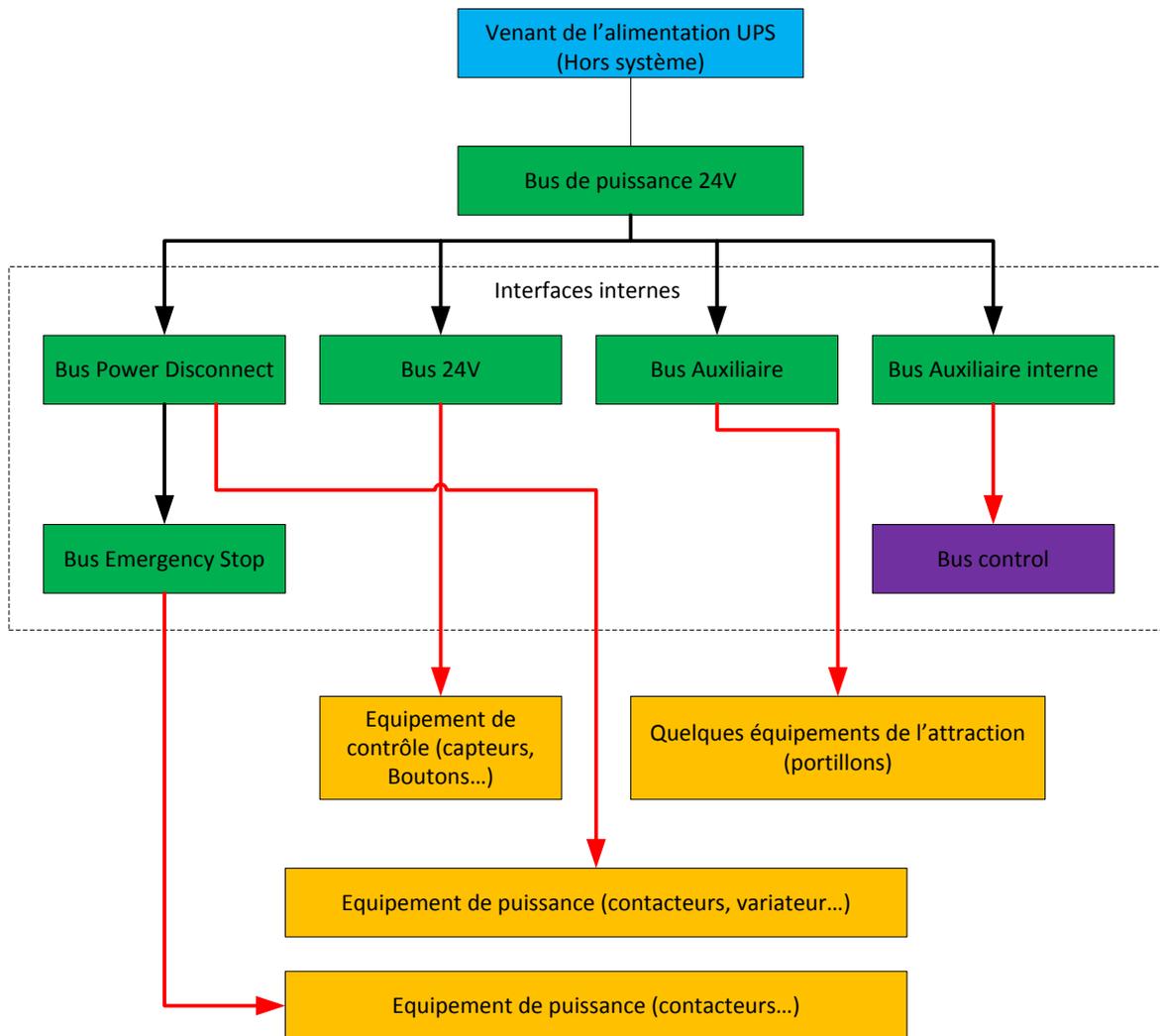


Figure 3 : Répartition des alimentations

On distingue cinq niveaux d'alimentation :

- Auxiliaire : alimentation permanente pour certaines cartes E/S et l'arrêt d'urgence de l'armoire RCC (*Ride Control Cabinet* : Armoire de contrôle du manège)
- Auxiliaire interne : alimentation de la platine du bus control
- 24V : fournit l'alimentation aux capteurs de l'attraction
- Power Disconnect : alimenté lors de la séquence de mise sous tension pour les équipements de puissance (contacteurs)
- Emergency stop : alimenté par le Power Disconnect, il fournit l'alimentation à certains équipements de commande

I.3.2. L'automate programmable industriel

L'attraction est gérée par un API (Automate Programmable Industriel). Afin de permettre la communication avec les différents équipements, sept cartes entrées / sorties ont été ajoutées. Ces cartes permettent de connecter 32 adresses différentes (4 adresses de 8 bits chacune = 32bits par carte), elles ont été séparées en deux groupes : trois cartes pour les sorties et quatre cartes pour les entrées.

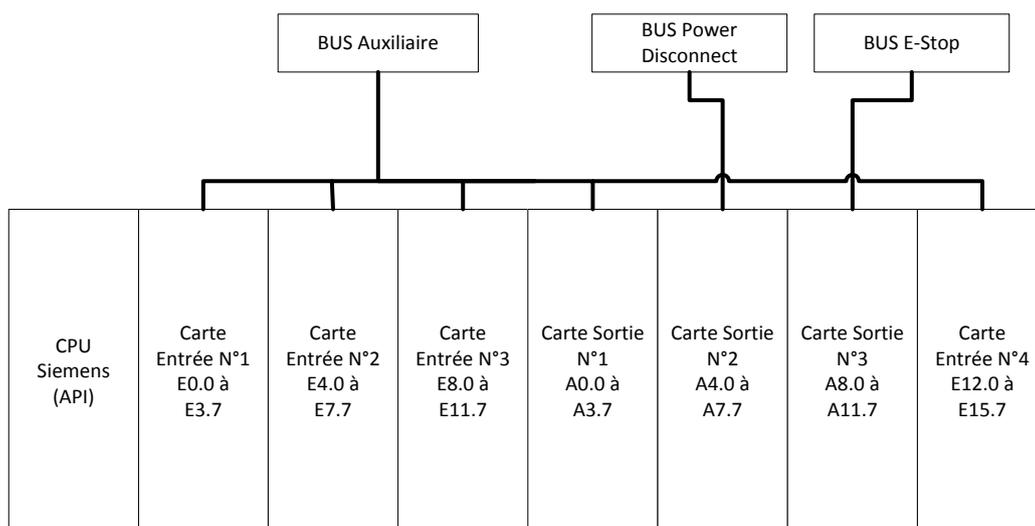


Figure 4 : Répartition des cartes sur le bus control

Les cartes sont réparties sur les différents bus d'alimentation du bus control en fonction des équipements raccordés sur chacune d'entre elles. Les cartes d'entrée étant raccordées sur le bus auxiliaire, l'automate opère une surveillance des équipements même lorsque l'attraction est hors tension.

I.3.3. Le variateur de vitesse

La puissance fournie aux moteurs est délivrée par un variateur de fréquences. Il est commandé par l'API via le bus de terrain Profibus-DP.

L'utilisation d'un variateur permet d'avoir une rampe d'accélération et de décélération programmable afin d'éviter les mouvements brusques. Cela préserve la mécanique des équipements et offre davantage de confort aux visiteurs.

L'envoi de ces commandes permet un contrôle par l'automate de la totalité du cycle de l'attraction, mais permet aussi le calcul des défauts si le variateur met trop de temps à répondre à la commande.

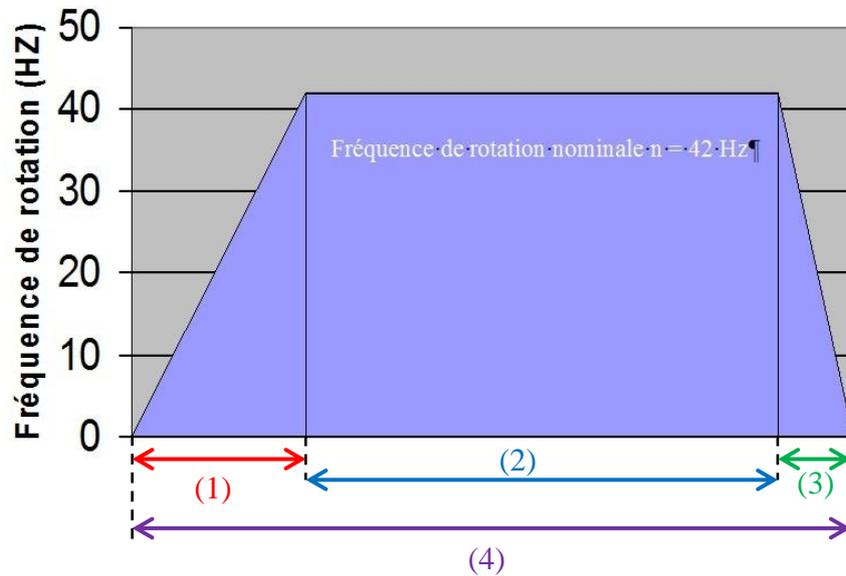


Figure 5 : Schéma de la commande de vitesse

La première partie en rouge (1) correspond à la phase d'accélération, la seconde partie en bleu (2) est la phase de maintien de la vitesse maximale et enfin la troisième partie en vert (3) est la phase de décélération.

La durée totale du cycle, en violet (4), est choisie par les opérateurs, les valeurs sont envoyées par l'automate au variateur afin de contrôler la durée du cycle :

- Commande de départ cycle
- Valeur de la fréquence de rotation nominale
- Commande de décélération

I.3.4. L'architecture de commande de l'attraction

Afin de faire communiquer ces différents équipements, il est nécessaire de les mettre en relation les uns par rapport aux autres.

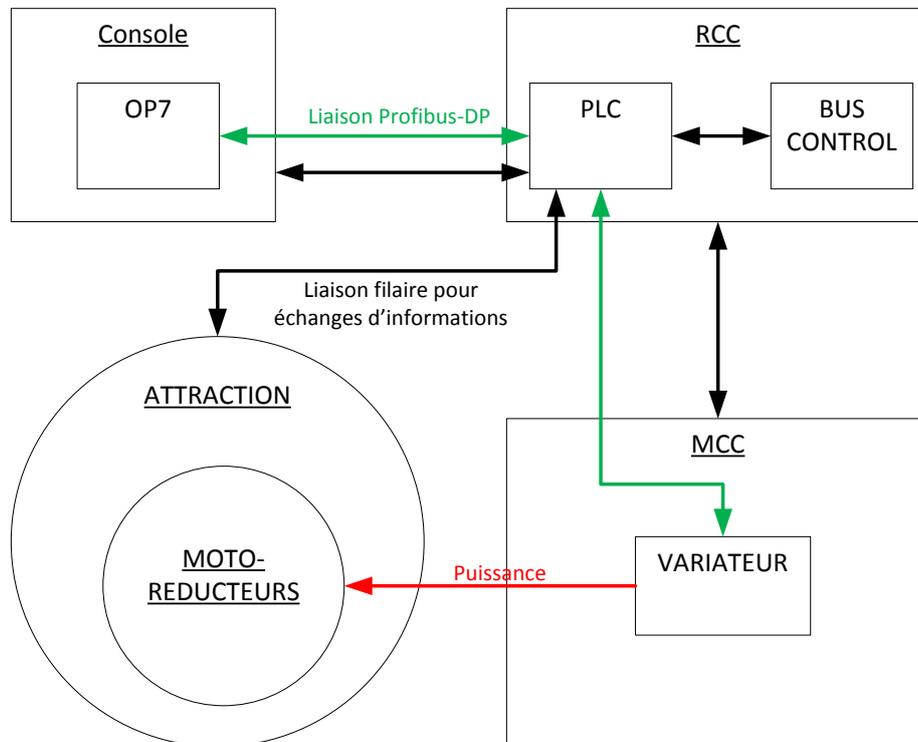


Figure 6 : Architecture du contrôle commande

L'architecture de l'attraction présente trois types de connexions :

- Une liaison filaire 24Vcc pour l'échange de certaines informations
- Une liaison Profibus pour la liaison entre l'automate et le variateur, mais également entre l'automate et l'OP7 (écran de communication sur la console principale)
- Une liaison de puissance pour la mise en marche des équipements (moteurs, vérins...)

I.3.5. Le bus de terrain Profibus

Profibus est un bus de terrain très utilisé dans la communication industrielle et dans les automatismes. Il s'appuie sur la norme EN50170 : General purpose field communication system [20].

La variante Profibus-DP (Decentralised Peripheral), est destinée aux applications de type maître-esclave en mono maître pour la gestion des équipements d'entrées-sorties déportés avec des temps d'accès extrêmement courts [18].

Les défaillances de communication entre le maître (CPU) et les esclaves (HMI et variateur) sont détectées par un « watchdog » (Chien de garde) et entraînent une réaction de l'attraction [1].

La liaison entre les équipements est assurée par un câble blindé à paire torsadée conforme à la norme américaine EIA RS-485.

I.3.6. Conclusion sur les équipements

Dans ce paragraphe, nous avons vu des détails techniques sur la composition de l'attraction et une partie de son fonctionnement. Ces informations sont extraites du document de spécification actuel de l'attraction. Celles-ci seront utiles pour évaluer l'écart entre l'existant et l'objectif à atteindre. Pour ce faire, les textes officiels doivent être parcourus, et les exigences référencées.

I.4. Présentation des textes officiels

Ce paragraphe présente un bref historique des différents rapports, décrets et normes qui concernent les manèges et plus généralement les installations de dispositifs de divertissement.

I.4.1.1. Les textes préliminaires

Avant la création d'une norme sur la conception et l'exploitation des attractions, il n'existait que peu de textes encadrant ces installations de divertissement [2, p. 10]. Les deux textes principaux étaient :

- Le protocole de 1983 qui institue un contrôle technique obligatoire tous les 3 ans, ainsi qu'un suivi d'entretien régulier de l'installation. Bien que le premier soit effectué par un bureau de contrôle indépendant, le second ne relève que de la compétence de l'exploitant.

- L'article L. 221-1 du code de la consommation qui dispose que : « *Les produits et les services doivent, dans des conditions normales d'utilisation ou dans d'autres conditions raisonnablement prévisibles par le professionnel, présenter la sécurité à laquelle on peut légitimement s'attendre et ne pas porter atteinte à la santé des personnes.* » [3]

Lors de la construction du parc Disneyland en 1991, il n'existait pas de norme encadrant la conception, le montage, l'exploitation et la sécurité des attractions. Il faudra attendre 2004 au niveau européen, et 2007 en France pour voir la première version de la norme : EN ISO 13814.

I.4.1.2. La norme NF EN 13814 : 2013

La première norme EN 13814 a été révisée par une nouvelle version publiée en janvier 2015 (FR EN 13814 : 2013). Elle regroupe « *les règles de sécurité se rapportant aux machines [...] des dispositifs de divertissement* » afin « *de protéger les personnes contre le risque d'accidents* » [17].

Ce texte constitue la base de la conception et de l'exploitation des manèges des parcs à thème ou fêtes foraines. Cependant, la norme ne pouvant être rétroactive, elle ne concerne que les dispositifs construits après sa publication. Par conséquent l'attraction ne saurait être soumise à une telle norme.

Néanmoins, la Walt Disney Company dispose de ses propres standards qui s'appuient sur les normes existantes. Des modifications sont donc nécessaires pour faire évoluer l'attraction, celles-ci pouvant être considérées comme majeures (modifications de la programmation), l'attraction doit être considérée comme nouvelle. Ceci implique qu'après les changements opérés, l'attraction devra respecter les normes en vigueur, notamment la FR EN 13814.

Ce document fait l'objet d'un projet de révision (EN 13814 : 2016) [4] qui concerne essentiellement la partie conception de l'attraction. Il ne sera donc pas tenu compte de cette nouvelle version qui ne s'applique pas au cadre actuel.

La norme ne pouvant être exhaustive, elle s'appuie sur d'autres textes déjà existants. On peut citer parmi eux les normes NF EN 13849-1 et NF EN 60204.

I.4.1.3. La norme NF EN 13849-1

Cette norme régit la conception des systèmes de commande relative à la sécurité [5]. Elle définit les exigences minimales à atteindre pour garantir le pilotage des machines en fonction des dangers et des risques encourus durant l'exploitation. Elle est basée sur le système d'évaluation des risques machine définis dans la norme IEC 61508.

Le contrôle technique obligatoire des installations a pour but, parmi d'autres inspections, de vérifier la conformité de cet aspect primordial de la sécurité.

I.4.1.4. La norme NF EN 60204

Ce texte vient en complément de ceux précédemment évoqués, et concerne principalement la gestion du risque quant à l'utilisation d'une machine [6]. Les critères de choix d'un équipement adapté à son environnement y sont mentionnés. Les modes de marche, ainsi que les organes de coupures sont également définis.

En complément de celui-ci, d'autres normes sont citées en références, dont une qui concerne les interfaces hommes-machines servant au pilotage.

I.4.1.5. La norme NF EN 60447

Cette norme définit « *les principes fondamentaux et de sécurité pour l'interface homme-machine* » [7]. Parmi ceux-ci, on retrouve la disposition des boutons et voyants sur une console de commande, l'orientation des leviers en fonction de l'action réalisée etc...

L'évolution de la médecine du travail, et la reconnaissance des troubles musculosquelettiques imposent la prise en compte de l'ergonomie dans l'aménagement des postes de travail.

I.4.1.6. Les standards Disney

L'entreprise ayant ses propres exigences en matière de sécurité, un certain nombre de documents internes reprennent les exigences précédemment définies. Pour la réalisation de ce projet, les documents suivants seront exploités :

- *Attraction acceleration limits* [28]
- *Ride acceleration limit* [24]
- *Ride control operating interface handbook* [22]
- *System safety program* [34]

I.4.1.7. Conclusion sur les normes

Bien que peu fournit il y a encore deux décennies, l'éventail des textes de lois et des normes ne cesse de grandir. Cela s'explique par un besoin toujours plus croissant de sécurité des utilisateurs, mais également par l'évolution constante des technologies.

Pour une entreprise comme Disneyland Paris, il est primordial de maintenir ces installations à un niveau de sécurité élevé. Cela permet de limiter le risque d'accidents, et de maintenir une bonne image auprès des visiteurs.

Toute modification des installations se doit de tenir compte de ces préconisations et l'inclure dans ses objectifs.

I.5. Les objectifs

Dans ce paragraphe, un résumé de l'ensemble des objectifs à atteindre lors du projet est présenté. Cela concerne aussi bien les aspects de sécurité, que le bien être des opérateurs et la satisfaction des visiteurs.

I.5.1. Le respect des normes et standards

Comme évoqué dans le paragraphe précédent (I.4), de nombreux textes encadrent la conception et l'exploitation des attractions.

Afin que l'attraction puisse répondre à toutes ces exigences, une évolution technologique doit être réalisée. Pour atteindre ce but, il sera nécessaire de parcourir les documents cités et d'en extraire les informations importantes. Par la suite, leur mise en application sera organisée et planifiée.

La première étape du stage a donc consisté à référencer l'ensemble des anomalies, qui pouvaient exister entre le fonctionnement actuel et ce qui est attendu de l'attraction. Par la suite, les préconisations d'évolutions ont pu être formulées et intégrées dans un document de spécification complet.

I.5.2. La sécurité des personnes

La sécurité des personnes étant une priorité de l'entreprise, la vérification des systèmes de sécurité de l'attraction est nécessaire. Afin de répondre à cette demande, une analyse fonctionnelle des dispositifs de commande sera réalisée. Celle-ci pourra mettre en évidence des points d'améliorations supplémentaires, non pris en compte dans les textes officiels.

Cette analyse, conduite durant le stage, fera l'objet d'un chapitre du présent document. Elle ne saurait être pertinente sans une compréhension complète des mécanismes régissant l'attraction. Pour atteindre cet objectif, plusieurs réunions ont été organisées avec les personnels utilisateurs et mainteneurs des équipements. Ceux-ci travaillant en permanence sur l'installation, ils connaissent certaines faiblesses qui ne sauraient être décrites dans les textes de référence.

I.5.3. Modernisation des équipements

Les nombreuses évolutions technologiques permettent de faciliter le travail de chacun. Lors des réunions évoquées précédemment, de nombreuses attentes et demandes ont été formulées par les différents services intervenants.

Certaines de ces demandes ont pu être intégrées au projet, mais d'autres ont été écartées. Chacune des décisions que j'ai prises furent justifiées auprès de ces équipes pour éviter les frustrations et l'incompréhension.

Un des aspects mentionnés durant ces échanges est le caractère inadapté des organes de commande par rapport aux missions attendues.

I.5.4. Ergonomie pour les utilisateurs

Le progrès technologique n'est utile que s'il ne détériore pas les conditions de travail des utilisateurs. Cette volonté se retrouve dans les textes encadrant la conception des pupitres de commande [5].

Là encore, l'observation des routines de fonctionnement et de maintenance de l'attraction ont une grande importance dans les décisions. Cet aspect est intrinsèquement lié à la sécurité. En effet, si l'utilisateur dispose d'un environnement facile d'utilisation et intuitif, son attention pourra se porter pleinement sur d'autres missions, comme la surveillance des visiteurs.

L'ergonomie est une part importante dans les métiers d'accueil et de service. Un salarié dont le poste de travail est adapté sera plus détendu et plus efficace dans son travail. Cela aura un impact direct sur l'attitude envers les visiteurs, ainsi que leur satisfaction.

I.5.5. Satisfaction des visiteurs

Un parc d'attraction est entièrement dépendant de la satisfaction des visiteurs qui le fréquentent. L'axe d'amélioration principal pour une attraction est la réduction du temps d'attente. Comme nous l'avons vu dans le paragraphe précédent, cela passe par des salariés plus efficaces, dans un environnement adapté.

Cependant, cela n'est pas le seul levier d'amélioration. En cas de panne, le temps de remise en état de l'attraction peut être plus ou moins long. Il dépend de la durée nécessaire

au diagnostic, auquel s'ajoute le temps de réparation. Une analyse plus précise des causes permettrait d'identifier le problème plus rapidement, et ainsi diminuer la durée de l'interruption du service.

I.5.6. Conclusion sur les objectifs

Que ce soit pour la sécurité, l'ergonomie ou la satisfaction des visiteurs, un certain nombre de décisions d'arbitrage doivent être prises. L'aspect sécurité étant primordial, aucun compromis ne peut être fait dans ce domaine.

En revanche, les autres points évoqués peuvent faire l'objet de compromis et de prises de responsabilités quant à leur réalisation ou leur abandon. Ce sont autant de décisions que j'ai dû prendre dans le cadre du stage en qualité d'ingénieur responsable de projet.

Celles-ci ont fait l'objet d'un contrôle de l'ingénieur principal de l'entreprise. Celui-ci a certifié le document de spécification rédigé, ainsi que les modifications apportées aux équipements et à leur programmation.

I.6. Conclusion de la présentation

Le contexte du projet ayant été défini, sa réalisation peut commencer. Comme cela a été évoqué tout au long de cette partie, il faut tout d'abord établir un bilan de l'installation actuelle afin de pouvoir mettre en évidence les points d'amélioration. Ces derniers étant dépendants des textes officiels et des remarques du personnel utilisateur.

Afin de conduire le projet sereinement, une bonne connaissance de l'attraction est nécessaire. Cela facilitera également la prise de décisions inhérente aux responsabilités qui m'ont été attribuées.

II. Analyse fonctionnelle de l'attraction

Afin de comprendre le fonctionnement de l'attraction, j'ai étudié les différents documents mis à ma disposition la décrivant. Parmi ceux-ci, le document de spécification qui a été détaillé dans la partie précédente. Cependant, il n'existe aucune description des mécanismes de contrôle intrinsèques à la programmation de l'automate. Il n'était donc pas possible de comprendre la logique de contrôle sans fouiller dans le programme lui-même. J'ai donc décidé de rédiger une analyse fonctionnelle de l'attraction afin d'en synthétiser la logique de commande.

Celle-ci se déroulera de la manière suivante. Dans un premier temps (Partie II.1) certains termes spécifiques à l'entreprise sont définis. L'attraction étant complexe, un Grafcet en synthétise le fonctionnement (partie II.2). Par la suite, la mise sous tension sera détaillée (partie 0). Puis les modes de fonctionnement seront abordés : le mode normal (partie II.4) et le mode maintenance (partie II.5). En suivant, la gestion des défauts généraux sera abordée (partie II.6). Enfin une conclusion sur cette analyse sera faite (Partie II.7).

II.1. Abréviations et termes techniques

L'analyse fonctionnelle sera transmise aux équipes de maintenance et ajoutée au document de spécification de l'attraction. Dans ce cadre, certaines abréviations utilisées dans l'entreprise ont été conservées pour faciliter la compréhension des futurs utilisateurs.

Le Tableau 3 présente un résumé exhaustif de la nomenclature présente dans les différents diagrammes. Les définitions sont données dans la colonne de droite.

Tableau 3 : Abréviations utilisées dans l'analyse fonctionnelle

Abréviation	Signification
BP	Bouton poussoir
PD	Power Disconnect (mise hors tension)
ES	Emergency Stop (arrêt d'urgence)
KSPDWD	Relais de sécurité en amont du bus Power Disconnect pour le Watch Dog surveillant l'activité de la CPU
KAPD	Relais de sécurité pour l'alimentation du bus Power Disconnect
KAES	Relais de sécurité pour l'alimentation du bus Emergency Stop
KRPD	Relais de sécurité pour le bouton reset du Power Disconnect
KRES	Relais de sécurité pour le bouton reset de l'Emergency Stop
Ex.x	Entrée x.x
Ax.x	Sortie x.x

II.2. Le Grafcet global de l'attraction

Avant de rentrer dans le détail des différentes fonctions de l'attraction, il est important d'en comprendre le fonctionnement global. Le grafcet ci-dessous présente une synthèse du fonctionnement complet de l'attraction. Celui-ci s'articule autour de plusieurs boucles parallèles ayant chacune pour objectif la surveillance d'une partie de l'attraction :

- La mise sous tension du bus power disconnect.
- La mise sous tension du bus emergency stop.
- Le choix du mode de fonctionnement.
- Le fonctionnement en mode normal ou maintenance (détaillé au II.4 et II.5)

La première boucle (Figure 7) contrôle le bus power disconnect qui alimente une carte de sorties (voir I.3.2).

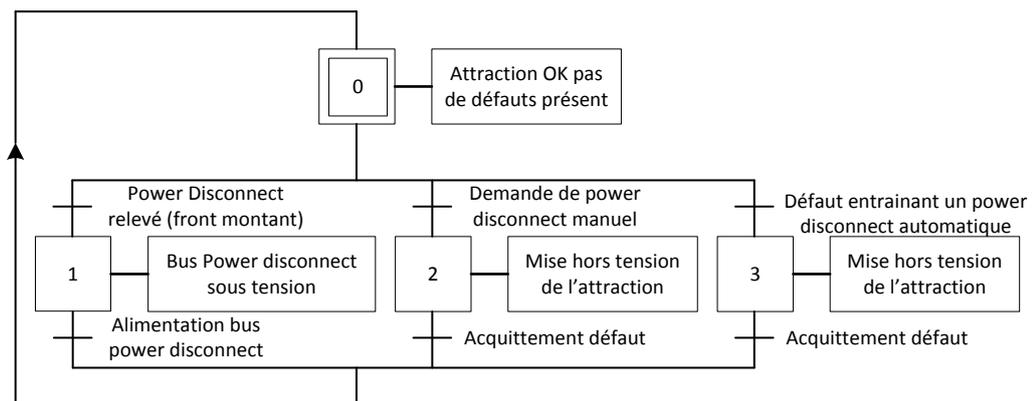


Figure 7 : Grafcet de l'alimentation du bus power disconnect

La seconde boucle (Figure 8) permet la mise sous tension du bus emergency stop qui alimente une autre carte de sorties (voir I.3.2).

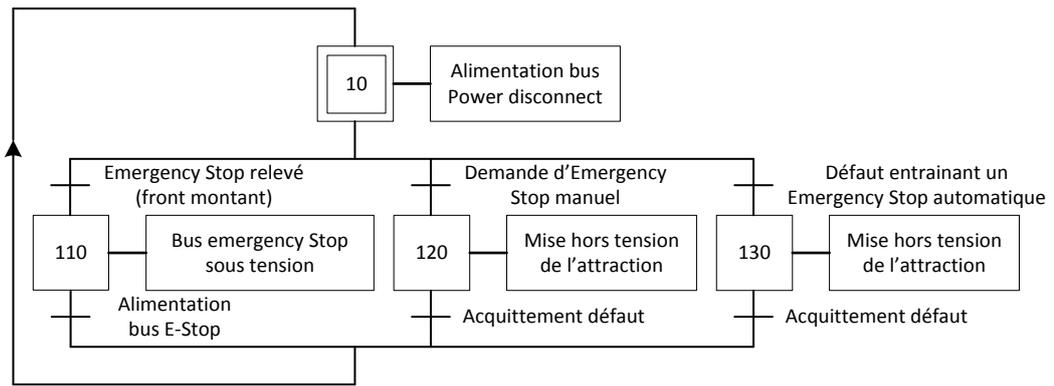


Figure 8 : Grafcet de l'alimentation du bus emergency stop

Durant la mise sous tension générale, les bus Power Disconnect (étape1) et Emergency Stop (étape 110) sont énergisés. Une fois dans cet état, le moindre défaut entrainant une demande de coupure du bus est pris en compte. Cette coupure est suivie par une réinitialisation de l'attraction.

Lorsque toutes les cartes d'entrées / Sorties sont alimentées, il est demandé à l'opérateur de choisir le mode de fonctionnement (Figure 9)

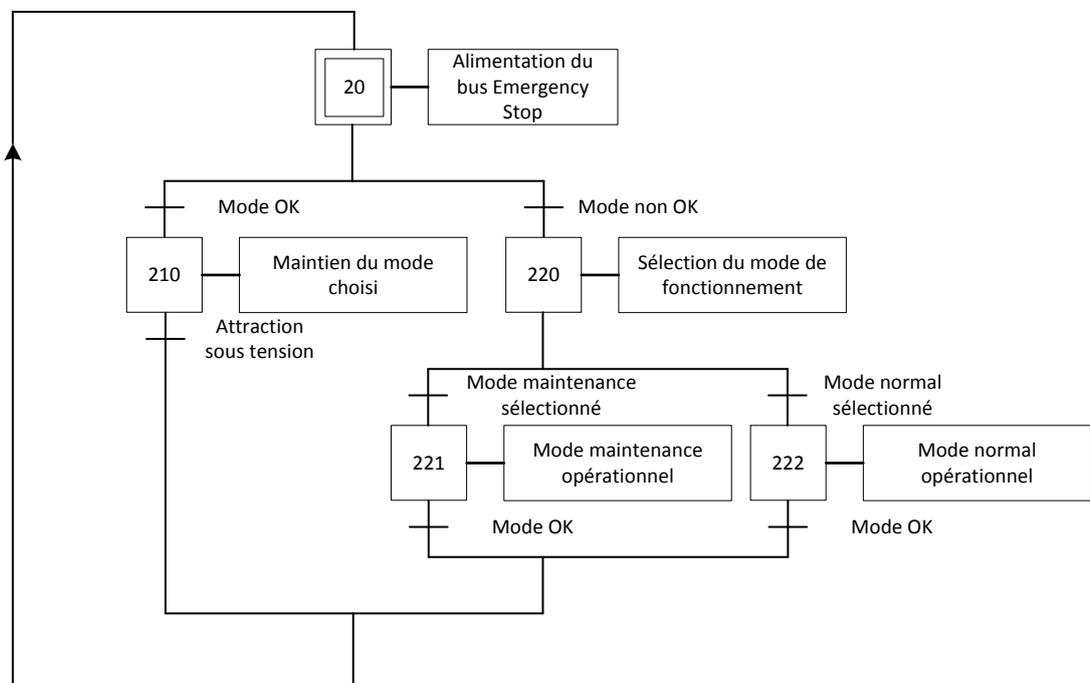


Figure 9 : Grafcet du choix du mode de fonctionnement

L'utilisateur peut choisir entre le mode normal ou le mode maintenance (étape 220). Tant que le mode n'est pas choisi, la transition « Mode non OK » est active, et son opposé « Mode OK » inactive.

La mise hors tension de l'attraction s'effectue par appuis successifs sur les boutons Emergency Stop et Power Disconnect. Un changement de mode ne peut s'effectuer que par une nouvelle mise sous tension de l'attraction.

En fonction du mode sélectionné, différentes commandes sont possibles pour la mise en mouvement de l'attraction (Figure 10).

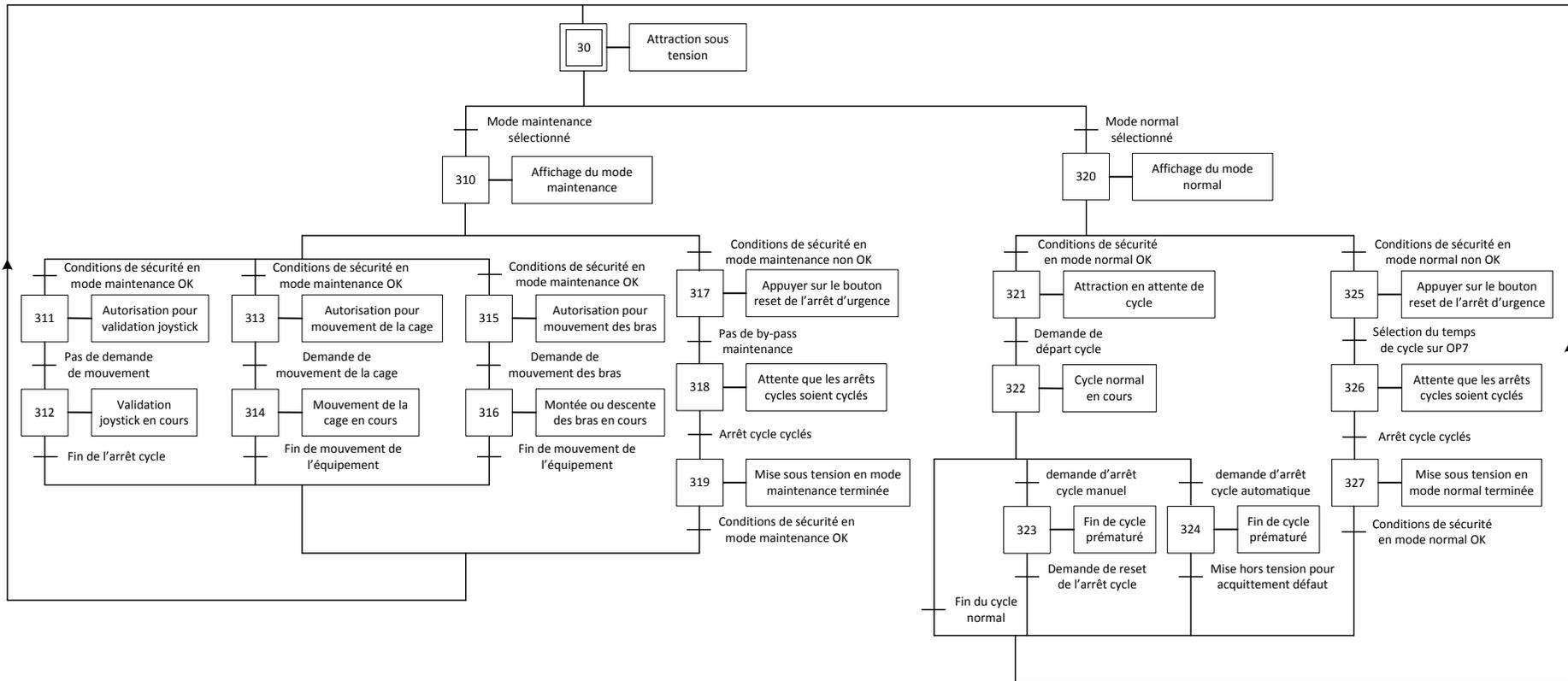


Figure 10 : Grafcet général des modes de marche

Le mode maintenance permet de commander individuellement des équipements, comme la cage, les bras, ou encore de tester les manettes présentes dans chacune des navettes. Pour permettre ces tests, certaines sécurités sont levées.

Le mode normal est le plus sécurisé, c'est uniquement dans ces conditions que l'embarquement des visiteurs est permis. Le départ du cycle est fait par les opérateurs de l'attraction. Une fois lancé, le cycle est entièrement automatisé. Il s'arrêtera dans les cas suivants :

- Fin de cycle normal.
- Demande d'arrêt cycle par un opérateur.
- Demande d'arrêt cycle automatique, suite à un défaut.

Dans ce dernier cas, une réinitialisation complète de l'attraction est nécessaire. Sinon, un nouveau cycle peut être déclenché par demande des opérateurs.

Cette synthèse du fonctionnement de l'attraction servira de base à une exploration plus en détails des différentes fonctions qui assurent la sécurité et la gestion des mises en mouvement qui sont par nature, sources de risques potentiels.

II.3. La mise sous tension de l'attraction

Tout d'abord, je me suis intéressé aux étapes de démarrage des installations. Celles-ci font l'objet d'une procédure vérifiant la bonne exécution de la mise sous tension des équipements. Tous les défauts survenant durant ces étapes entraînent une coupure des équipements concernés, et si nécessaire de l'ensemble de l'attraction.

Durant l'exploitation journalière, si une des conditions n'est plus remplie, elle engendre un arrêt immédiat de l'attraction. Celui-ci peut être limité à certains équipements par coupure du bus Emergency Stop, ou global par coupure du bus Power Disconnect (voir partie II.6).

La mise sous tension (Figure 11) est obligatoire avant tout mouvement d'équipement de l'attraction. Elle est exécutée par les opérateurs avant l'accueil des visiteurs, ou par les techniciens pour la maintenance de l'installation.

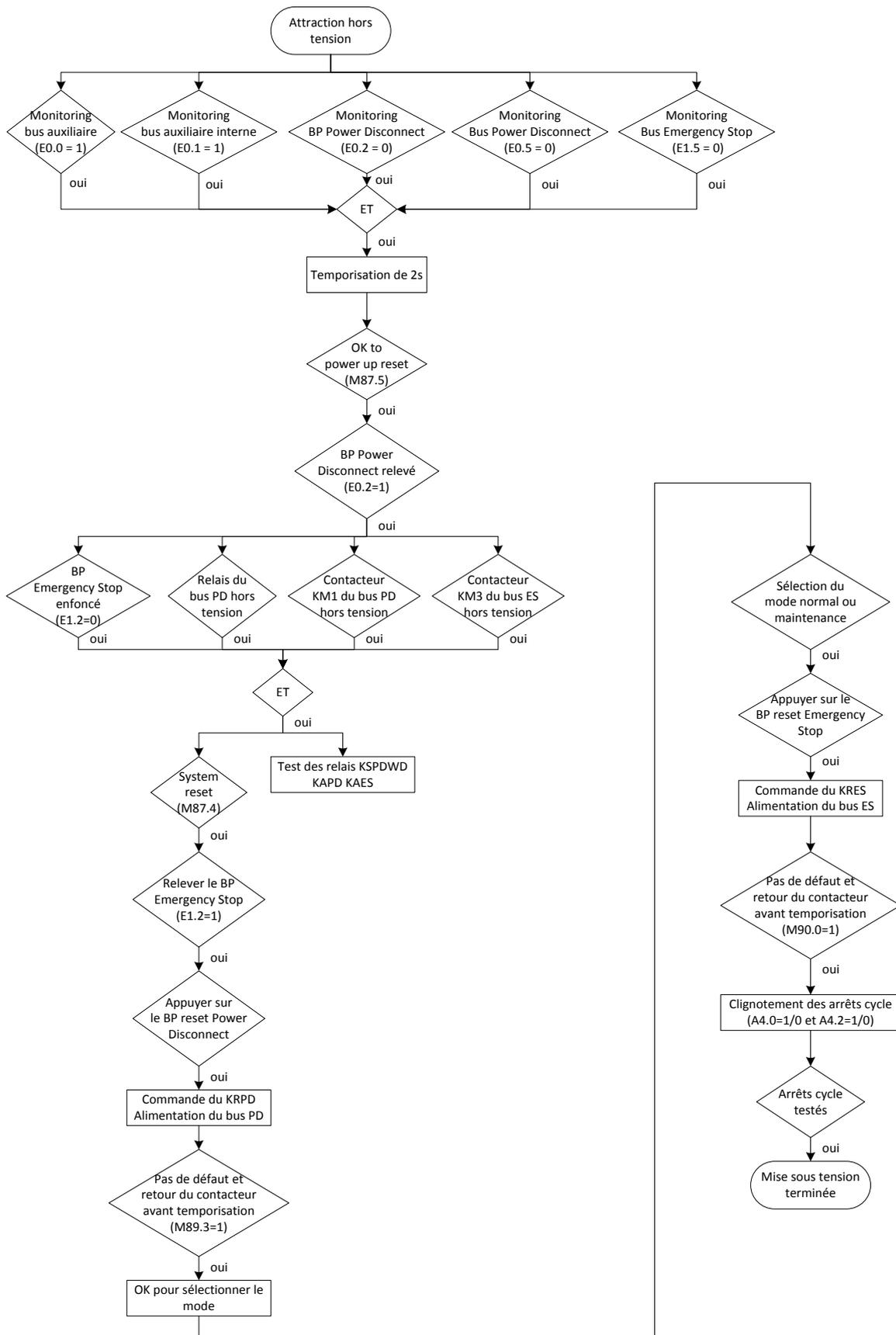


Figure 11 : Diagramme de la mise sous tension

Elle s'opère depuis la console principale de l'attraction. Celle-ci dispose de l'unique bouton Power Disconnect, ainsi que de l'interface homme-machine (OP7) permettant la sélection du mode de fonctionnement.

Le relais KAES est lié à l'ensemble des arrêts d'urgence présents sur l'attraction. Par conséquent, si au moins un arrêt est enfoncé, l'attraction ne pourra pas démarrer. Ceci permet d'assurer la sécurité de toute personne intervenant dans une zone non visible de la console principale [8].

Une fois les équipements sous tension, la procédure se termine par un test des arrêts cycle. Le programme prévoit une séquence pour la vérification des boutons :

- Enfoncé.
- Relevé.
- Reseté à l'aide d'un bouton poussoir annexe.

Lorsque toutes les conditions sont réunies, l'attraction devient opérationnelle. Il s'ensuit la séquence d'ouverture si le mode normal a été choisi, ou la mise en mouvement d'équipements isolés si le mode maintenance est activé. Ces séquences seront détaillées dans les paragraphes suivants.

II.4. Le mode normal

Le mode normal est le seul mode autorisé pour l'ouverture aux visiteurs. Il comprend de nombreuses fonctions de sécurité, ainsi que des modes de défaillance pour adapter le comportement de l'attraction en fonction de la survenance des événements.

Je présenterai tout d'abord une vue d'ensemble, puis je détaillerai le cas particulier de l'arrêt cycle.

II.4.1. Le démarrage d'un cycle

Les diagrammes ci-après (Figure 12 et Figure 13) décrivent l'ensemble des conditions de sécurité nécessaires à la mise en mouvement de l'attraction en mode normal. Une fois le cycle lancé, certaines actions sont inhibées, comme l'ouverture des portillons.

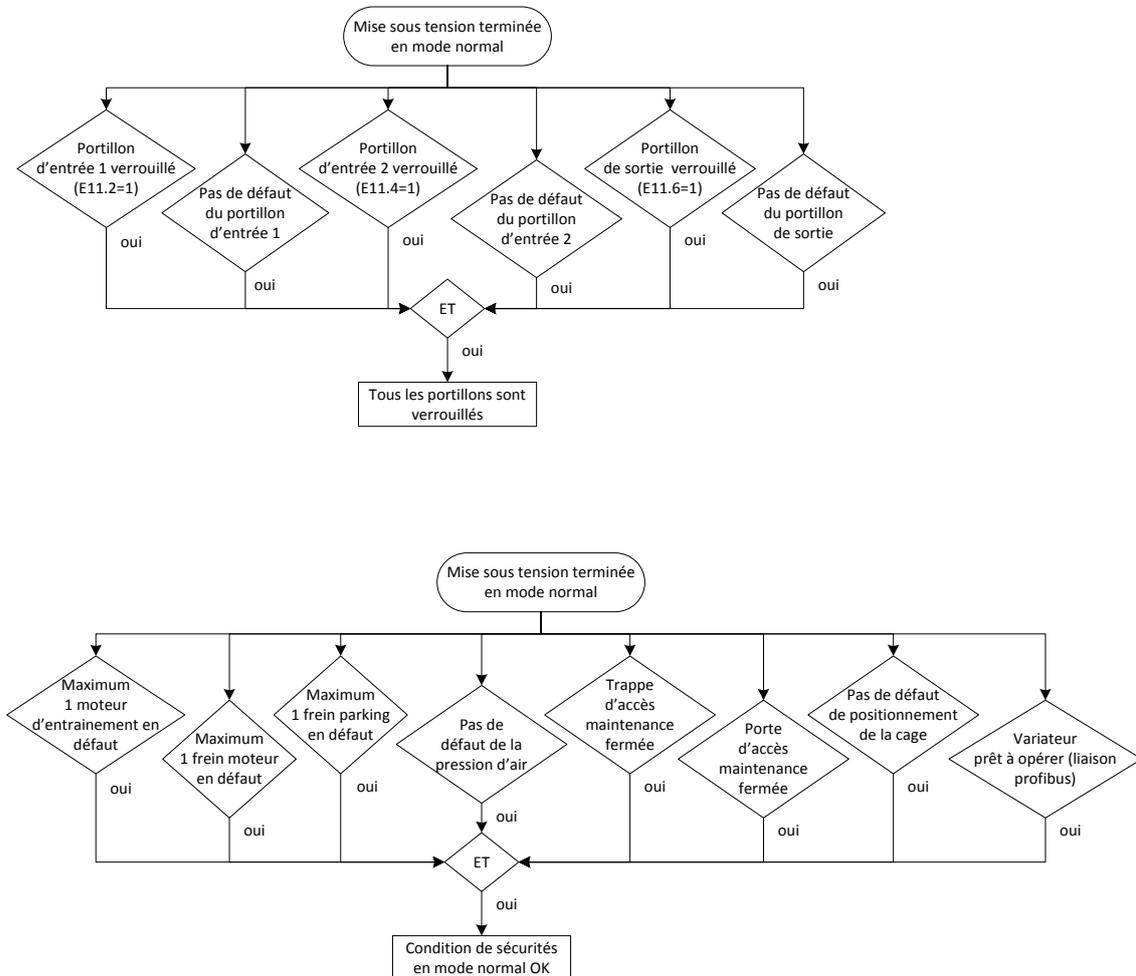


Figure 12 : Conditions du démarrage d'un cycle

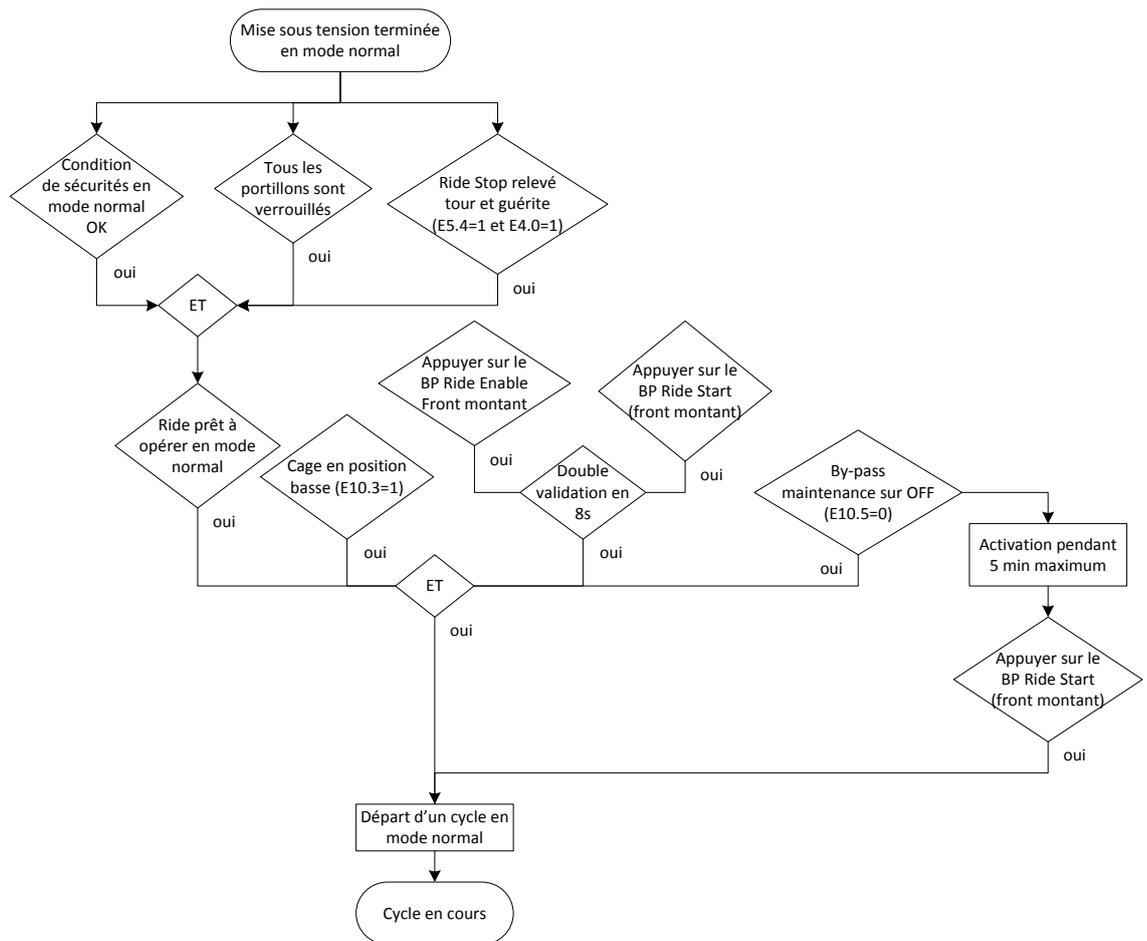


Figure 13 : Demande de mise en mouvement

Par l'intermédiaire du sélecteur « Validation Maintenance » les techniciens peuvent s'affranchir de la double validation pour lancer un cycle normal. Ce by-pass de la fonction reste actif pendant 5 min maximum. Passé ce délai, le sélecteur doit être basculé en position « OFF » puis « ON » pour autoriser à nouveau le mouvement.

Lorsque le cycle est initialisé, le seul moyen de l'arrêter est l'arrêt cycle, ou une coupure totale ou partielle de l'attraction par les boutons arrêt d'urgence et mise hors tension.

II.4.2. Le cas de l'arrêt cycle

À tout moment, l'attraction peut être stoppée si certaines conditions ne sont plus remplies. Le diagramme (Figure 14) présente les cas de défaillances mineures, ainsi que les conséquences de chacune d'entre elles.



Figure 14 : Défaits entraînant un arrêt cycle

On distingue deux types d'arrêts pour l'attraction :

- Manuel : demandant une intervention de l'opérateur (en bleu clair)
- Automatique : prise de décision de l'automate (en orange clair)

Les boutons d'arrêts ont des contacts doublés, afin de vérifier une éventuelle discordance. De plus, cela permet d'être sûr de ne pas perdre les informations. Par soucis de confort visuel, une seule entrée a été représentée sur le graphique. L'appui sur l'un de ces arrêts passe l'entrée à 0 par ouverture du circuit. De cette manière, un fil sectionné aura les mêmes conséquences qu'une demande d'arrêt.

Les quatre défauts présents sur le diagramme ne pourront être resetés qu'avec un général reset de l'attraction (bit M87.4 Figure 11). Par conséquent, seule une nouvelle mise sous tension permet d'acquitter ces défauts.

Les conséquences de ces arrêts sont indiquées dans la partie basse de la figure. Le maintien des bras dans leur position permet d'éviter un risque d'écrasement en cas d'intrusion sur la plateforme.

La consigne de départ cycle est resetée afin de pouvoir lancer un nouveau cycle, si les conditions le permettent.

En cas d'arrêt, une rampe de décélération est appliquée afin de ne pas mettre les visiteurs en danger par un freinage trop brusque.

Une fois l'attraction arrêtée de façon sûre, les opérateurs ont la possibilité de déverrouiller les portillons pour permettre l'évacuation des visiteurs.

Le seul cas permettant un redémarrage de l'attraction sans faire une nouvelle mise sous tension, est celui d'un arrêt manuel.

En cas de défaillance plus importante du système, ou à la demande d'un des opérateurs, un arrêt d'urgence ou une mise hors tension peuvent être effectués.

II.5. Le mode maintenance

Le mode maintenance est exclusivement réservé aux techniciens de maintenance et aux ingénieurs. Il ne peut être utilisé qu'en l'absence totale de visiteurs à bord des navettes ou à proximité de la plateforme.

Ce mode permet de faire une vérification du fonctionnement des équipements. Pour cette raison, les conditions de sécurité sont réduites par rapport à celles demandées en mode normal.

Tout comme le mode normal, le mode maintenance comporte une gestion des défaillances pour assurer la sécurité des techniciens intervenant sur l'attraction. Je présenterai dans un premier temps la commande des équipements, puis le cas de l'arrêt cycle.

Le diagramme ci-après (Figure 15) décrit les étapes nécessaires pour la mise en fonctionnement de certaines parties de l'attraction. Selon la dangerosité du mouvement, les conditions peuvent être plus ou moins restrictives.

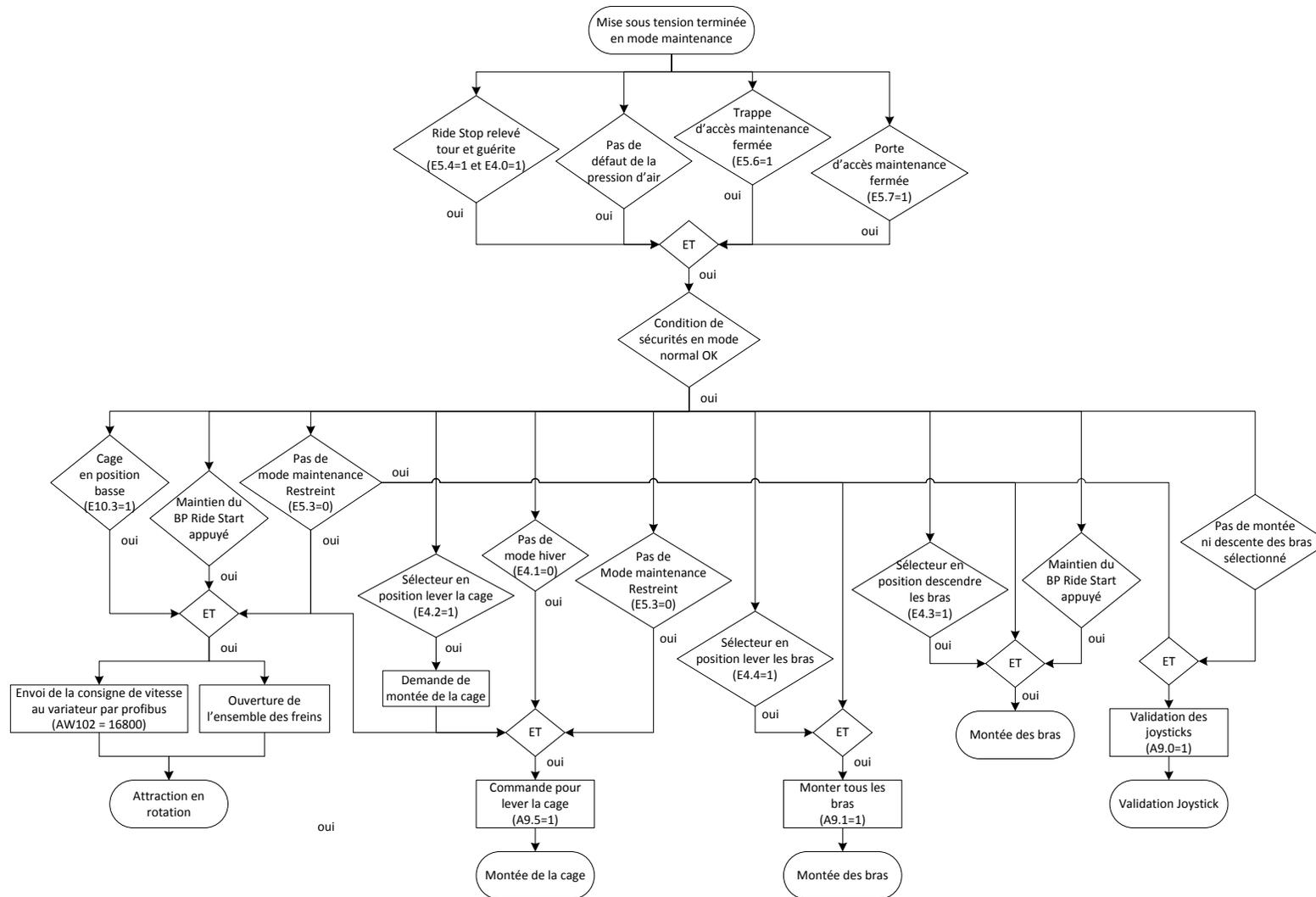


Figure 15 : Diagramme de fonctionnement du mode maintenance

Les différents équipements sont indépendants et peuvent être mis en mouvement simultanément si les conditions le permettent.

Les locaux techniques se situent sous l'attraction. L'accès est surveillé par un capteur sur la porte d'accès maintenance, et un second sur une trappe pour l'accès à la zone moteur.

Le mode maintenance restreint sert pour la vérification des freins, il empêche la mise en rotation de la plateforme pour garantir la sécurité du technicien effectuant les vérifications. Il permet également de réaliser l'entretien sur les pompes à graisse servant au mouvement des vérins hydrauliques. La montée de la cage et des bras est par conséquent inhibée.

Le mode hiver est un mode utilisé pour inhiber la montée de la cage centrale, il peut être activé en exploitation maintenance ou normale.

La « validation joystick » permet le contrôle de la commande individuelle présente dans les navettes. Cette action représente un risque pour les techniciens de maintenance, une mise en conformité sera étudiée dans la partie III.

L'absence de l'arrêt cycle est une condition nécessaire pour les conditions de sécurité en mode maintenance. Il en résulte qu'aucun équipement ne pourra être mis en mouvement si celui-ci est enfoncé.

Bien qu'il existe une différence apparente entre les modes de fonctionnement (normal et maintenance), une gestion commune pour certaines défaillances est implémentée.

II.6. Les défaillances communes

Dans ce paragraphe sont regroupées les défaillances étant soumises aux mêmes conditions de déclenchement en mode maintenance et en mode normal.

Il existe cinq demandes d'arrêt général sur l'attraction :

- MES : Manual Emergency Stop (Arrêt d'urgence manuel)
- AES : Automatic Emergency Stop (Arrêt d'urgence automatique)
- MPD : Manual Power Disconnect (Mise hors tension manuelle)
- APD : Automatic Power Disconnect (Mise hors tension automatique)
- SPD : Safety Power Disconnect (Mise hors tension de sécurité)

Chacune de ces demandes entraîne une mise hors tension partielle ou totale des équipements de l'attraction. Par conséquent, il est impossible de la redémarrer sans faire une nouvelle mise sous tension.

II.6.1. L'arrêt d'urgence

Le Tableau 4 présente tous les cas de défaillances engendrant un arrêt d'urgence automatique de l'attraction.

Tableau 4 : Cas de défaillances engendrant un arrêt d'urgence

Equipement	Type de défaut
Moteur X ($X = 1$ à 6)	Défaut du frein moteur à l'ouverture
	Défaut électrique
	Défaut pressostat du frein moteur à l'ouverture
Contacteur aval variateur (alimentation des moteurs)	Défaut de fermeture du contacteur
Pression d'air	Défaut pression d'air insuffisante
Trappe d'accès	Trappe ouverte
Porte d'accès maintenance	Porte ouverte
Pompe à graisse	Pompe à graisse 1 et 2 en défaut simultanément
Variateur	Variateur en défaut
	Défaut au démarrage 5s après la demande de démarrage, la vitesse mesurée par le variateur ramenée en fréquence ne peut être inférieure à 5Hz
	Démarrage trop rapide 11s après la demande de démarrage, la vitesse mesurée par le variateur ramenée en fréquence ne peut être supérieure à 40Hz
	Arrêt trop rapide 11s après la demande d'arrêt, la vitesse mesurée par le variateur ramenée en fréquences ne peut être inférieure à 1Hz
Portillons	Intrusion portillon d'entrée 1
	Intrusion portillon d'entrée 2
	Intrusion portillon de sortie

La Figure 16 présente les conséquences lorsqu'un arrêt d'urgence est demandé. Une demande automatique ou manuelle aura les mêmes conséquences. Comme pour les arrêts « ride », les contacts des arrêts d'urgence sont doublés afin d'être sûr de recevoir la commande.

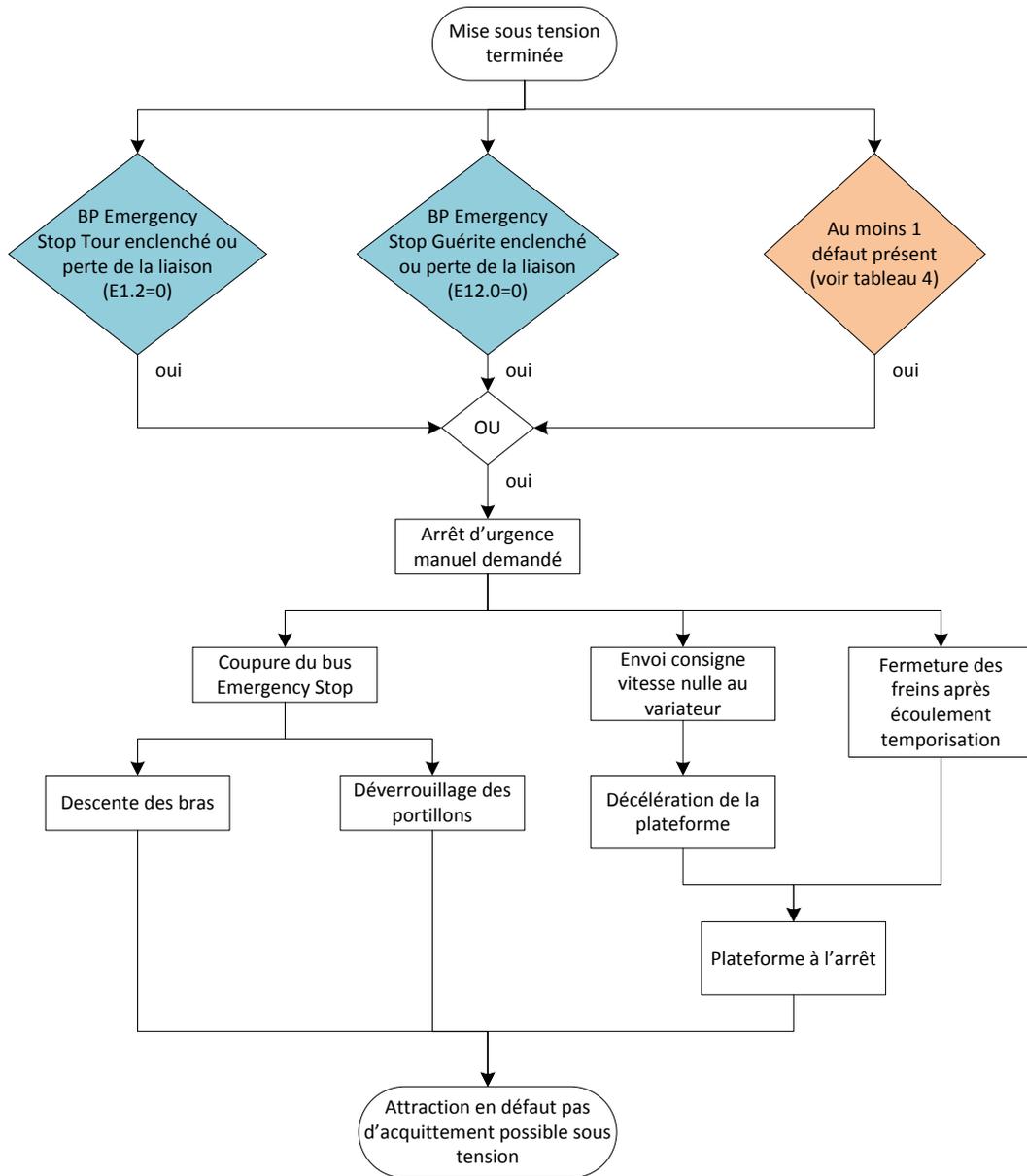


Figure 16 : Demande d'arrêt d'urgence

Les arrêts présents sur les consoles opérateurs ont été indiqués sur la figure. Néanmoins, il existe d'autres arrêts d'urgence dans les locaux techniques de l'attraction. L'appui sur l'un d'entre eux aura les mêmes répercussions que celles indiquées plus bas.

La coupure du bus Emergency Stop se fait par le bus control à travers un relais de sécurité (KAES).

La séquence d'arrêt semble identique à celle d'un arrêt cycle. Pourtant, la commande des bras étant sur le bus Emergency Stop, la coupure de celui-ci entraîne leur descente. Cette action représente un risque pour les visiteurs et les opérateurs de l'attraction, une modification sera étudiée dans la partie III.

II.6.2. Le Power Disconnect

Le Tableau 5 ci-dessous présente tous les cas de défaillances engendrant un Power Disconnect automatique de l'attraction.

Tableau 5 : Cas de défaillances engendrant un power disconnect

Equipement	Type de défaut
Moteur X ($X = 1$ à 6)	Défaut du frein moteur à la fermeture
	Défaut pressostat du frein moteur à la fermeture
Contacteur aval variateur (alimentation des moteurs)	Défaut d'ouverture du contacteur
Variateur	Défaut de communication venant du variateur
	Défaut variateur à l'arrêt
	Défaut vitesse non nulle
	Perte de connexion au Profibus
OP7	Perte de connexion au Profibus
Contacteur pompe à graisse	Défaut de fermeture du contacteur

Le diagramme de la Figure 17 reprend les étapes qui suivent une demande de Power Disconnect. Qu'elle soit automatique ou manuelle, celle-ci s'achèvera par une mise hors tension complète de l'attraction. Par conséquent, l'acquiescement d'un tel arrêt ne peut être réalisé qu'avec une nouvelle mise sous tension.

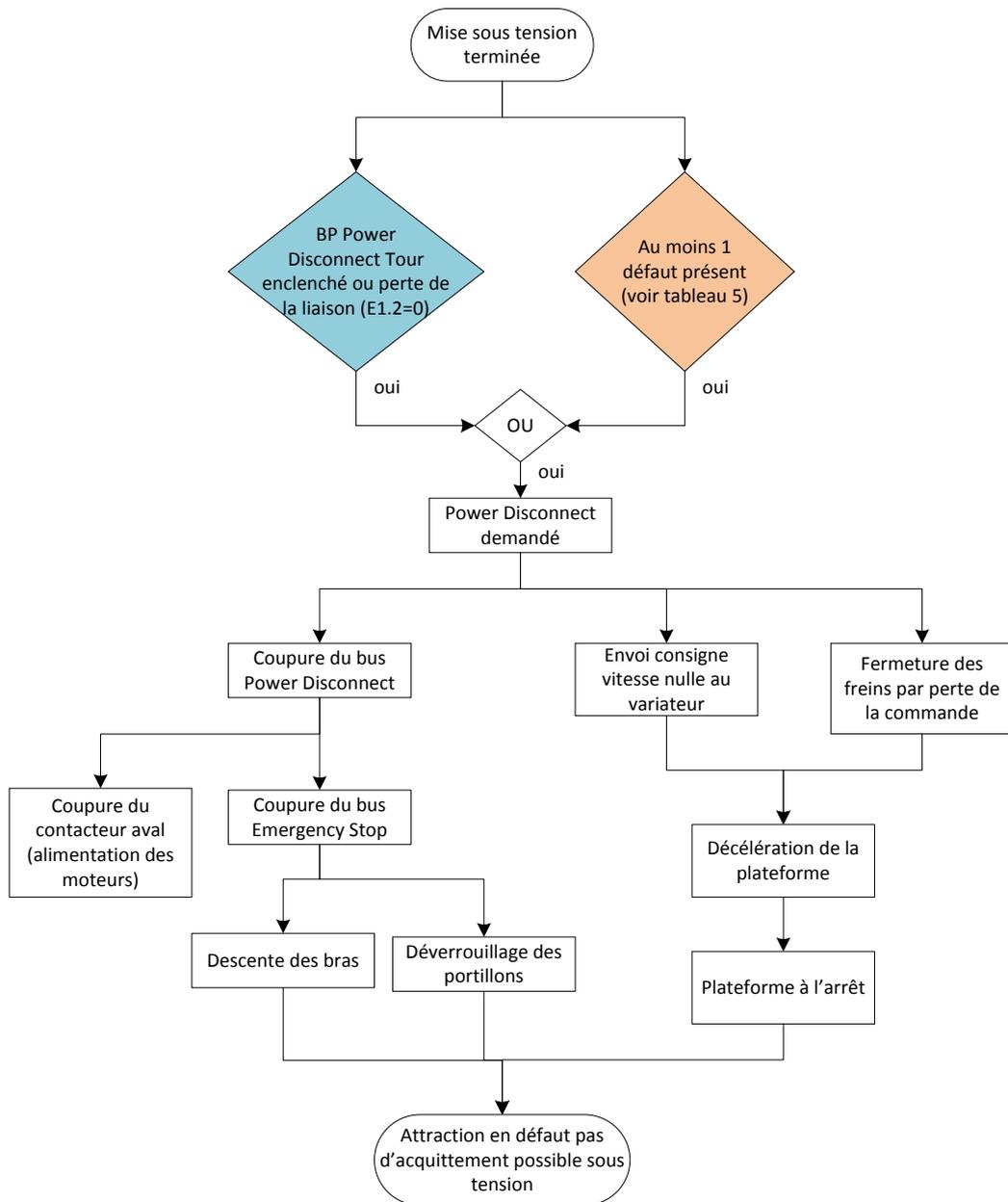


Figure 17 : Demande de Power Disconnect

La mise hors tension s’effectue par le bus control avec le relais KAPD vu lors de la mise sous tension (Figure 11)

Contrairement à une demande d’arrêt d’urgence, on s’assure de l’interruption de l’entraînement par coupure de l’alimentation des moteurs. De plus, les freins ne sont pas temporisés, mais s’appliquent directement. Cela est dû à leur raccordement sur une carte de sortie alimentée par le bus Power Disconnect.

II.7. Conclusion de l'analyse fonctionnelle

Cette analyse bien que non exhaustive, peut être un outil pour comprendre l'origine d'une défaillance, et sera ajoutée au document de spécification interne à l'entreprise après intégration des modifications prévues. De cette manière, les futurs intervenants de l'attraction (opérateurs, techniciens, ou ingénieurs) pourront s'appuyer sur ce document pour expliquer le comportement de l'installation. Ceci participe à l'objectif de facilitation des dépannages et modifications, pouvant intervenir durant toute la vie de l'attraction.

Certains dysfonctionnements ont par ailleurs pu être mis en évidence comparativement à ce qui est demandé dans les textes officiels. Cependant, cette analyse n'est pas exhaustive et une étude approfondie doit être menée. Le détail de l'ensemble des points discordants sera évoqué dans le chapitre suivant (Partie III).

III. Les limites du système

En s'appuyant sur l'ensemble des textes de référence, ainsi que sur l'analyse fonctionnelle réalisée, il a été possible de répertorier l'ensemble des points nécessitant des évolutions techniques. Ceux-ci sont regroupés dans cette partie qui définit les modifications prévues dans ce projet.

A cela viendront s'ajouter les demandes particulières des services intervenants sur l'attraction. Elles feront l'objet d'une étude particulière pour vérifier la possibilité d'implantation sans engendrer de conséquences sur le fonctionnement.

Pour répondre à ces différentes problématiques, cette partie sera décomposée de la manière suivante. Dans un premier temps, l'aspect normatif sera évoqué (partie III.1). Celui-ci est primordial car il reste une obligation légale pour la poursuite de l'exploitation de l'attraction. Par la suite, les conditions de travail des différentes équipes seront abordées : pour les opérateurs (partie III.2), et les équipes de maintenance (partie III.2.3). Les demandes spécifiques seront traitées dans ces paragraphes. Enfin, la question du besoin de remplacement de certains équipements majeurs sera soulevée (partie III.3).

III.1. Les exigences normatives

Lors de l'analyse fonctionnelle, certains écarts aux attentes normatives ont été relevés (voir Partie II). De nombreux textes doivent être respectés pour ce type d'installation (voir Partie I.4). Ce paragraphe synthétise les différences entre le fonctionnement actuel et le celui qui est attendu par les autorités.

III.1.1. Les arrêts principaux

Il convient tout d'abord de traiter les fonctions d'arrêt de l'attraction, car elles assurent une grande partie de la sécurité des visiteurs.

L'installation actuelle respecte les conditions de la norme NF EN 60204-1 relatives à la sécurité des machines. L'arrêt d'urgence, ainsi que le power disconnect sont des arrêts de catégorie 0 et sont prioritaires sur toutes les autres commandes quel que soit le mode de fonctionnement [6]. Le raccordement de ces arrêts est redondant (voir partie II.6).

Cependant, une modification est nécessaire pour se conformer à la norme NF EN ISO 13850. En effet, la fonction doit être conçue de sorte qu'après actionnement du dispositif d'arrêt d'urgence, les mouvements de la machine soient arrêtés de façon appropriée, sans générer de phénomènes dangereux [8]. Or, l'analyse fonctionnelle (partie II.6.1) a montré que le mouvement des bras n'était pas stoppé. Ceci génère un risque d'écrasement si quelqu'un se trouve en-dessous des navettes (Exemple : un visiteur ayant enjambé la barrière).

III.1.2. Les vérifications de fonctionnement

Conformément aux textes de référence [17, p. 126], les opérateurs doivent s'assurer que chacun des dispositifs fonctionnent avant toute ouverture au public. Actuellement cette vérification est faite à l'aide d'un document rempli chaque matin (check-list d'ouverture). Celui-ci comprend notamment la vérification des portillons de sécurité d'entrée et de sortie de l'attraction.

Une erreur humaine pouvant être commise lors des procédures d'ouverture, une redondance de cette vérification s'impose. Celle-ci empêchera l'accueil des visiteurs si l'ensemble des conditions de sécurité n'est pas rempli.

III.1.3. Les manœuvres en mode maintenance

Lors de vérifications périodiques effectuées par les équipes de maintenance, l'attraction n'est pas soumise aux mêmes conditions de sécurité. Cependant, les techniciens ne doivent pas être pour autant mis en danger.

Le contenu de la NF EN 60204-1 indique notamment : « la protection doit être assurée par [...] la mise en marche du mouvement par un appareil de commande nécessitant une action maintenue » [6, Chap. 9].

Il est donc primordial qu'aucun équipement ne puisse être mis en mouvement sans une surveillance constante d'un technicien de maintenance. Or la partie II.5 a mis en évidence des lacunes concernant ces dispositions. Notamment pour la « validation joystick » qui est validée par une absence d'action et non par une demande explicite du technicien.

III.1.4. Conclusion sur les normes

Dans ce paragraphe, tous les écarts à la norme ont été relevés. Ceux-ci devront être corrigés pour se conformer à la loi, mais également pour assurer la sécurité de l'ensemble des intervenants de l'attraction. Il n'est cependant pas possible de prévenir toutes les situations pouvant se dérouler sur l'attraction. Notamment le facteur humain, bien que pris en considération, il ne peut être totalement maîtrisé. Par conséquent, s'assurer que les différents opérateurs soient alertes et attentifs à leurs tâches est essentiel. Faciliter la concentration des opérateurs et des techniciens sur leur travail peut être obtenu avec un environnement adapté et ergonomique. Ce sera l'objet des parties suivantes III.2 et III.3.

III.2. L'environnement de travail

Les opérateurs sont garants de la sécurité des visiteurs durant toute la durée d'ouverture du parc. Ils doivent être attentifs aux comportements des visiteurs afin de prévenir les situations dangereuses pouvant se produire. Il convient de créer un environnement intuitif et ergonomique pour faciliter l'utilisation de l'attraction et permettre de se focaliser sur leurs autres missions.

De même, les techniciens en charge de l'entretien des installations et du dépannage en journée doivent pouvoir intervenir en toute sécurité et optimiser le temps de diagnostic et de remise en service.

III.2.1. Le design général de la console

L'outil principal des opérateurs est la console de commande principale. Cette console ne respecte plus les exigences normatives de ce type d'équipement. En effet, l'information des opérateurs en cas de défaillances n'est pas suffisante [17]. De plus, la disposition de la console actuelle n'est pas ergonomiquement optimale [6]. Sur la figure suivante (Figure 18), plusieurs incohérences d'organisation peuvent être relevées.

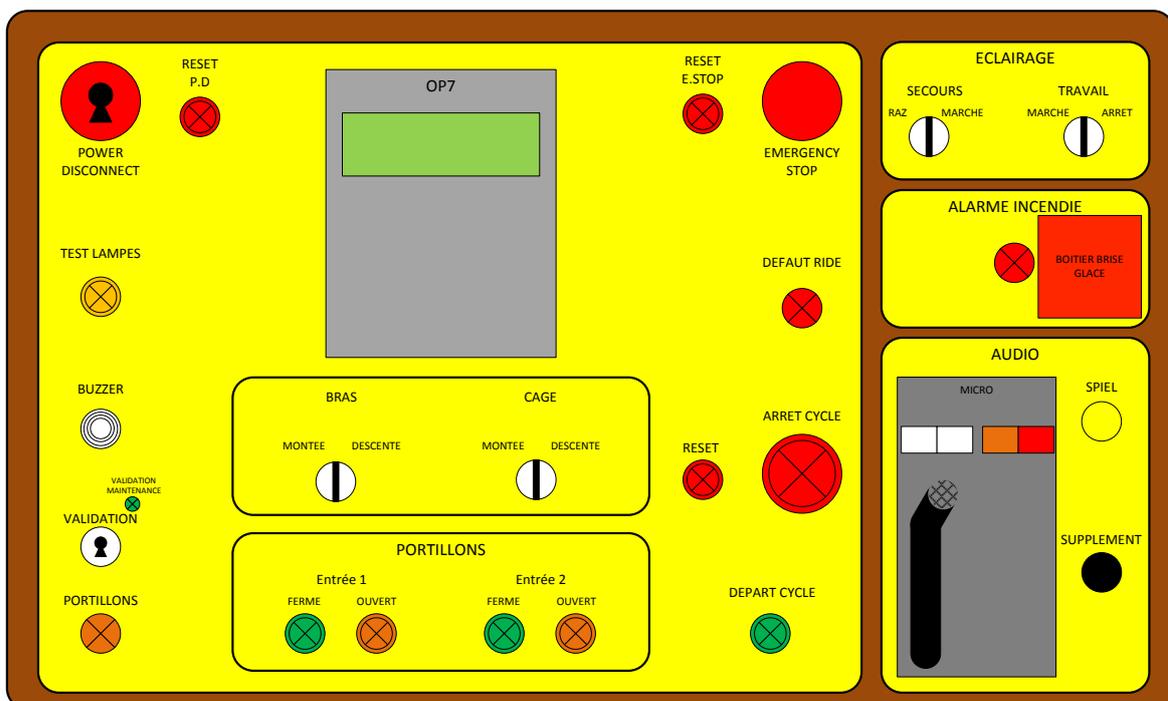


Figure 18 : Design de la console principale actuelle

Tout d'abord, il n'y a pas de distinction claire entre les commandes d'exploitation et de maintenance : les boutons et voyants sont mélangés. Ensuite, des boutons se retrouvent de l'autre côté du micro, ce qui ne facilite pas leur utilisation. De plus, il y a trop de voyants pour signaler l'état des portillons, ce qui peut entraîner des confusions : voyant ouvert/fermé pour chacun et un voyant général quand les deux portillons sont verrouillés. Enfin, l'interface OP7 présente une zone d'affichage très réduite, et aucun historique de messages d'erreur. Chaque nouveau message remplace le précédent, et une demande d'acquiescement (pour couper l'alarme buzzer) fait disparaître le message.

III.2.2. L'exploitation journalière

L'exploitation journalière comprend l'ensemble des actions répétitives pour réaliser un cycle de l'attraction. Cela implique l'accueil des visiteurs, la période d'embarquement, le lancement du cycle, le débarquement, et la sortie.

La norme NF EN 13814[17, p. 126] instaure que « l'opérateur [...] doit effectuer une surveillance pendant toute la durée du tour de manège ». Il doit également exister « un système de signalisation clair et positif entre les opérateurs et les assistants ».

Cependant, les positions actuelles des opérateurs ne permettent pas d'avoir une vision globale de l'attraction (Figure 19). De plus, le départ du cycle est validé par un signe gestuel de l'opérateur (Figure 20).

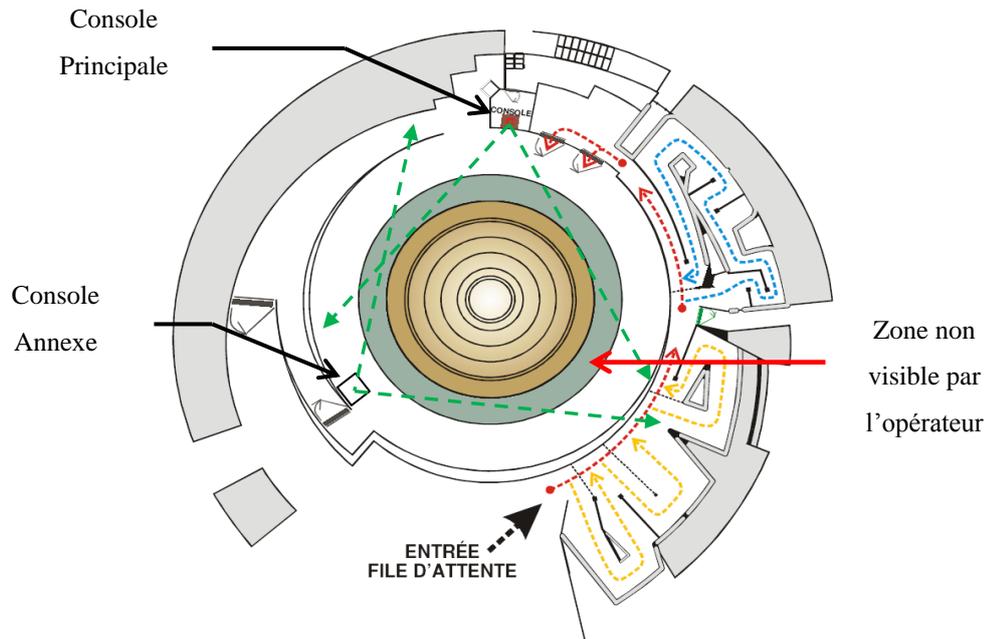


Figure 19 : Vue du dessus de l'attraction

Les champs de visions réunis des deux opérateurs génèrent une zone d'absence de visibilité dans laquelle une situation pourrait se produire sans qu'ils n'en soient informés.



Figure 20 : Signe gestuel de validation

Outre la mauvaise interprétation qui pourrait être faite avec un geste de l'opérateur, cette position n'est en rien ergonomique et un autre moyen de signalisation doit être trouvé.

III.2.3. Les interventions des techniciens

Des techniciens de maintenance sont également amenés à utiliser le matériel lors d'interventions de dépannage ou d'entretien périodique. Lorsque l'attraction présente des défaillances techniques ou d'un autre ordre empêchant l'exploitation, les équipes de maintenance doivent intervenir. La durée de dépannage est directement indexée sur les informations fournies par les opérateurs, ainsi que sur la précision du dispositif de messagerie.

Le paragraphe III.2.1 a mis en évidence les lacunes du système d'informations actuel, notamment l'effacement des messages, ou l'impossibilité de remonter au message d'erreur originel. Pour pallier à cette problématique, une messagerie avec historique a été installée sur l'attraction (lors d'une précédente rénovation). Cependant, celle-ci se trouve dans les locaux techniques sous l'attraction, ce qui la rend peu pratique d'accès, allongeant ainsi le temps d'intervention.

Faciliter l'accès aux informations d'état des équipements, ainsi qu'aux messages d'avertissements et d'erreurs permettrait de soulager le travail des techniciens. Cela aurait un impact direct sur la satisfaction des clients en réduisant le temps d'attente.

III.2.4. Conclusion sur l'environnement de travail

Les principales modifications portent sur les interfaces hommes-machine de l'attraction. Une nouvelle étude complète de la disposition des commandes et du moyen de communication entre les opérateurs sera menée dans la partie IV. Celle-ci prendra en compte les contraintes d'exploitation et facilitera le travail des opérateurs.

Ces étapes d'amélioration auront un impact sur les équipements présents sur l'attraction. Il convient donc de s'interroger sur les capacités des matériels à répondre aux nouvelles fonctions qui seront implémentées.

III.3. La modernisation des outils

L'objet de ce paragraphe est d'étudier si la conservation de certains équipements est justifiée, ou si au contraire un remplacement doit être prévu. Cette réflexion s'articule principalement autour de l'automate programmable industriel et du variateur.

III.3.1. L'automate

Le fonctionnement global de l'attraction est assuré par un API associé à un bus control (voir partie I.3). La capacité du processeur est-elle suffisante pour les évolutions prévues ? Doit-on considérer son remplacement pour un nouveau modèle ?

Pour répondre à ces questions, il a tout d'abord fallu vérifier, auprès du fabricant, que le modèle utilisé n'était pas obsolète et avait conservé ses certifications normatives. Une fois cette information validée, les points suivants peuvent être abordés.

III.3.1.1. Caractéristiques de l'automate

Tout d'abord il faut aborder la question de la gestion de la mémoire du processeur. Quelle est sa limite, et la modification du programme engendre-t-elle un dépassement de cette limite ?

La taille des mnémoniques est donnée par la combinaison parmi tous les types de variables possibles. Le Tableau 6 établit la correspondance entre l'objet et la taille occupée dans la mémoire [15].

Tableau 6 : Taille des différents mnémoniques

Objet	Description	Intervalle de valeurs	Taille (bit)
BOOL	Booléen	TRUE/FALSE	1
BYTE	Nombre hexadécimal	B#16#0 à B#16#FF	8
WORD	Nombre binaire	2#0 à 2#1111_1111_1111_1111	16
	Nombre hexadécimal	B#16#0 à B#16#FFFF	
DWORD	Nombre binaire	2#0 à 2#1111_1111_1111_1111_1111_1111_1111_1111	32
	Nombre hexadécimal	B#16#0000_0000 à B#16#FFFF_FFFF	
INT	Nombre décimal signé	-32768 à 32767	16
TIMER	Durée par pas de 1ms au format entier signé	T#24D_20H_31M_23S_648MS à T#24D_20H_31M_23S_647MS	32
S5TIME	Durée par pas de 10ms	S5T#0H_0M_0S_10MS à S5T#2H_46M_30S_0MS et S5T#0H_0M_0S_0MS	16

Avec cette base de calcul, il est possible de calculer la place occupée par les variables dans la CPU.

Tableau 7 : Utilisation actuelle de la CPU

Nom	Nombre/Taille	Nombre/Taille Maximum autorisé
Mnémoniques	3518 bit	2048 octets (16 384 bit)
Bloc d'organisation (OB) <i>Contient la séquence du cycle automate</i>	7	16
Bloc fonctionnel (FB) <i>Fonction avec mémoire des données locales</i>	1	Nombre total maximal 1024
Fonction (FC) <i>Fonction ne gardant pas la mémoire des données locales</i>	19	
Blocs de données (DB) <i>Tableaux de données contenant les variables du programme</i>	9	
Entrées TOR <i>Entrée Physique Tout Ou Rien</i>	98 utilisées	16 384
Sorties TOR <i>Sortie Physique Tout Ou Rien</i>	45 utilisées	16 384

L'utilisation faite dans l'attraction est très inférieure à la capacité totale de la CPU (voir Tableau 7). Il reste cependant à vérifier le temps de cycle et de réaction pour s'assurer que la norme est respectée.

III.3.1.2. Le temps cycle automate

Le temps cycle de l'automate fait référence à la durée séparant le lancement du bloc (OB1) d'initiation du programme. Il est dépendant de l'exécution du programme, mais également du nombre de périphériques raccordés, et de la quantité de données à traiter. L'exécution du programme étant séquentielle, le cycle détermine le temps de réaction des fonctions implantées dans le programme.

Le calcul se fait de la manière suivante [26] [33]:

- Prendre le temps d'exécution du programme (visible dans Step 7)
- Multiplier par le facteur d'allongement (constante propre à la CPU)
- Ajouter le temps de transfert de la mémoire image (à déterminer)
- Ajouter le traitement au point de contrôle du cycle (constante)
- Multiplier par le facteur de communication (fixé par l'utilisateur)
- Ajouter les alarmes (dépendant du nombre d'alarme)
- Multiplier par le facteur d'allongement à nouveau

Calcul du temps de transfert de la mémoire image :

$$T_{mem} = K + N_{oc} + N_{oE/S} + N_{mP}$$

Avec :

- K : charge de base 100 μs
- N_{oc} : Nombre octet dans le châssis $\left(\frac{\text{nombre de bit de mnémoniques}}{8} \times 37 \mu s\right)$
- $N_{oE/S}$: Nombre d'octet des cartes Entrées/Sorties (7 cartes de 4 octets chacune) $\times 47 \mu s$
- N_{mP} : Nombre de mot sur le Profibus $\times 2.5 \mu s$

Un mot en Profibus correspond à une trame, chaque trame peut contenir entre 0 et 246 octets. Il faut donc calculer le nombre d'octet transféré entre la CPU et les deux périphériques (le variateur et l'interface).

Tableau 8 : Temps de transfert de la mémoire image

Variables	Utilisation par le programme
K	100 μs
N_{oc}	$\frac{3518}{8} \times 37 = 16\,280 \mu s$
$N_{oE/S}$	$4 \times 7 \times 47 = 1\,316 \mu s$
N_{mP}	Variateur : 2 octet = 1 mot Interface : 30 octet = 1 mot Total : 5 μs
Résultats	17 701 μs

Afin de compiler l'ensemble des résultats, les valeurs sont regroupées dans le Tableau 9

Tableau 9 : Comparatif du temps de cycle Automate

Paramètre	Programme actuel	Programme modifié (Livrable du projet)
Temps d'exécution du programme (indiqué dans Step 7)	< 1ms	1 ms
Facteur d'allongement (propre à la CPU)	1.10	1.10
Transfert de la mémoire image	17,701 ms	14,445 ms
Traitement au point de contrôle du cycle	0,5 ms	0,5 ms
Facteur de communication	20% soit 1,25	20% soit 1,25
Alarmes	2,1 ms	2,1 ms
Résultats	26 ms	23 ms

Le temps de cycle de l'automate n'est pas augmenté suite à l'implantation des nouvelles commandes. Il est même possible que celui-ci diminue (sous réserve de l'imprécision des calculs). L'impact sur la gestion des fonctions de sécurité assurée par la CPU est nul. En conséquence, le changement de matériel n'est pas nécessaire.

III.3.1.3. Le temps de réaction de l'automate

Le temps de réaction est une variable approximative, car changeante d'un cycle à l'autre. Le calcul exact ne pourra en être fait. Cependant, il peut être encadré par un temps de réaction minimal et maximal. Ces valeurs sont présentées dans ce paragraphe.

Le mode de calcul des temps de réaction est donné par le Tableau 10.

Tableau 10 : Temps de réaction de l'automate

Étapes de calcul	Temps de réaction le plus court	Temps de réaction le plus long
1	Néant	Multiplier le temps de cycle réel par 2
2	Intégrer le retard des entrées et des sorties (mémoire image)	Intégrer le retard des entrées et des sorties (mémoire image) et les temps de cycle DP sur Profibus DP
3	Résultat du temps de réaction le plus court	Résultat du temps de réaction le plus long

La mise en application des formules ci-dessus donne les intervalles suivant (plus court-plus long) :

- Plus court : 196,29 ms
- Plus long : 375,38ms

La valeur maximale est en dessous de ce qui est attendu dans la norme EN 13855 qui définit le temps de réaction en fonction de la distance au phénomène dangereux [9].

III.3.1.4. Conclusion sur l'automate

Le processeur actuel présent dans l'attraction est capable de répondre aux exigences du nouveau système prévu. Il n'est donc pas nécessaire de prévoir son remplacement dans le financement du projet.

Cependant, le processeur ne s'occupe que de la partie commande de l'installation. Le mouvement est assuré par le variateur de vitesse qui pilote les moteurs.

III.3.2. Le variateur

Le variateur assure la mise en mouvement de l'attraction. Il assure l'asservissement de la vitesse en fonction de la consigne transmise par l'automate et réalise certains diagnostics qui sont renvoyés à l'automate. Comme pour l'automate, il s'agit de déterminer si cet équipement répond toujours aux exigences ou s'il doit être remplacé.

La vitesse et l'accélération des attractions sont régies par un standard Disney [24], lui-même s'appuyant sur une norme internationale [31]. Celle-ci définit les accélérations et décélérations maximales en fonction du type d'attraction et du dispositif de retenue des visiteurs. Dans le cas présent, le système de retenue étant une simple ceinture non verrouillée automatiquement, les restrictions sont les plus importantes. Les valeurs limites pour le type d'attraction considéré sont présentées dans le Tableau 11.

Tableau 11 : Valeurs normatives d'accélération

Type de mouvement	En pic	Entre 0 et 2s	Entre 2s et 4s	Au-delà
Accélération	$\leq 2,5 g$	$\leq 2,5 g$	$\leq 2,5 g$	$\leq 2 g$
Décélération	$\leq -1,5 g$	$\leq -1,2 g$	$\leq -0,7 g$	$\leq -0,7 g$

La présente étude sera menée sur la vitesse de rotation de la plateforme ainsi que de son accélération instantanée. Le but étant ici de vérifier si la consigne actuelle respecte la norme, mais également si la commande choisie pour le variateur est adaptée pour l'application.

Afin de calculer la vitesse de l'attraction, des essais ont été réalisés sur les équipements. La vitesse du moteur est estimée en temps réel par le variateur, celle-ci a été récupérée pour faire les calculs.

III.3.2.1. L'unité d'entraînement

Tout d'abord, il convient d'étudier le système permettant la mise en mouvement de l'attraction. L'effort est réparti sur six unités d'entraînement identique (Figure 21).

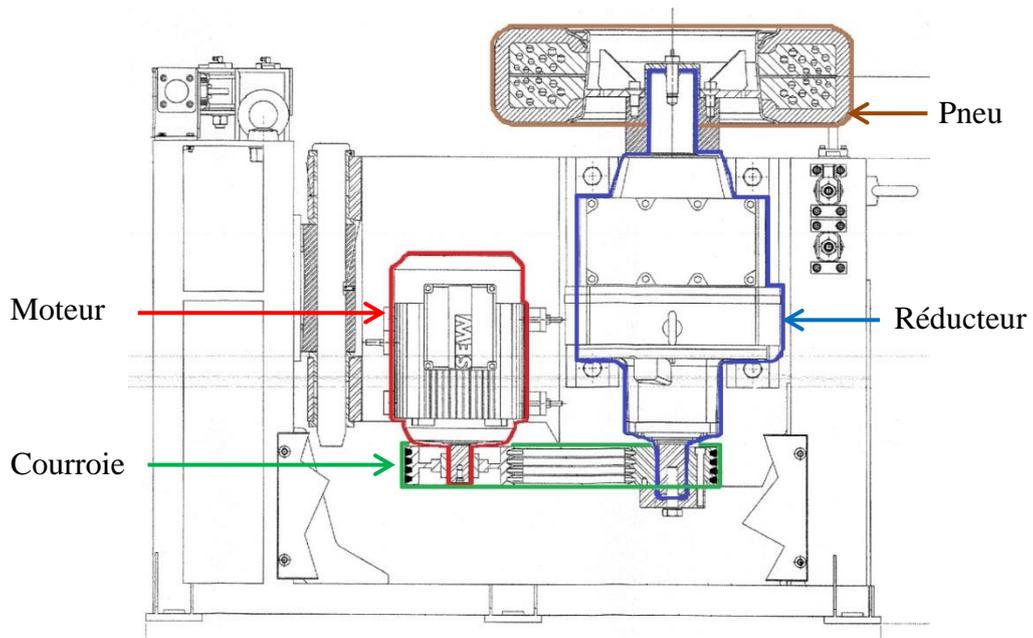


Figure 21 : Schéma de l'unité d'entraînement

Cette unité se compose des éléments suivants :

- Un moteur asynchrone triphasé
- Un réducteur
- Un pneu venant s'appuyer sur la couronne de la plateforme (voir Figure 22).

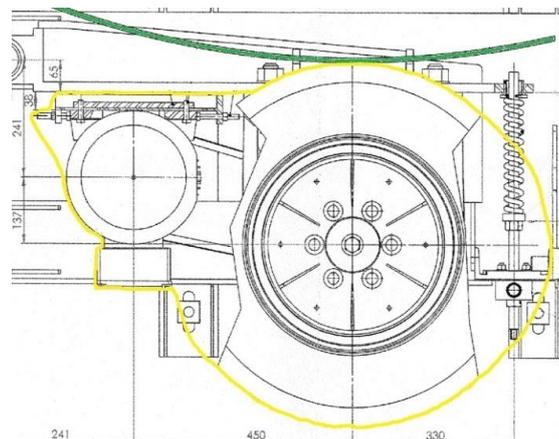


Figure 22 : Pneu en appui sur la couronne

Le pneu est en contact direct avec la couronne faisant le tour de la plateforme de l'attraction. Lorsque le moteur tourne, le pneu entraîne la plateforme et lui donne son mouvement de rotation. A présent que le mécanisme d'entraînement est décomposé, le calcul de la vitesse est possible.

III.3.2.2. Le calcul de vitesse

Pour obtenir la vitesse de l'attraction, il faut faire correspondre la vitesse du moteur avec celle de la roue entraînée, puis avec celle de la couronne. Pour réaliser ces opérations, les données d'entrées du Tableau 12 sont utilisées.

Tableau 12 : Caractéristiques de l'attraction

Descriptif	Valeurs
Diamètre de la couronne	3600 mm
Diamètre de la roue	812.8 mm
Rapport de réduction	27.48

Détails du calcul :

- Nombre de tour de Roue pour un tour de la couronne :

$$Nb_{tr_roue} = \frac{\text{périmètre couronne}}{\text{périmètre de la roue}} = \frac{2 \times \pi \times \frac{3600}{2}}{2 \times \pi \times \frac{3600}{2}} = 4,43$$

- Vitesse de la roue (en tr/min) :

$$Vit_{roue} = \frac{\text{vitesse du moteur}}{\text{rapport de réduction}} = \frac{Vit_{var}}{27,48}$$

Avec V et V_r les vecteurs des valeurs de vitesse respectivement, du moteur et de la roue.

- Vitesse du plateau (en tour/min) :

$$Vit_{plat} = \frac{Vit_{roue}}{Nb_{tr_roue}}$$

- Vitesse du plateau (en m/s) :

$$Vit_{ms} = \frac{Vit_{plat} \times \text{périmètre couronne}}{60 \times 1000}$$

Les calculs sont réalisés à l'aide d'un script Matlab (le script est visible à l'annexe 1 du présent document)

Les résultats obtenus sont regroupés dans la Figure 23 ci-dessous qui présente la vitesse instantanée du plateau en fonction du temps. L'essai a été réalisé pour une durée de cycle de 1 min 30s, soit 90s.

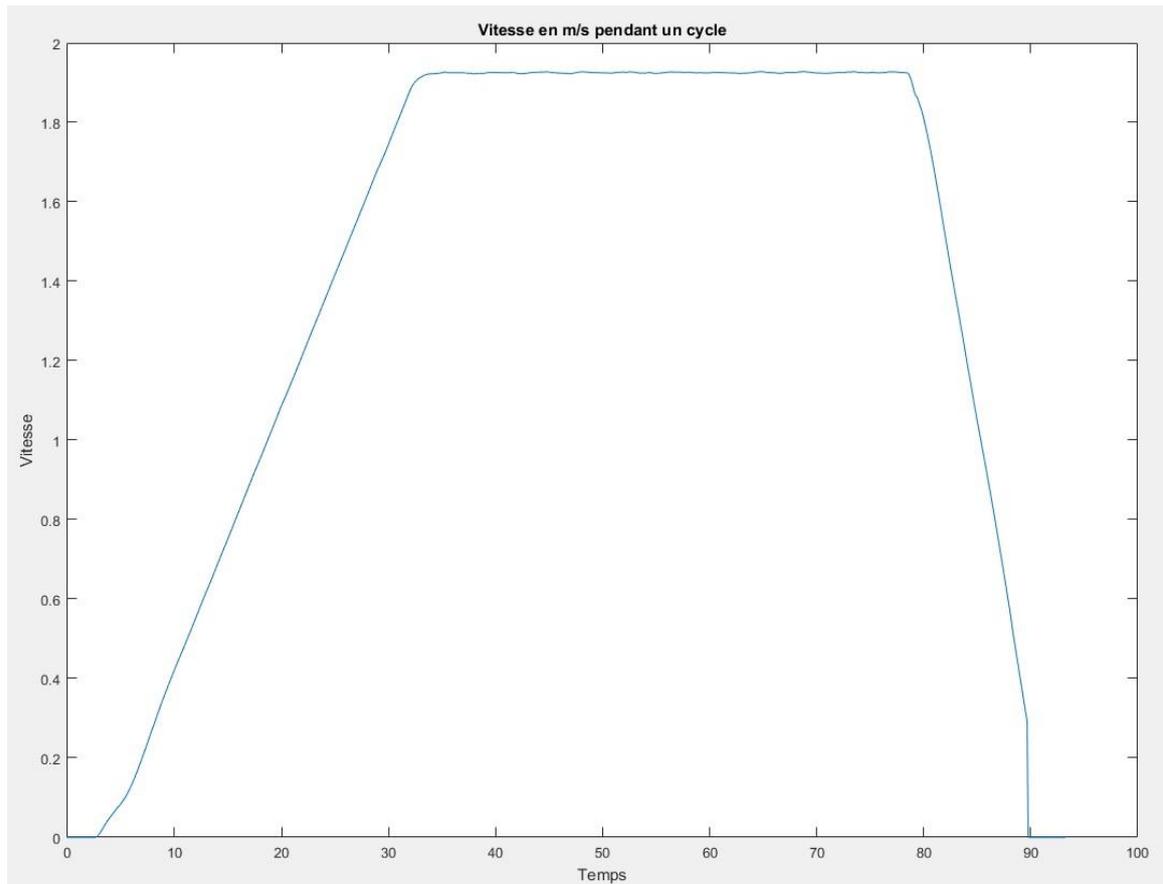


Figure 23 : Vitesse instantanée du plateau pendant un cycle

On retrouve la courbe présentée dans la Figure 5 (partie.3.3), à savoir une rampe d'accélération, puis une vitesse constante, et enfin une rampe de décélération.

A partir de cette vitesse, il est possible de déterminer l'accélération instantanée de l'attraction qui fait l'objet de restrictions définies dans les textes officiels.

III.3.2.3. Le calcul de l'accélération

En utilisant les valeurs obtenues pour les vitesses dans une simulation, il est possible de trouver l'accélération instantanée du plateau et ainsi, de le comparer aux exigences normatives. Cette estimation est réalisée à l'aide de Simulink. L'accélération étant la dérivée de la vitesse, les données du vecteur vitesse sont dérivées pour obtenir l'accélération.

Par la suite, un facteur $\frac{1}{9,81}$ est appliqué pour convertir le résultat des m/s² en g.

Les résultats obtenus sont utilisés pour tracer un graphique de l'accélération en fonction du temps (Figure 24).

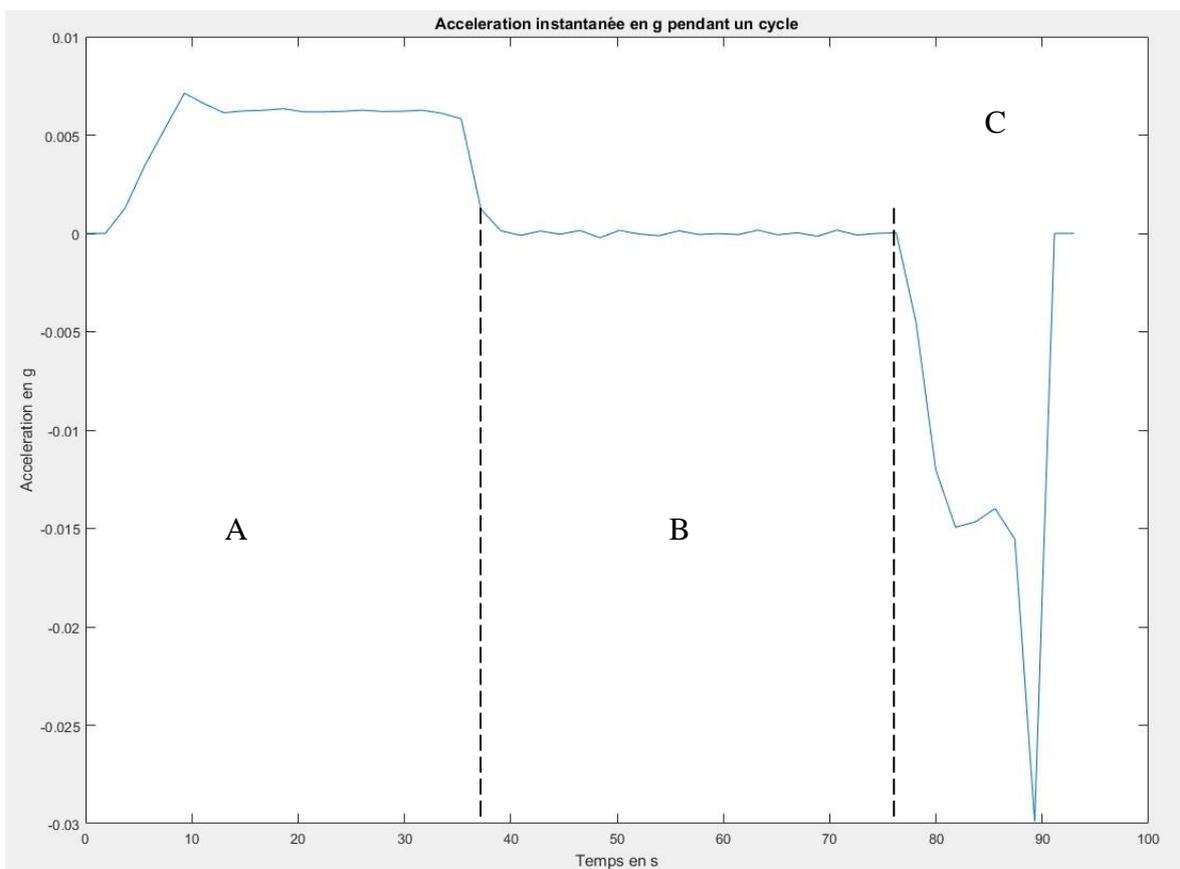


Figure 24 : Accélération instantanée du plateau pendant un cycle

La courbe peut être découpée en trois phases d'accélération :

- A : Positive pour la mise en mouvement de l'attraction.
- B : Nulle, car la vitesse est constante.
- C : Négative pour la décélération.

Tableau 13 : Valeur d'accélération de l'attraction

Type de mouvement	En pic	Entre 0 et 2s	Entre 2s et 4s	Au-delà
Accélération	0.0075 <i>g</i>	0.005 <i>g</i>	0.006 <i>g</i>	0.006 <i>g</i>
Décélération	-0.015 <i>g</i>	-0.015 <i>g</i>	-0.03 <i>g</i>	-0.03 <i>g</i>

Les valeurs remarquables du graphique sont résumées dans le Tableau 13 et seront comparées avec les valeurs limites autorisées.

III.3.2.4. Conclusion sur le variateur

Dans la même idée que pour le processeur, l'état d'obsolescence du variateur a été évoqué avec le fabricant. Le matériel étant toujours disponible, son remplacement n'est pas à inclure dans le projet.

Le second point était la vérification de la consigne de vitesse envoyée par rapport aux exigences officielles. Le Tableau 14 regroupe les exigences et les valeurs trouvées lors de l'étude.

Tableau 14 : Comparatif des valeurs d'accélération

Type de mouvement	En pic	Entre 0 et 2s	Entre 2s et 4s	Au-delà
Accélération (attraction)	0.0075 <i>g</i>	0.005 <i>g</i>	0.006 <i>g</i>	0.006 <i>g</i>
Accélération (norme)	≤ 2,5 <i>g</i>	≤ 2,5 <i>g</i>	≤ 2,5 <i>g</i>	≤ 2 <i>g</i>
Décélération (attraction)	-0.015 <i>g</i>	-0.015 <i>g</i>	-0.03 <i>g</i>	-0.03 <i>g</i>
Décélération (norme)	≤ -1,5 <i>g</i>	≤ -1,2 <i>g</i>	≤ -0,7 <i>g</i>	≤ -0,7 <i>g</i>

Les valeurs trouvées sont très inférieures aux préconisations normatives pour ce type d'attraction. La consigne respecte donc les exigences et sera conservée en l'état.

III.4. Conclusion sur les limites du système

L'objectif de cette partie était de référencer l'ensemble des évolutions nécessaires sur l'attraction et qu'il faut inclure dans le projet. Suite à cette étude, j'ai pu déterminer que le remplacement du processeur ne serait pas nécessaire, et que la gestion de la vitesse de l'attraction répondait aux exigences.

Néanmoins, d'autres points demandent une action pour la mise en conformité de l'attraction. C'est notamment le cas pour la gestion des arrêts de l'attraction, ainsi que pour les interfaces de commande.

Il s'agit donc de trouver les solutions adaptées pour répondre à ces problématiques et ainsi améliorer la sécurité et le fonctionnement de l'attraction.

IV. *Les solutions apportées*

Les limites du projet ayant été définies avec plus de précisions, et les différentes problématiques identifiées, nous pouvons nous intéresser à leurs résolutions. Dans ce chapitre, sont regroupées l'ensemble des améliorations que j'ai décidées de mettre en place pour répondre à tous les sujets évoqués.

Ce chapitre sera organisé autour des axes principaux de modifications. Dans un premier temps (partie IV.1), la sécurité de l'attraction sera évoquée avec la modification de ses fonctions. Par la suite (partie IV.2), l'évolution des interfaces homme-machine sera présentée, avec notamment les nouvelles consoles de commande. Enfin, une approche plus détaillée sera faite sur la fonction d'indexage qui permettra une surveillance du fonctionnement de l'attraction (partie IV.3).

IV.1. Améliorer la gestion de la sécurité

Dans le chapitre III, certaines situations présentant un risque ont été identifiées. Celles-ci sont traitées dans les paragraphes suivants qui apportent les solutions aux problèmes posés.

IV.1.1. Prévenir les mouvements indésirables

Le paragraphe III.1.1 a mis en évidence un risque lors de l'utilisation du bouton d'arrêt d'urgence. En effet, la fonction doit être conçue de sorte qu'après avoir actionné le dispositif d'arrêt d'urgence, les mouvements de la machine sont arrêtés de façon appropriée, sans générer de phénomènes dangereux [8]. Or, l'analyse fonctionnelle (partie II.6.1) a montré que le mouvement des bras n'était pas stoppé. Ce mouvement est dû à une perte de commande sur les actionneurs des bras, liée à la coupure de l'alimentation du bus *Emergency Stop*.

La solution choisie consiste à maintenir le pilotage de la sortie automate malgré une coupure de l'alimentation du bus *Emergency Stop*. Cependant, il faut pouvoir conserver la possibilité de faire descendre les bras par un organe de coupure supérieur. Par conséquent, cette commande sera déportée du bus *Emergency Stop* au bus *Power Disconnect* permettant le maintien en cas d'appui sur l'arrêt d'urgence, mais une coupure par la mise hors tension de l'attraction. Cette action est résumée par le Tableau 15

Tableau 15 : Sortie automate CHBA déplacée

Fonction	Ancienne adresse	Nouvelle adresse
CHBA :	A9.2	A5.0
Maintien des bras en position	(Bus E-Stop)	(Bus Power Disconnect)

IV.1.2. Contrôler les vérifications journalières

Dans le paragraphe III.1.2, la procédure de contrôle des opérateurs a été décrite. Afin de s'assurer que l'attraction ne puisse pas accueillir de visiteurs si ces vérifications ne sont pas effectuées, une modification de la séquence d'ouverture est réalisée.

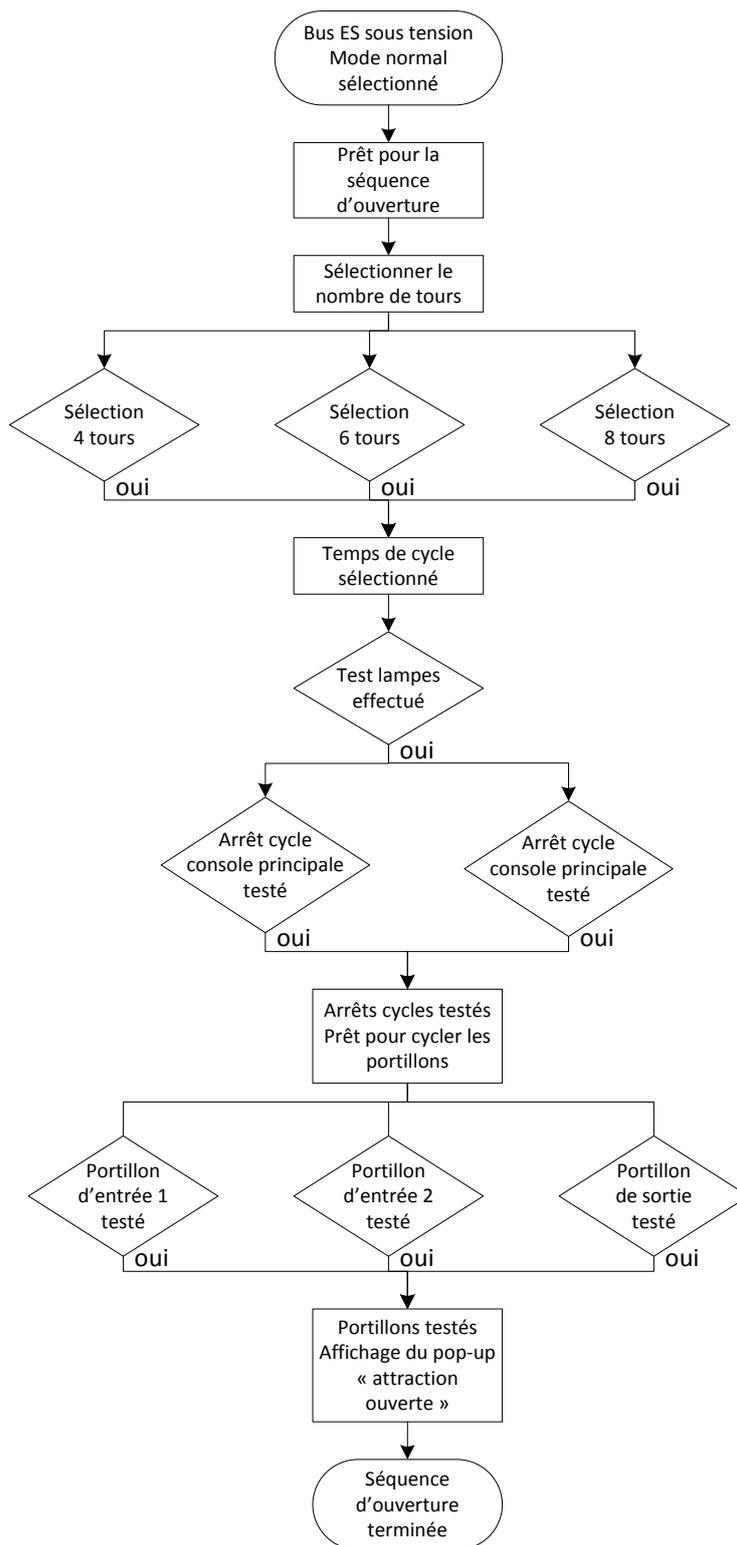


Figure 25 : Diagramme séquence d'ouverture

L'ordre de la séquence d'ouverture a été modifiée (voir Figure 11 pour comparaison). Lorsque le bus emergency stop est sous tension, il est demandé à l'opérateur de choisir le nombre de tours d'un cycle de l'attraction. Celui-ci est modifiable en cours de journée selon les besoins (auparavant, il fallait mettre l'attraction hors tension). La prise en compte du changement s'effectue lorsque l'attraction est à l'arrêt.

Une fois la sélection faite, un test lampes est demandé pour vérifier que tous les voyants présents sur les consoles fonctionnent.

Ensuite, les arrêts cycles devront être testés selon la méthode évoquée au paragraphe (II.3) :

- Enfoncé.
- Relevé.
- Reseté à l'aide d'un bouton poussoir annexe.

Enfin, les portillons seront vérifiés, l'automate doit recevoir les trois états des portillons suivants :

- Ouvert.
- Fermé.
- Verrouillé.

Si toutes les vérifications ont été faites, la séquence d'ouverture se termine, et l'attraction est prête à opérer en mode normal.

IV.1.3. Sécuriser les interventions des techniciens

La commande des équipements en mode maintenance est modifiée pour se conformer aux exigences normatives (voir III.1.3).

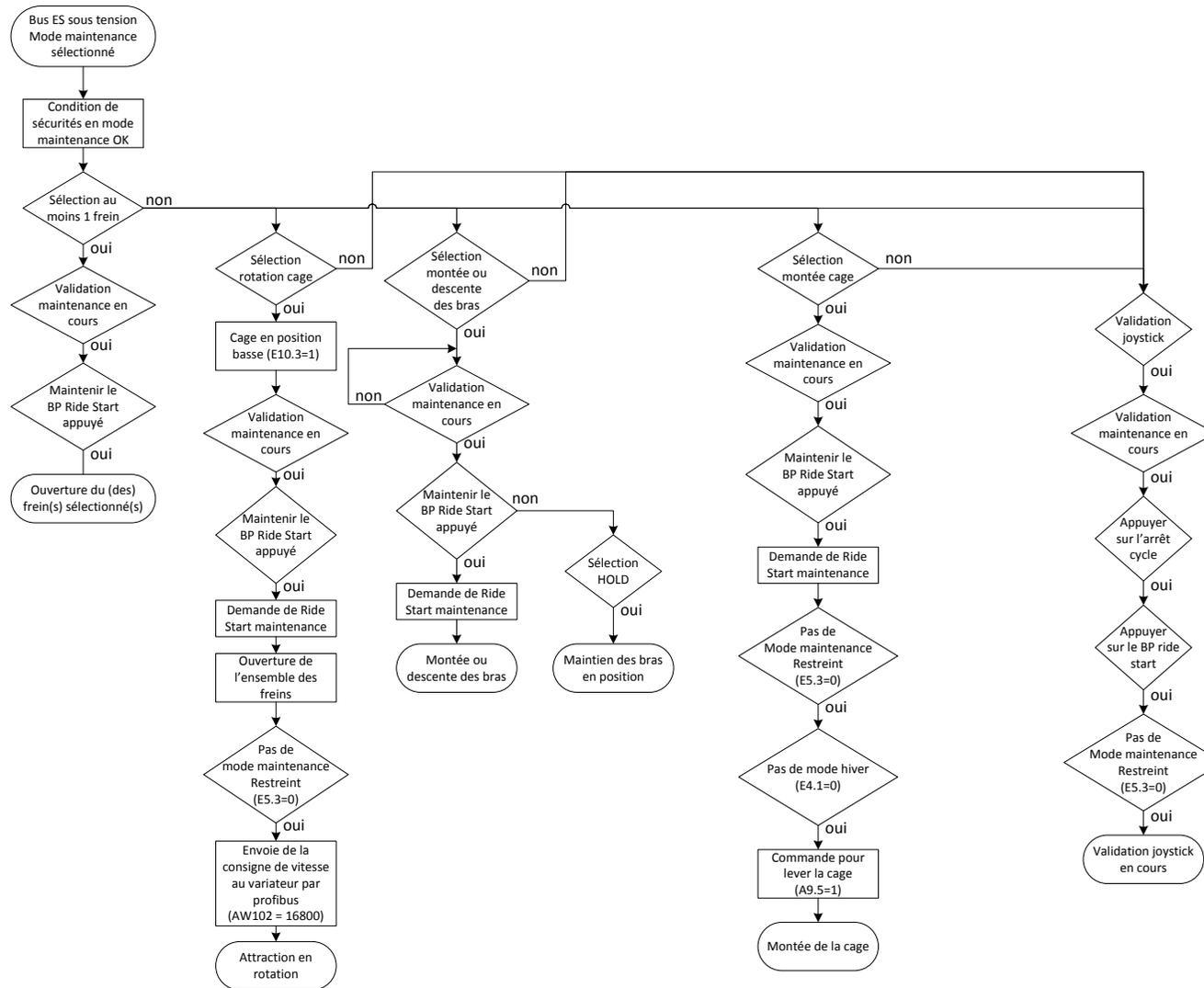


Figure 26 : schéma fonctionnel des commandes maintenance

La mise en mouvement est conditionnée par le maintien du bouton poussoir *Ride Start* quel que soit le choix effectué. Il existe cependant une exception pour la « validation joystick », puisque le technicien doit quitter la console. De ce fait, la sécurité est assurée par l'appui sur l'arrêt cycle qui empêche toute autre action. Par ailleurs, un dispositif de consignation est installé sur ce bouton pour empêcher un reset de la fonction.

La sélection d'au moins 1 frein empêche le démarrage d'un autre équipement. De cette manière, on s'assure de l'immobilisation de la cage lors des vérifications. La mise en rotation de la cage peut être faite par une commande dédiée qui s'assurera de la sécurité de son fonctionnement durant le mouvement (identique au mode normal).

Le cycle normal complet peut être reproduit en choisissant plusieurs équipements simultanément (rotation, montée de la cage et des bras). L'attraction restera en mouvement tant que le technicien restera appuyé sur le « Ride Start ».

Chacun des mouvements est conditionné par l'utilisation du sélecteur « Validation Maintenance » présent sur la console. Une autorisation d'utilisation est alors générée pendant cinq minutes, puis désactivée automatiquement.

Avec ces améliorations, la sécurité des techniciens est assurée pour l'ensemble des travaux d'entretien nécessaires au bon fonctionnement de l'attraction.

IV.2. Créer un environnement ergonomique

IV.2.1. Adapter le design des consoles à l'utilisation

Des problématiques liées à l'ergonomie des postes de travail ont été décrites dans le paragraphe III.2. En conséquence, le remplacement total des consoles est prévu, avec l'installation de nouveaux équipements.

La disposition des différents boutons et voyants sur la console est définie par un standard Disney [22]. Celui-ci reprend les directives de la norme NF EN 60447 avec notamment les exigences suivantes [7, Chap. 4] :

- Priorité dans les commandes.
- Simplification des séquences de mise en œuvre.
- Regroupement des organes de commande selon des principes définis dans la norme.

La disposition doit également tenir compte de la priorité des ordres :

- Plus haut niveau de priorité en haut à gauche.
- Plus bas niveau de priorité en bas à droite.

IV.2.1.1. Création de la nouvelle console principale

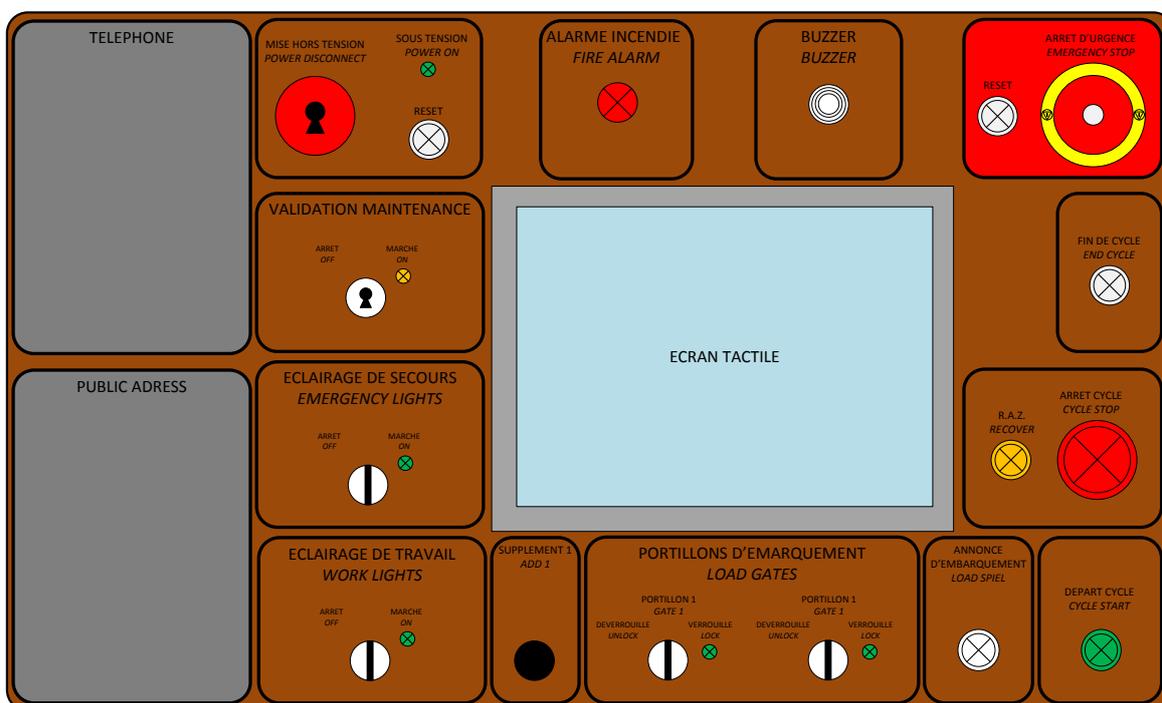


Figure 27 : Design de la nouvelle console principale

La Figure 27 présente le schéma de la nouvelle console prévue dans le projet. Je l'ai réalisé en tenant compte de l'ensemble des exigences applicables.

Conformément à la norme NF EN 60447 et aux standards Disney, les boutons et voyants ont été regroupés selon leurs fonctions, et leur séquence d'utilisation. Par exemple, en opération normale, l'opérateur suit l'enchaînement suivant :

- Bouton « supplément 1 » pour ajouter les visiteurs à accès prioritaire.
- Verrouillage des portillons.
- Lancement de l'annonce d'embarquement.
- Lancement du cycle.

Une fois le cycle lancé, il doit garder la main constamment sur l'arrêt cycle, sa position est donc immédiatement au-dessus du « départ cycle ».

En cas de situation urgente, l'opérateur pourra appuyer sur le coup de poing *Emergency Stop*. Le bouton *Power Disconnect* étant à l'opposé sur la console, il ne peut y avoir de confusion.

Dans la partie gauche sont regroupées les fonctions utilisées lorsque l'attraction n'est pas en opération :

- Eclairages de secours ou de travail.
- L'unique sélecteur dédié à la maintenance.

Certaines fonctions sont transférées sur l'écran tactile et seront détaillées dans le paragraphe suivant (IV.2.2). Les arrêts de sécurité n'ont pas été dématérialisés sur l'écran tactile car il doivent être accessibles en permanence [7, Chap. 5.3].

IV.2.1.2. Modification de la console Annexe

Conformément aux mêmes exigences évoquées dans le paragraphe précédent (III.2), le design de la console annexe a été entièrement remanié.

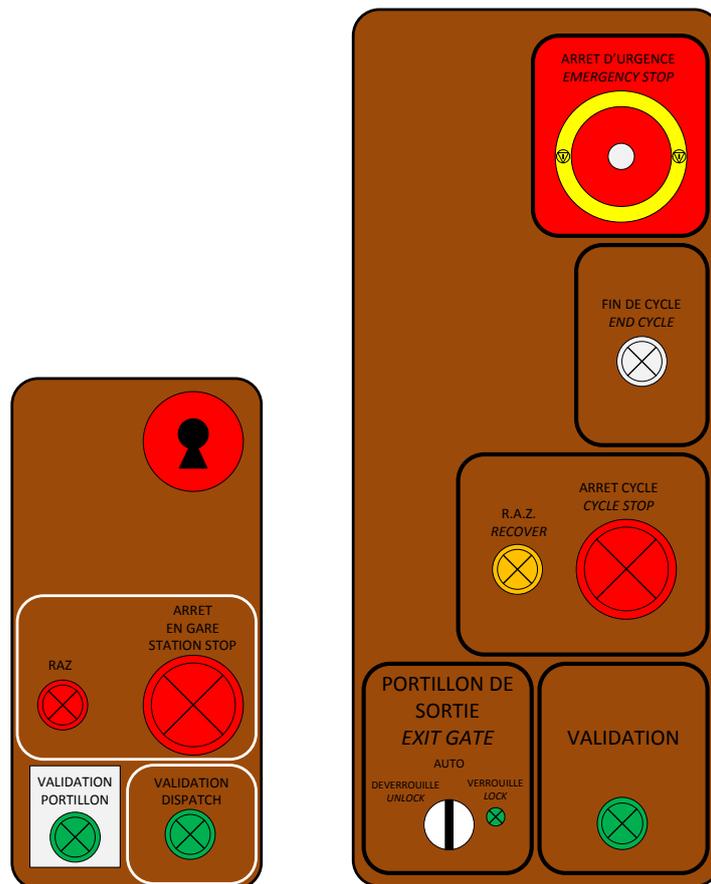


Figure 28 : Design de la console annexe ancien (gauche) et nouveau (droite)

La console comprend les fonctions nécessaires à l'exploitation journalière par les opérateurs. Parmi elles :

- L'arrêt d'urgence
- La commande du portillon de sortie
- La validation pour le démarrage du cycle

Le boîtier actuel (Figure 28 gauche) était pourvu d'un bouton identique pour le verrouillage du portillon et la validation de lancement. Cette analogie peut être source de confusion pour les opérateurs.

Le nouveau Design crée de l'espace entre les commandes pour éviter les confusions. De plus, le bouton de commande du portillon est remplacé par un sélecteur donnant directement l'état du portillon. Une confirmation de verrouillage est indiquée par le voyant à proximité.

IV.2.2. Créer une interface homme-machine intuitive

L'interface actuellement présente (OP7) est remplacée par un écran tactile permettant l'affichage de plusieurs vues de supervision et de commandes. Une vue sera également dédiée aux messages d'information pour les opérateurs[17, Chap. D.2] et ainsi faciliter le travail de dépannage des techniciens. Les différentes vues sont détaillées dans les paragraphes suivants

IV.2.2.1. La vue Accueil

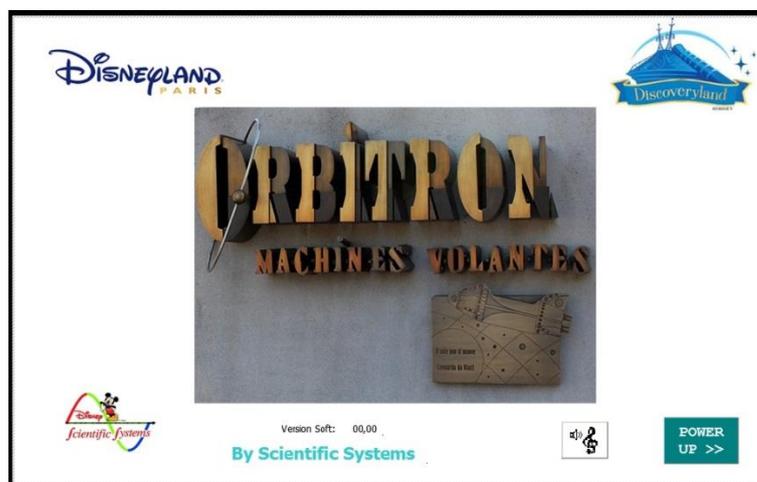


Figure 29 : Vue Accueil tactile

La vue accueil est la première vue de l'écran tactile, elle permet d'afficher le nom de l'attraction, la version du soft automate, et d'accéder à la vue « power up » qui permet la mise sous tension de l'attraction.

IV.2.2.2. La vue Power up

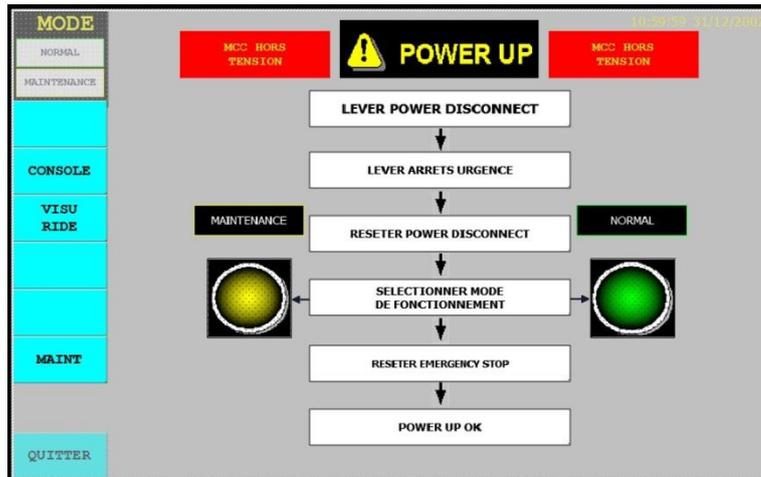


Figure 30 : Vue power up du tactile

Cette vue permet de faire la mise sous tension de l'attraction. Les messages sont affichés successivement lorsque les actions sont complétées. Cela permet de guider l'opérateur ou le technicien à travers les différentes étapes.

Lorsque l'action n'est pas possible, le cadre n'est pas affiché.

Lorsque l'action est demandée, le cadre s'affiche et clignote blanc/bleu.

Lorsque l'action est complétée, le cadre du message devient bleu fixe.

Les deux boutons « MAINTENANCE » et « NORMAL » servent à sélectionner le mode de fonctionnement de l'attraction. Ils s'afficheront lorsqu'il sera possible de choisir le mode de fonctionnement de l'attraction.

IV.2.2.3. La vue Console

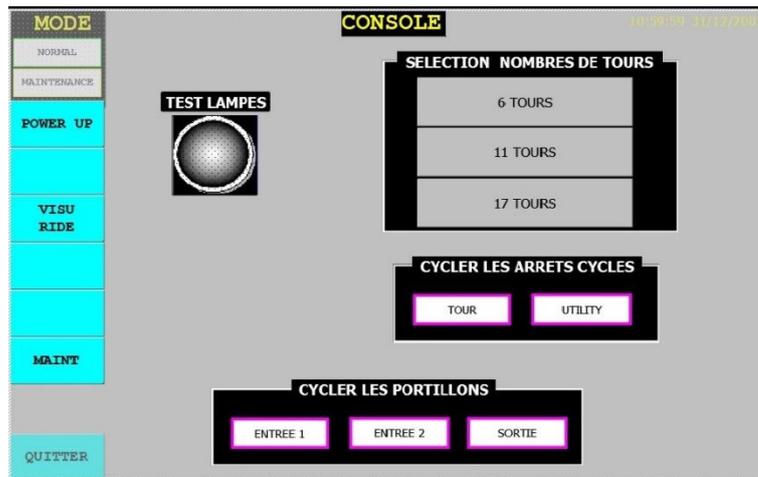


Figure 31 : Vue Console tactile

Cette vue indique aux opérateurs les actions à réaliser pour la séquence d'ouverture de l'attraction. Celle-ci permet la vérification quotidienne des équipements [17, p. 126]. Pour connaître l'action à entreprendre, le cadre correspondant clignote sur l'écran. Il deviendra fixe et de couleur verte si le test est réussi.

La sélection du nombre de tours d'un cycle normal est également possible (le détail du calcul sera donné dans la partie IV.3.5.1). Par ailleurs, un « test lampes » doit être fait pour vérifier si l'ensemble des voyants des consoles fonctionnent.

Une fois l'ensemble des tests accomplis, un message apparaît pour signaler que l'attraction est opérationnelle (Figure 32).

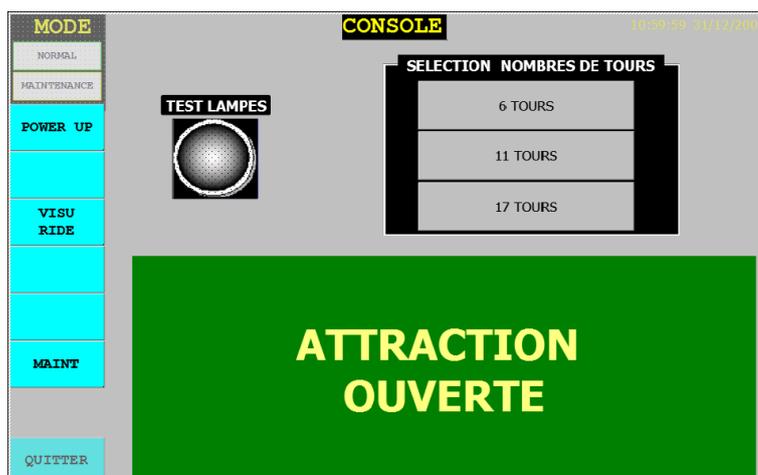


Figure 32 : Pop-up « attraction ouverte » de la vue console

IV.2.2.4. La vue Visu Ride

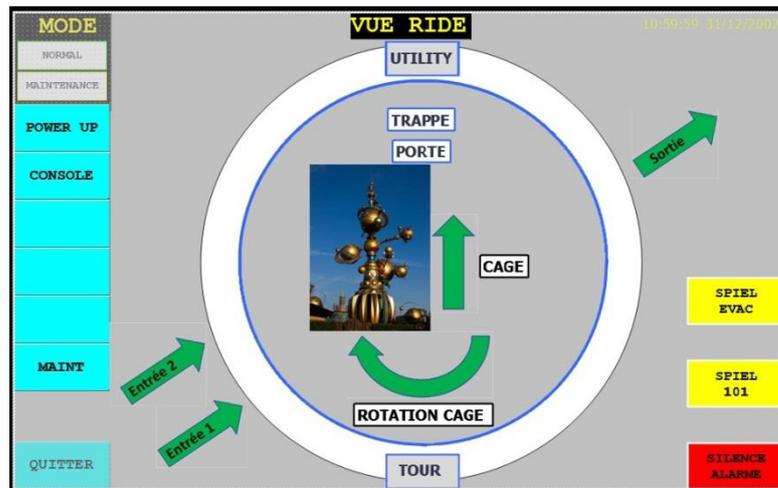


Figure 33 : Vue Visu Ride tactile

C'est la vue principale pour les opérateurs de l'attraction, elle permet l'affichage de l'état des portillons de l'attraction (entrée 1, entrée 2, sortie). La couleur de la flèche change en fonction de l'état du portillon :

- Verte : verrouillé
- Jaune : déverrouillé
- Rouge : défaut

Le fonctionnement est identique pour les autres indicateurs. Cela donne un premier état des équipements, qui peut aiguiller sur les raisons d'un dysfonctionnement.

Lors de la détection d'un défaut, une alarme sonore est déclenchée afin d'avertir l'opérateur et attirer son attention. Cette alarme pourra être mise au silence par le bouton « silence alarme » présent sur cette vue.

Les boutons « Spiel Evac » et « Spiel 101 » permettent de déclencher les annonces respectivement d'évacuation de l'attraction et d'interruption de service.

IV.2.2.5. La vue Maintenance

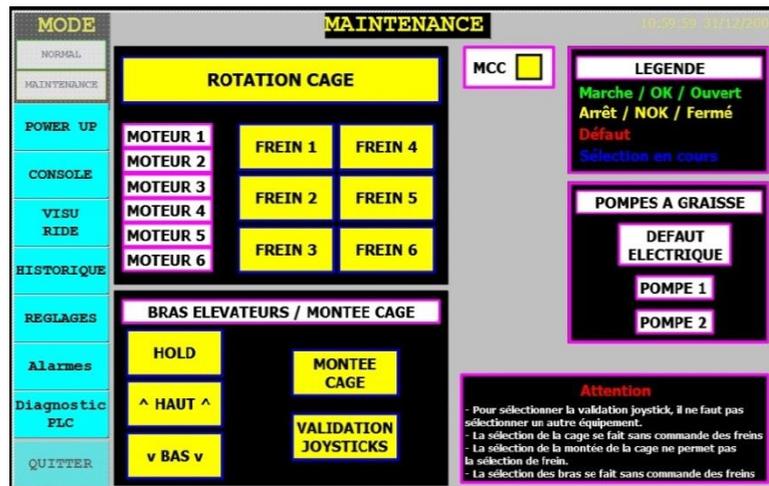


Figure 34 : Vue Maintenance tactile

La vue maintenance est accessible uniquement par les techniciens de maintenance. Pour contrôler cet accès, un identifiant et un mot de passe sont nécessaires.

Elle permet de vérifier l'état des équipements principaux de l'attraction pour diagnostiquer les pannes. Cependant, son but principal est la sélection individuelle des équipements afin de vérifier leur bon fonctionnement lors des procédures de maintenance régulières. Ainsi, le technicien n'est plus obligé de se rendre auprès de l'équipement concerné pour certaines vérifications.

Le fonctionnement de la vue est identique à celle de la vue « Visu Ride ». La couleur du cadre donne l'état de l'équipement (cf. la légende). La sélection d'un équipement entraîne l'apparition d'un rectangle bleu autour du cadre pour valider la sélection.

Certaines contraintes concernant la sélection d'équipement simultanément ont été implantées dans le programme de l'automate afin d'éviter un risque pour le technicien manipulateur. Ces conditions sont rappelées dans le cadre d'avertissement du bas. Une description de l'ensemble des règles de fonctionnement est faite dans le document de spécification technique de l'attraction.

IV.2.2.6. La vue Alarme

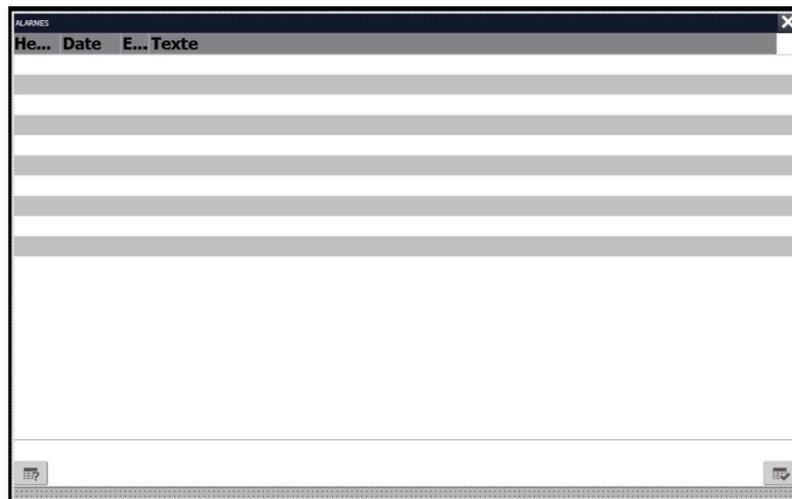


Figure 35 : Vue Alarmes tactile

Cette vue s'affiche automatiquement lorsqu'une alerte est déclenchée. Elle permet l'affichage des défauts non acquittés de l'attraction. Une fois le défaut résolu, et la procédure de reset du défaut faite, le message disparaît afin de clarifier l'affichage. Cela permet aux techniciens de connaître les équipements nécessitant une intervention, jusqu'à disparition complète de tous les messages.

IV.2.2.7. La vue Historique



Figure 36 : Vue Historique tactile

La vue historique est une vue qui regroupe l'ensemble des messages générés par l'automate. Ces messages ont été programmés dans le soft et permettent de connaître les défauts ou informations importantes de l'attraction. Cette vue est essentielle puisqu'elle

IV.2.2.9. La vue Réglages



Figure 38 : Vue réglages tactile

La vue réglages est accessible aux techniciens maintenance pour leur permettre de changer l'heure affichée sur l'écran tactile. Elle permet aussi l'accès à la vue « Réglages système ».

IV.2.2.10. La vue Réglages Système

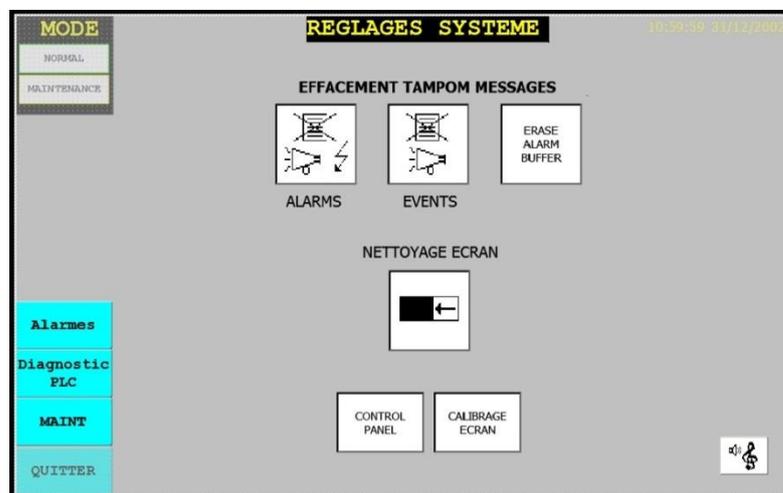


Figure 39 : Vue réglages système tactile

La vue réglages système n'est accessible que par les équipes de *Scientific System* au moyen d'un identifiant et d'un mot de passe différents de ceux de la maintenance. Elle permet la remise à zéro des tampons d'alarme, lancer la procédure de nettoyage d'écran, et accéder aux paramètres de l'écran tactile.

L'accès est protégé pour prévenir toute modification du paramétrage de l'écran par les techniciens.

IV.2.3. L'ajout de l'Operator Manager Motion (OMM)

Dans le paragraphe III.2, les limites du système actuel ont été évoquées. Notamment concernant l'exploitation journalière de l'attraction. Disney a défini, en accord avec les nouvelles normes, un nouveau standard pour la séquence de lancement d'un cycle : l'OMM [13].

La position des opérateurs doit permettre la surveillance de la totalité de l'attraction, la console annexe sera déplacée de manière diamétralement opposée à la console principale (Figure 40).

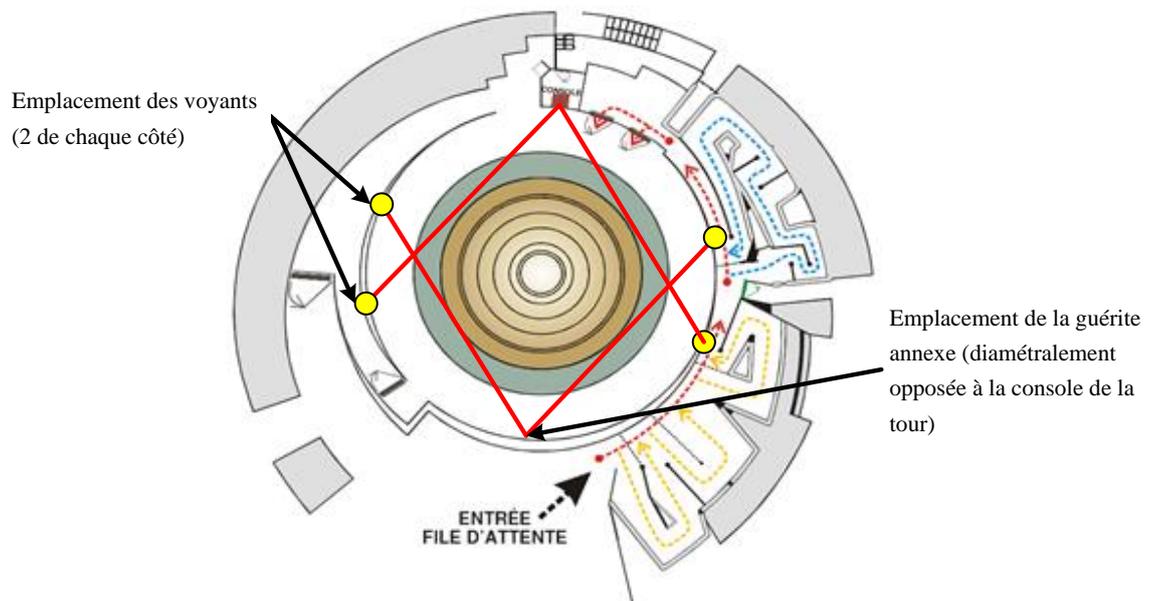


Figure 40 : Vue aérienne de l'attraction après modification

Avec cette disposition, la totalité de la plateforme est vue par le recoupement des champs de visions des deux opérateurs. Cela solutionne la problématique évoquée par la Figure 19 au paragraphe III.2.2.

Par ailleurs, le remplacement du signal gestuel de l'opérateur est assuré par un dispositif lumineux.



Figure 41 : Dispositif LED en fonctionnement

Le choix des équipements présents dans l'environnement des machines est soumis à la norme NF EN 60204-1 [6]. Le choix de la couleur du voyant doit se faire entre le rouge, le jaune, le bleu et le vert. Ce voyant devant opérer en extérieur, son indice de protection devra être élevé. Enfin, il devra être visible en plein jour, même avec un fort taux d'ensoleillement.

Le choix s'est porté sur un dispositif à LED (Figure 41) de couleur jaune déjà utilisé dans le domaine ferroviaire. Cet équipement, de par son utilisation depuis de nombreuses années, a montré sa robustesse, ainsi que sa capacité à être vu de loin.

Afin d'appréhender le fonctionnement global du système OMM, un diagramme est réalisé (Figure 42).

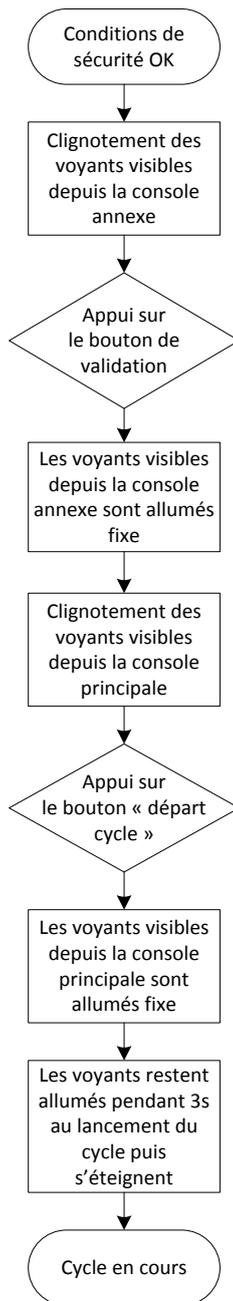


Figure 42 : Principe de fonctionnement des voyants

Avec ce nouveau fonctionnement, les opérateurs disposeront d'un signal visuel clair et positif. De plus, n'ayant plus à effectuer de signal gestuel, la fatigue sur le poste de travail sera grandement diminuée. Enfin, l'utilisation des voyants permet également la transmission d'information sans besoin d'une communication visuelle directe, ce qui permet de reporter son attention sur les visiteurs à bord des navettes.

IV.3. La mise en œuvre de l'indexage

Parmi les besoins d'évolution de l'attraction, certaines demandes d'amélioration du confort des visiteurs et des opérateurs ont été formulées. C'est le cas de l'indexation du cycle de l'attraction. Cette partie détaille la mise en place de ce système, en partant du cahier des charges jusqu'au calcul permettant le maintien des conditions d'exploitation.

IV.3.1. Les objectifs

Ce souhait a été formulé par les équipes opérationnelles, mais également par la division « Guest Safety » qui s'occupe de l'accueil de nos visiteurs dans des conditions de sécurité optimale. Le constat initial concerne la différence de position de l'attraction entre le début et la fin du cycle.

Comme le montre la Figure 43 ci-dessous, la position d'arrivée est aléatoire et ne dépend pas de la position initiale.

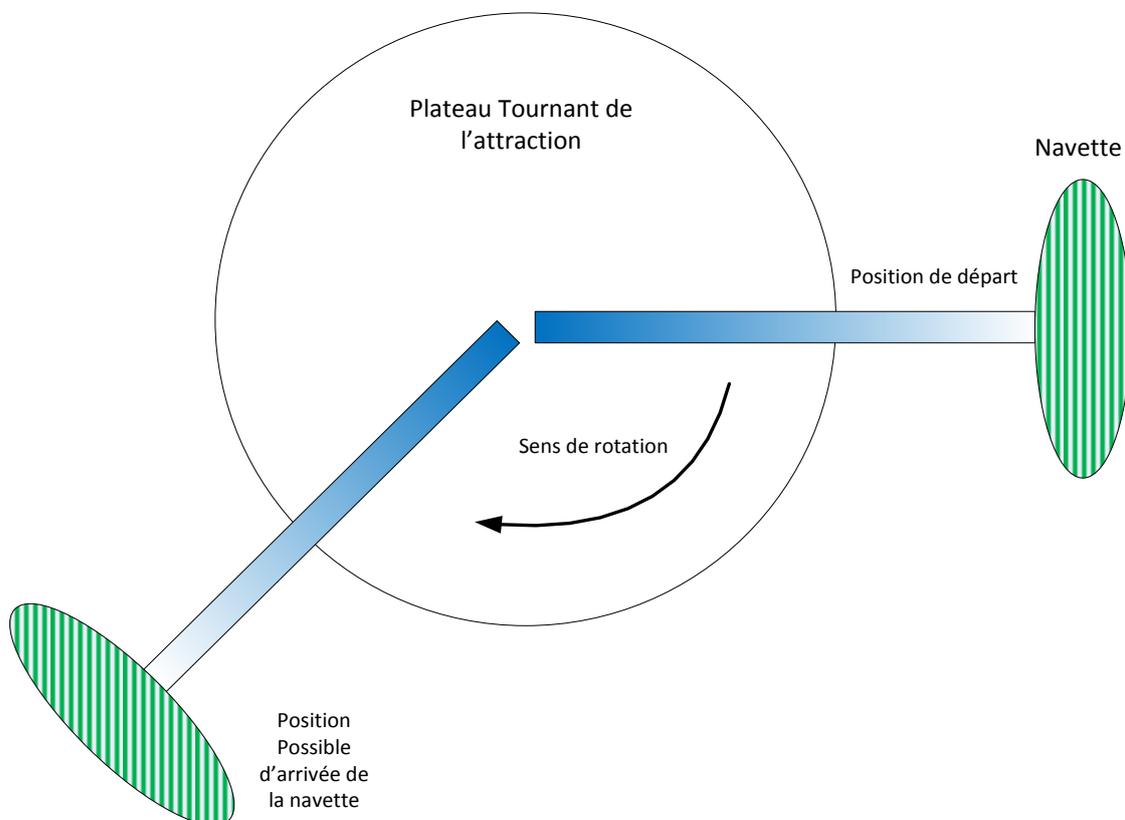


Figure 43 : Position de la navette après un cycle

Cette problématique est liée à une gestion en temps de cycle de l'attraction et non en nombre de tours. Des relevés réalisés sur l'attraction ont mis en évidence qu'une durée de cycle définie à 1 min 30s correspondait à environ 11,5 tours de l'attraction

IV.3.2. La solution proposée

L'indexation du cycle, c'est-à-dire de se focaliser sur le nombre de tours et non plus sur le temps, permettra certaines avancées ergonomiques pour les opérateurs et les visiteurs.

Cela concerne principalement l'accueil des visiteurs en situation de handicap. En effet, ces personnes accèdent à l'attraction par la sortie et embarquent généralement dans la navette la plus proche. Leur fauteuil roulant est pris en charge par le premier opérateur qui l'emmènera en dehors de la zone à risque. Lorsque le cycle se termine, le second opérateur récupère le fauteuil et doit demander à son collègue à quelle navette il doit l'apporter. Celles-ci n'ayant pas la même position, une courte recherche s'organise.

Si les navettes démarraient et s'arrêtaient à la même position, cela faciliterait le travail des opérateurs, ainsi que le confort des visiteurs. De plus, ce contrôle du nombre de tour permettra d'effectuer des contrôles redondants concernant la vitesse de l'attraction, et ainsi améliorer la sécurité.

Un arrêt supplémentaire est ajouté sur les consoles opérateurs : le « End Cycle ». Celui-ci permet d'écourter la durée du cycle, tout en respectant l'indexage. Ainsi, l'attraction sera stoppée dans la même position qu'en fin de cycle normal, mais prématurément.

Pour rappel, l'arrêt cycle, et les arrêts d'urgence et Power Disconnect, stoppent l'attraction dès que possible.

IV.3.3. La mise en place

La solution ayant été présentée aux services concernés et validée, il est possible de poursuivre l'étude afin de déterminer les moyens de mise en œuvre.

IV.3.3.1. Quel dispositif pour compter ?

Afin de connaître le nombre de tours de l'attraction pendant un cycle, plusieurs solutions sont possibles. Elles sont réunies dans le tableau ci-dessous avec les contraintes et le coût estimé de la solution.

Tableau 16 : Solutions d'indexage

Principe	Contraintes	Estimation du coût	Précision
Ajout d'un roulement codeur sur les moteurs	Modification de l'ensemble des six moteurs En cas de défaillance, il faut remplacer le moteur (temps d'interruption élevé)	Coût élevé. Temps d'installation important.	Grande précision au niveau du moteur, mais simple estimation pour la vitesse et la position du plateau.
Ajout d'une roue codeuse sur le périmètre de la couronne	Installation d'une bande sur le périmètre complet de l'attraction pour faire la mesure. Risque de déformation de la bande. En cas de panne, le temps d'intervention est élevé.	Coût élevé. Temps d'installation important.	Grande précision sur la position et par conséquent sur la vitesse de la plateforme.
Ajout d'un capteur avec réflecteur	Ajout d'un pied fixe sur le bâti et d'une bande réfléchissante sur la partie mobile. En cas de défaillance, le remplacement est rapide.	Coût faible. Temps d'installation rapide.	Le capteur ne s'active qu'une fois par tour, la vitesse calculée sera une moyenne du tour. Calcul de la position purement estimatif.

La première solution semble difficilement envisageable, en effet, que ce soit en raison de son coût élevé, ou du temps d'installation, elle n'est pas adaptée à l'application faite sur l'attraction. De plus, une panne d'un tel système entraînera le remplacement du moteur et la nécessité d'effectuer des tests de remise en service. Ceci engendre une longue période d'indisponibilité de l'attraction.

La seconde solution est intéressante pour l'attraction. Cependant, son coût élevé et les difficultés de maintenabilité (temps d'intervention élevé et tests de réglage) discréditent cette solution. D'ailleurs, la précision d'un tel système ne saura être justifiée en considérant la vitesse de l'attraction (voir III.3.2.2)

Enfin, la dernière solution très simple, mais néanmoins efficace semble être le meilleur compromis performance / maintenabilité. Ainsi, une défaillance du système est corrigée par remplacement du capteur, qui ne nécessite aucun paramétrage. Le calcul d'une vitesse moyenne est suffisant pour une redondance, la vitesse instantanée étant contrôlée par le variateur.

IV.3.3.2. Quelles caractéristiques pour le matériel ?

Il existe plusieurs types de capteurs photoélectriques auprès des fournisseurs de Disneyland Paris. Une présélection a mis en évidence trois d'entre eux, pour lesquels un devis a été demandé afin de déterminer le coût d'achat et de remplacement.

Le choix parmi les différentes propositions s'est fait sur les caractéristiques techniques de chacun d'entre eux. On résumera les principales caractéristiques dans le tableau suivant :

Tableau 17 : Caractéristiques des capteurs

Caractéristiques	FZDK 07	FHDK 10	OZDM 16
Portée Tw	20...150 mm	20 ...120 mm	0...250mm
Réglage sensibilité	Teach-in	Mécanique, 5 tours	Potentiomètre, 14tours
Temps d'activation	< 0,5ms	<1ms	<0.1 ms
Classe de protection	IP 65	IP 67	IP 67
Température de fonctionnement	-20° ...+50°C	-25° ... +65°C	-10° ... +50°C
Prix HT	154 €	152,20 €	553,15 €

Concernant la portée, il n'est pas nécessaire qu'elle soit supérieure à 120 mm, ce qui est suffisant par rapport au lieu d'implantation du capteur.

Le réglage de la sensibilité est important, car il doit être précis et facile à mettre en œuvre en cas de remplacement du capteur. Pour cette raison, le premier modèle est écarté. La procédure teach-in, bien que plus précise, nécessite un temps de paramétrage plus long qu'une action mécanique. Elle impose également une phase de tests pour vérifier son bon paramétrage.

Le temps d'activation est satisfaisant pour les trois capteurs proposés. Un tour d'attraction étant d'environ 8s, il n'est pas nécessaire d'avoir un temps d'activation très bas.

La classe de protection IP67 sera privilégiée par rapport à la classe IP65 pour le risque d'immersion. Bien qu'au vu de l'emplacement choisi, le risque d'immersion est faible, cela permettra une meilleure protection en cas d'exposition à l'eau.

Enfin, pour les températures de fonctionnement, on privilégiera des températures assez basses, puisqu'on peut atteindre -10°C en hiver. Le capteur devant fonctionner à proximité d'équipement produisant de la chaleur, sa viabilité à température élevée est un plus.

Le choix s'est porté sur le capteur FHDK10 car il regroupe l'ensemble des critères évoqués plus haut. Le capteur OZDM 16 bien que très précis (fonctionnement au laser), n'est

pas justifié dans le cadre de l'utilisation prévue. Le surcoût d'un tel équipement n'est pas utile. Quant au capteur FZDK07, la classe de protection et le mode de réglage ne sont pas adaptés pour un dépannage et une remise en service rapide.

IV.3.4. Une fonction supplémentaire du capteur d'indexage

Lors de la réalisation de cette étude, il m'est apparu que ce capteur pouvait permettre des mesures supplémentaires pour l'attraction, comme le calcul d'une vitesse moyenne de rotation en mesurant l'écart séparant chaque tour.

Cette vérification permettra un contrôle redondant de la vitesse déjà opéré par le variateur.

IV.3.4.1. Détermination des équations

Pour calculer la vitesse du plateau en fonction des informations reçues du nouveau capteur, les équations de la partie III.3.2.2 peuvent être reprises.

$$Vit_{plat} = \frac{Vit_{roue}}{Nb_{tr_{roue}}}$$

A partir de l'équation ci-dessus, on peut estimer le temps séparant chacune des activations du capteur en fonction de la période de cycle (voir Figure 23 p. 72)

Tout d'abord, cette vitesse est convertie en tr/s :

$$Vit_{capt} = \frac{Vit_{plat}}{60}$$

A l'aide de Simulink, les valeurs de vitesse sont intégrées pour connaître l'évolution du nombre de tours en fonction du temps. La Figure 44 présente le résultat obtenu.

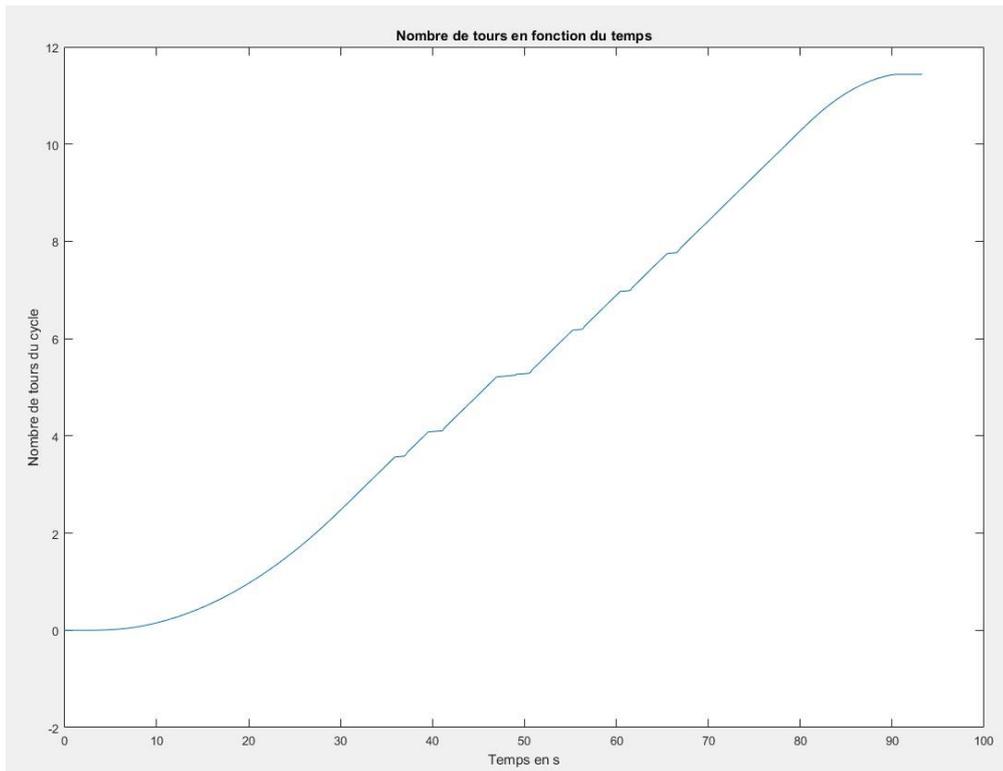


Figure 44 : Représentation graphique du nombre de tours

A l'aide du graphique, on peut retrouver les valeurs remarquables qui composent le cycle. Nous retrouvons ici la valeur mesurée sur l'attraction de 11,5 tours :

- Fin de l'accélération à 35s : 3,4 tours effectués
- Pendant la période constante : de 35s à 78s : 6,6 tours (10 au total)
- Pendant la décélération : de 78s à 93s : 1,43 tours (11,43 au total)

Ceci permet d'établir un contrôle sur la vitesse de l'attraction en établissant des critères basés sur le nombre de fronts montant du capteur. Mais également un calcul de vitesse en mesurant l'écart entre deux fronts (Figure 45).

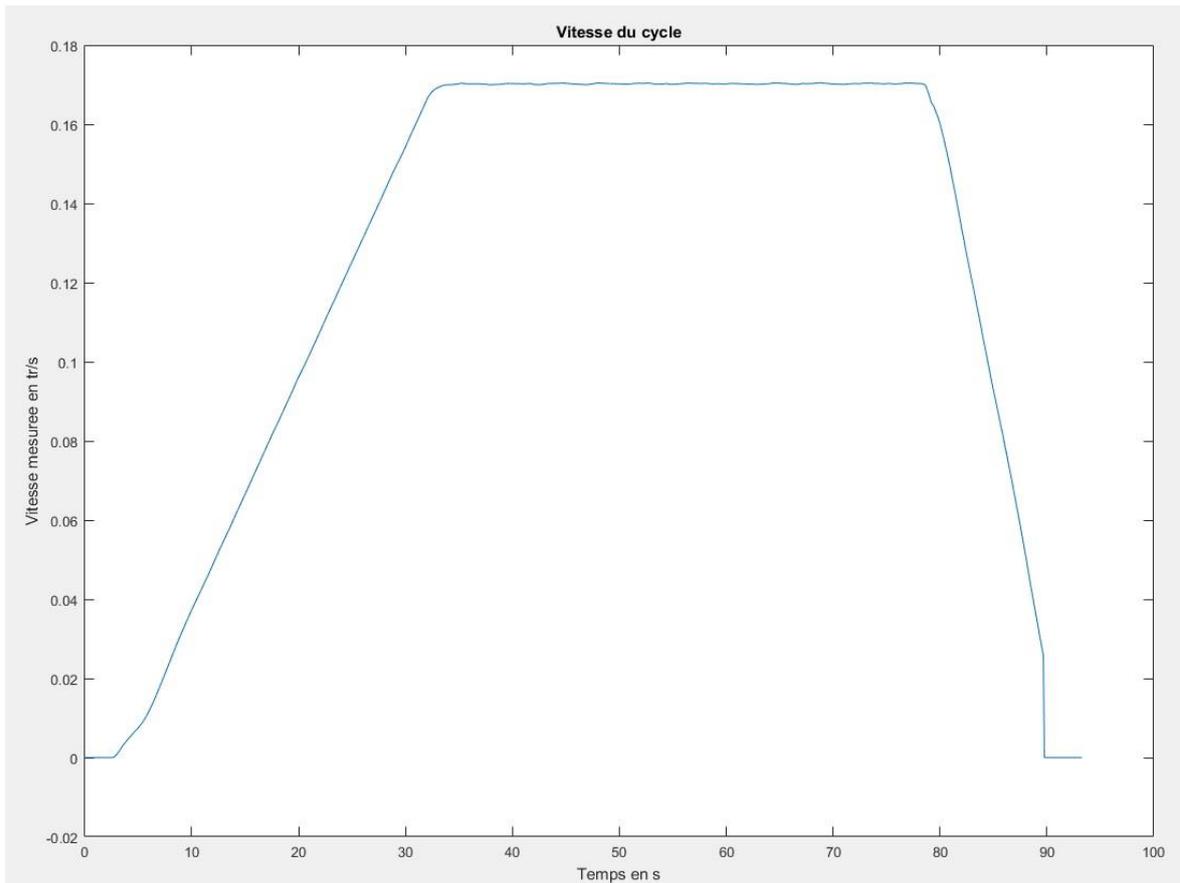


Figure 45 : Vitesse du plateau en tours/s

La figure ci-dessus donne une vitesse maximale de 0,17 tr/s ce qui correspondrait à un front sur le capteur tous les 5,88 s.

En se basant sur ces résultats, nous pouvons déterminer un calcul de défaillances du système qui permettra de stopper l'attraction en limitant les risques d'accident.

IV.3.4.2. Créer une gestion des défauts de fonctionnement

Il est difficile d'estimer de façon précise la vitesse pendant les phases d'accélération et de décélération. Le contrôle durant ces deux parties se fera uniquement en comptant le nombre de tours du plateau.

Pour la période où la vitesse est constante, une double vérification sera faite. D'une part le nombre de tours total, et d'autre part la vitesse durant cette période.

Les valeurs prises en compte pour l'apparition d'un défaut sont données dans le tableau suivant.

Tableau 18 : Nombre de tours par période

Zone de contrôle	Valeur attendu	Explications
Phase d'accélération	4 tours effectués après 35s de cycle	L'attraction n'étant pas arrêté sur le capteur mais après, il y a un demi-tour supplémentaire. Soit : $3,6 + 0,5 = 4,1$
Phase de décélération	1 tour effectué après 15s de décélération	La décélération se fait sur un front montant du capteur. Une fois la commande lancée, l'attraction met 1,4 tour pour s'arrêter. Le capteur sera déclenché 1 fois.
Phase intermédiaire	6 tours effectués pendant le cycle.	Le cycle se définit par la fin de l'accélération et le nombre total choisi par l'opérateur (voir IV.2.2)
	Temps séparant deux fronts compris entre 5,58s et 6,18s	Un intervalle est établi pour mesurer la vitesse du tour, due à l'imprécision de mesure et au temps de cycle automate.

Si les grandeurs mesurées devaient différer des préconisations, un arrêt immédiat de l'attraction serait demandé par l'automate et un message d'erreur serait généré pour en informer les opérateurs. Quelques exemples de messages :

- Démarrage trop rapide / lent
- Sous vitesse / Survitesse de la plateforme
- Décélération trop rapide / lente

Il reste à vérifier que cette modification ne va pas altérer le fonctionnement de l'attraction

IV.3.5. Incidence de la modification sur le fonctionnement

La dernière étape avant d'implanter la modification, consiste à contrôler que celle-ci ne change pas les caractéristiques d'exploitation. Il est donc nécessaire de vérifier, d'une part que les opérateurs auront le choix entre trois cycles comme auparavant, et d'autre part que la capacité horaire de l'attraction ne sera pas impactée.

IV.3.5.1. Conversion des temps de cycles en nombre de tours

Les opérateurs peuvent choisir entre trois différents temps de cycle (voir I.2.2). Ceux-ci ont été remplacés par un nombre de tours (voir IV.2.2.3). Le détail du calcul fixant la correspondance entre le temps de cycle et le nombre de tours est donné ci-après.

Durant le cycle, il existe deux périodes incompressibles quel que soit le temps de cycle choisi. Il s'agit de la phase d'accélération (35s) et de la phase de décélération (15s), soit 50s au total. Le choix du nombre de tours sera donc directement lié à la durée de la phase intermédiaire.

Le calcul consistera à récupérer la durée de cette période et à la multiplier par la vitesse maximale de l'attraction, à savoir 0,17 tours/s.

$$Nombre_{tour} = Durée_{période} \times 0,17$$

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 19 : Correspondance temps de cycle et nombre de tours

Temps de cycle initial	Temps de cycle ajusté	Nombre de tours correspondant	Nombre de tours implémenté
1 min 30s = 90s	90 - 50 = 40s	40 × 0,17 = 6,8	6 tours
2 min = 120s	120 - 50 = 70s	70 × 0,17 = 11,9	11 tours
2 min 30s = 150 s	150 - 50 = 100s	100 × 0,17 = 17	17 tours

IV.3.5.2. Vérification de la capacité horaire de l'attraction

La capacité horaire de l'attraction telle que définie au paragraphe I.2.2 était basée sur le temps de cycle de l'attraction. Cette référence ayant été remplacée par un nombre de tours, celle-ci est modifiée.

En reprenant les calculs effectués dans la partie I.2.2, il est possible de calculer la nouvelle capacité horaire de l'attraction. Pour cela, il suffit d'avoir le temps de cycle réel de l'attraction à partir du nombre de tours choisi.

$$Temps_{réel} = \left(\frac{Nombre_tours_{choisi}}{0,17} \right) + 50$$

Le tableau suivant regroupe les résultats pour les nouvelles références.

Tableau 20 : Ajustement des capacités horaires

Nombre de tours	Temps de cycle réel	Capacité horaire théorique	Capacité horaire ajustée
6	85,29s = 1 min 25,29s	1008	408
11	114,71s = 1 min 54,71s	744	360
17	150 s = 2 min 30s	576	312

La comparaison de ce tableau avec le Tableau 2 montre que la capacité théorique a changé, mais que la capacité horaire ajustée est restée identique. En effet, les changements de durée de cycle (moins 5 s en moyenne) est négligeable (4%) par rapport au temps d'embarquement et de débarquement (2 min).

IV.4. Conclusion sur les solutions

Ce chapitre a permis de voir plus en détail le travail nécessaire en vue de la rénovation de l'attraction. Les améliorations avaient pour contrainte de ne pas modifier la caractéristique principale de l'attraction, à savoir sa capacité horaire. Tout ceci constitue la majeure partie de ce projet d'étude préalable aux modifications.

Une seconde partie du projet a consisté en la programmation des fonctions qui ont été développées dans ce chapitre et aux vérifications de fonctionnement sur banc d'essai pour préparer la future implantation lors de la fermeture de l'attraction.

La dernière partie du projet est l'organisation de la rénovation de l'attraction. En effet, afin que la fermeture de l'attraction soit la plus courte possible, une optimisation du temps d'indisponibilité par rapport aux travaux à effectuer est réalisée. Cela sera développé dans le chapitre suivant qui traite de la gestion globale du projet.

V. La gestion du projet

La réalisation de l'ensemble des travaux nécessaires à la rénovation de l'attraction ne peut être effectuée durant les horaires de fermetures journalières. En effet, dans ce document, seules les parties liées au contrôle commande du manège ont été évoquées. Cependant, certaines améliorations nécessitent la participation d'autres divisions de l'entreprise.

Afin de coordonner les différents intervenants, il est demandé à chacune des divisions de réaliser un planning de tâches à effectuer partie (V.1). Un master planning regroupera par la suite l'ensemble des demandes.

Ce type de rénovation fait l'objet d'investissements importants, il convient donc de traiter de l'aspect budgétaire de la rénovation (partie V.2). Une fois le coût de l'intervention estimé, une demande de budget pourra être faite.

De tels investissements ne sauraient être consenti qu'avec un bénéfice pour l'entreprise. Une estimation du retour sur investissement sera présentée (partie V.3).

Enfin, une conclusion sera faite sur la gestion du projet global (partie V.4).

V.1.Construire un planning

Le référencement des tâches et leurs mises en relation sont à la base de l'organisation d'un projet. Cela permettra de générer un planning de base et d'évaluer la durée de réalisation globale de l'intervention [10].

V.1.1. Optimiser le temps de fermeture

L'optimisation du projet a pour but de réduire le temps d'indisponibilité de l'attraction. Pour ce faire, l'organisation de l'entreprise prévoit que chaque projet soit découpé en deux phases principales.

La première phase consiste en la réalisation de l'étude et des approvisionnements de pièces nécessaires à la réalisation des modifications. En général, elle est réalisée l'année précédant la fermeture planifiée, pour anticiper toutes les demandes des différents services et les inclure dans les modifications réalisées. Le second avantage est le délai d'approvisionnement. Les différentes pièces sont commandées la même année que l'étude, ainsi le projet ne saurait être retardé par un fournisseur en retard. Cette première phase s'achève avec la fourniture de certains livrables comme le document de spécification complet de l'attraction et le planning d'installation.

Les travaux ne seront réalisés que durant l'année 2019 pour des raisons de planification de fermeture. A ce moment, un chef de projet global sera désigné pour regrouper les différents travaux des départements et suivre l'avancement global de la réhabilitation. L'ingénieur conserve cependant la gestion de la partie technique avec la direction de l'ensemble des équipes réalisant les modifications. Il est également le garant des tests de fonctionnement opérés après l'installation pour vérifier que le fonctionnement est conforme aux attentes.

A présent que les deux phases du projet sont clairement identifiées, il est possible de construire le calendrier du projet qui servira de base à l'établissement du planning. L'étape suivante consiste à référencer l'ensemble des tâches qui seront réalisées durant le projet.

L'évaluation de la durée du projet dépend du nombre de tâches à réaliser, mais également des ressources affectées. Pour ce projet, plusieurs services seront amenés à intervenir dans le cadre de la rénovation de l'attraction. Il convient de les inclure dans le planning de la partie technique. Cependant, l'installation étant différée de l'étude, des

ressources génériques seront choisies pour estimer la charge de travail de la seconde partie. N'ayant aucune expérience dans l'estimation des durées des travaux prévus, je me suis basé sur des travaux similaires de l'entreprise.

A partir de ces informations, j'ai réalisé une première liste de tâche avec des durées associées. Néanmoins, dans tout projet, une évaluation des risques est nécessaire pour s'assurer de respecter les délais imposés.

V.1.2. Identifier les risques du projet

Dans le cadre de ce projet, certains risques ont été identifiés et anticipés, c'est le cas notamment des approvisionnements qui sont réalisés un an à l'avance. Il n'en reste pas moins que d'autres imprévus se présentent, particulièrement durant la phase d'installation.

En tant que responsable du projet, je me dois d'anticiper au maximum tous les problèmes qui peuvent être rencontrés lors de la phase d'installation, et dans la mesure du possible les supprimer ou en limiter l'impact.

V.1.2.1. L'installation du nouveau matériel

Lors de cette rénovation, certains équipements vont être remplacés et d'autres modifiés ou ajoutés. Pour permettre leur fonctionnement, des travaux de raccordement électriques sont nécessaires. Outre leur aspect chronophage, il existe un risque d'erreur lors du branchement qui pourrait détériorer les équipements existants et allonger la durée des travaux.

La solution apportée à cette problématique a été de faire réaliser tous ces travaux avant la fermeture de l'attraction. C'est le cas par exemple des consoles qui seront montées, câblées et testées en atelier. De la même manière, le tirage de câble nécessaire aux nouveaux équipements sera effectué de nuit avant la période de fermeture. Ainsi les soucis propres à ce type de travaux (un fourreau bouché par exemple) peuvent être anticipés et n'impacteront pas la durée de la fermeture.

A l'inverse, le déplacement de la guérite de la console annexe ne peut être anticipée, car il aurait une incidence sur le fonctionnement actuel de l'attraction. Une attention particulière devra être portée quant à l'estimation de la durée de cette opération.

Le fonctionnement de l'ensemble des nouveaux équipements doit ensuite être testé pour garantir la sécurité des opérateurs et des visiteurs.

V.1.2.2. Les tests de fonctionnement

La plupart des modifications de l'attraction concerne la programmation de l'automate, et par conséquent le fonctionnement global de l'attraction. Les tests de fonctionnement ont donc une grande importance dans le succès du projet.

De même que pour l'installation du matériel, tout ce qui peut être réalisé avant la fermeture permet l'optimisation et évite des aléas de chantier. Pour ce faire, une première partie de test est réalisée sur un banc d'essai en dehors de l'attraction.

Lors de cette phase de test que j'ai effectuée durant mon stage, certains dysfonctionnements ont été identifiés et corrigés. Ce fut notamment le cas pour les différentes vues de l'écran tactile, dont l'animation ne correspondait pas aux attentes. Le fonctionnement global de l'attraction a également été simulé pour tester la non-régression suite aux modifications apportées.

Ces tests préliminaires permettent également de s'assurer que lors de l'implantation des modifications, les équipements déjà installés ne seront pas détériorés. Le facteur de risque ainsi diminué, permet de mieux évaluer la durée nécessaire à la finalisation de l'installation.

Cependant, il n'est pas toujours possible d'anticiper l'ensemble des contraintes intervenant dans un chantier.

V.1.2.3. Les risques non maîtrisés

Dans les paragraphes précédents, nous avons vu que certains aléas pouvaient être anticipés. Il n'en reste pas moins que d'autres facteurs sont à prendre en considération pour bien évaluer la durée des travaux.

Tout d'abord, concernant les ressources du projet. La durée globale de l'installation dépend de la quantité de ressources affectée au projet. Afin d'en évaluer l'impact, il convient de créer un planning à ressources limitées, et un second à ressources illimitées [10]. Cette comparaison donnera les possibilités de pilotages durant le déroulement des travaux.

Le second point concerne les tests de fonctionnement. Bien que des essais ont été réalisés à l'avance sur banc d'essai, le programme ne peut être parfait. Il y aura forcément des bugs ou des corrections à faire lors de la fermeture. Ces corrections n'ayant pas été identifiées durant la phase de tests préliminaires, il est raisonnable de supposer qu'ils ne seront pas évidents à mettre en lumière et à corriger. L'évaluation de la durée des tests sur place devra comprendre une marge suffisante pour s'assurer du bon déroulement et de la réussite du projet.

A partir de l'ensemble des éléments qui ont été décrit ci-dessus, le planning de l'intervention a pu être réalisé. Il est visible à l'annexe 2 du présent document. Maintenant que la durée des travaux est arrêtée, le coût global du projet peut être estimé.

V.2. Le coût du projet

Comme cela a été décrit précédemment, le projet global de rénovation est divisé en deux parties. La première constituée de l'étude et des approvisionnements, et la seconde de l'installation sur l'attraction. La gestion du coût de la rénovation suit le même schéma. En effet, un budget est alloué pour la réalisation de l'étude, puis un second pour l'installation. C'est ce dernier qu'il convient d'estimer au mieux pour que la rénovation se passe dans les meilleures conditions.

En s'appuyant sur l'ensemble des informations présentes dans ce document, une estimation du coût de l'installation a pu être faite. Elle sera par la suite transmise au service finance sous la forme d'une demande d'investissement. L'installation de l'attraction ayant été repoussée en 2019, les approvisionnements seront réalisés en 2018. Pour cette raison, le coût sera divisé en deux parties.

V.2.1. Les équipements

Les nouveaux aménagements matériels seront montés et installés par les équipes de maintenance en charge de l'attraction. Le coût de main d'œuvre associé est intégré au budget de fonctionnement de la division maintenance et ne rentre pas en compte dans le financement

du projet. Il ne reste alors que l'achat des différentes pièces changées et ajoutées, celles-ci sont détaillées dans le Tableau 21.

Tableau 21 : Coût des équipements

Descriptions	Total
Console Principale (boitier + sérigraphie)	10 000,00 €
Console Annexe (boitier + sérigraphie)	3 000,00 €
Boutons consoles	1 031,27 €
Ecran tactile	2136,24 €
Lanternes	466,68 €
Capteur indexation	304,40 €
Support Capteur indexation	2000,00 €
Total Estimé Hors Taxes	18 938,59 €

V.2.2. Les travaux de sous-traitance

L'ensemble des modifications pourraient être conduites au sein de l'entreprise. Cependant, la sollicitation de certaines équipes mettrait d'autres projets en attente, ce qui n'est pas souhaitable. Aussi, certains travaux seront sous-traités. C'est le cas notamment du tirage de câble, et du montage de certains équipements qui nécessitent des travaux de maçonnerie.

La préparation des consoles et le précâblage sera effectué par une entreprise extérieure. Le raccordement sur l'attraction sera effectué par les équipes de maintenance de l'attraction. Le coût global de l'installation est donné dans le Tableau 22, il s'agit d'une estimation réalisée sur la base de travaux similaire.

Tableau 22 : Coût des travaux sous-traités

Descriptions	Quantité	Prix Unitaire	Total
Câblage des lanternes	4	8 000	32 000,00 €
Installation capteur indexage	1	4 000	4 000,00 €
Précâblage nouvelles consoles	1	4 000	4 000,00 €
Total estimé H.T.			40 000,00 €

V.2.3. La demande d'investissement

En se basant sur les coûts estimés dans les deux paragraphes précédents, les demandes d'investissements peuvent être réalisées.

- La première concerne l'approvisionnement des pièces en 2018 pour un montant total de 18 938,59 €
- La seconde concerne l'installation en 2019 pour un montant total de 40 000€

Des aléas financiers doivent être provisionnés pour s'assurer de la bonne conduite du projet. Une marge de 15% est donc appliquée au coût global. Le service finance recevra les demandes de ligne budgétaire suivante :

- En 2018 : 22 000 €
- En 2019 : 46 000 €

Nous obtenons un budget global pour la rénovation de :

$$22\ 000 + 46\ 000 = 68\ 000\ €$$

A présent que le budget est arrêté, une estimation du retour sur investissement est possible. Cela permettra de connaître la rentabilité de l'opération pour l'entreprise.

V.3. Le retour sur investissement

L'investissement réalisé pour la modernisation de l'attraction permet des gains dans plusieurs domaines. Ce paragraphe détaille l'ensemble des domaines pour lesquels l'entreprise pourrait réaliser des économies.

V.3.1. La mise aux normes

Le premier domaine est celui de l'exploitation globale de l'attraction. En effet, l'entreprise a une obligation de sécurité de l'ensemble des attractions exploitées [11]. Dans le cas où celle-ci ne serait pas respectée, de lourdes amendes pourraient être demandées, ainsi que la perte de la licence d'exploitation. Les conséquences seraient alors désastreuses en termes de chiffre d'affaire pour l'entreprise.

V.3.2. La formation des salariés

Outre les normes, la Walt Disney Compagny possède ses propres standards pour la conception et l'exploitation des attractions. Ils permettent aux salariés de pouvoir s'adapter rapidement lors d'un changement de poste entre différentes attractions.

Chaque salarié doit être formé à son poste de travail lorsqu'il est amené à changer d'attraction. Cette formation est plus ou moins longue en fonction de la complexité de l'attraction (3 jours pour les plus simples à 8 jours pour les plus complexes).

La standardisation des procédures et des consoles permet aux salariés de s'adapter plus facilement lors des changements de poste. Ainsi, l'entreprise peut réaliser des économies sur le temps de formation des salariés.

Dans le cas présent, il est possible d'estimer ce gain à une demi-journée par salarié. Sachant que l'attraction nécessite vingt salariés pour être opérée tous les jours de la semaine, le gain total pour l'entreprise s'élève à dix journées de travaux.

En considérant que les opérateurs sont payés au SMIC, le montant de l'économie réalisée est de :

Temps de travail journalier des opérateurs : 8h45

Coût du SMIC mensuel pour l'entreprise : 1661,25 € pour 151,67 heures de travail

Economie réalisée par salarié formé : 95,84 €

Sachant que le « turn over » des opérateurs est d'environ 40% par an, il est possible d'estimer l'économie annuelle pour la formation des salariés.

$$20 \text{ salariés} \times 40\% = 8 \text{ salariés par an}$$

$$8 \text{ salariés formés} \times 95,84 \text{ €} = 766,72 \text{ € par an}$$

Cependant, dans l'organisation de Disneyland Paris, les attractions sont regroupées par zone thématique, et l'ensemble des salariés de la zone doivent être formés à l'ensemble des attractions. La masse salariale impactée par les formations n'est pas de vingt mais de 150.

Soit un résultat ajusté de :

$$(150 \times 40\%) \times 95,84 \text{ €} = \mathbf{5740,50 \text{ € par an}}$$

V.3.3. Les conditions de travail

L'amélioration de l'ergonomie et des conditions de travail des salariés, a un impact direct sur l'efficacité [10]. En conséquence, cela contribue à la réduction du temps d'attente pour les visiteurs, et à l'augmentation de leur satisfaction.

La satisfaction des visiteurs a un impact direct sur les achats potentiels réalisés dans les boutiques et les restaurants du parc. Il n'est cependant pas possible d'évaluer avec précision l'augmentation substantielle de cette seule modification.

L'autre aspect pour l'entreprise est la diminution des accidents de travail et maladies professionnelles. Les aménagements des consoles sont, par exemple, la base de la prévention des troubles musculosquelettiques en forte augmentation dans la société.

N'ayant malheureusement pas pu obtenir de données factuelles quant au chiffre d'affaire de l'entreprise, ni sur le montant des amendes estimé en cas de non-respect des normes, l'estimation du retour sur investissement reste incomplète.

Cependant, au vu du budget de déploiement (68 000 €), il est raisonnable de penser que l'amortissement pourra être fait sur une année d'exploitation.

V.4. Conclusion sur la gestion de projet

Ce chapitre a mis en évidence un aspect non technique du projet mais tout aussi important. En effet, une mauvaise gestion du temps et du budget alloué à la réalisation peut entraîner l'abandon complet des actions prévues.

Afin de maîtriser ces aspects, plusieurs axes ont été présentés, à commencer par le planning, qui reste un outil indispensable à tout projet. De même, la maîtrise des coûts par une bonne évaluation de l'investissement et de l'amortissement garantit le succès et le développement de l'entreprise. Enfin, dans une époque où la recherche du mieux vivre devient primordiale, il est essentiel de considérer les aspects ergonomiques et les conditions de travail de l'ensemble des collaborateurs. Cela ne pourra être que bénéfique pour le résultat de l'entreprise et sa compétitivité.

Conclusion générale

Bilan technique du projet

L'étude du fonctionnement de l'attraction (chapitre II) a permis de mieux appréhender la problématique : comment faire évoluer l'attraction pour qu'elle réponde aux nouvelles normes de sécurité et d'ergonomie ?

L'étude des limites réalisée (chapitre III) fut la base des discussions engagées auprès des différents services intervenant dans la mise en conformité de l'attraction. Ces entretiens ont mis en évidence trois points essentiels :

- Meilleure gestion de la sécurité des visiteurs, par l'indexation et le déplacement de la console annexe
- Amélioration de l'ergonomie de travail (design des consoles) pour accroître la vigilance.

- Implantation d'un écran tactile pour faciliter la gestion de l'attraction et diminuer le temps d'intervention en cas de pannes. Ceci dans le but d'augmenter la satisfaction de nos visiteurs.

Toutes les solutions trouvées (chapitre IV), ont été ajoutées à l'attraction, tout en respectant les contraintes liées au matériel déjà présent. Notamment pour la compatibilité des équipements nouvellement ajoutés.

La contrainte la plus importante du projet est la durée de réalisation des travaux. En effet, l'attraction doit être immobilisée le moins longtemps possible, les changements doivent donc être optimisés.

Une partie des tests ayant été réalisés sur un banc d'essai, des erreurs de programmation ont pu être corrigées. Cela a permis d'éviter une possible détérioration des équipements présents par une mauvaise utilisation avec un programme brut.

Enfin, l'organisation globale du projet (chapitre V) fait la synthèse de toutes les contraintes, humaines ou financières, inhérentes à ce type de projet. Le but étant d'anticiper toutes les difficultés pouvant être rencontrées durant la période de rénovation.

Difficultés rencontrées

J'ai rencontré quelques difficultés durant mon stage et à l'élaboration de mon mémoire :

- ❖ Tout d'abord, le manque d'expérience.

En effet, les équipements utilisés sur l'attraction m'étaient, pour certains, inconnus. Dans un premier temps, j'ai donc fait de nombreuses recherches pour comprendre le fonctionnement de ces équipements, ainsi que les choix stratégiques qui avaient été fait lors de la construction.

De plus, n'ayant pas conduit de projet auparavant, j'ai eu quelques difficultés à m'imposer comme décideur lors de certaines réunions de préparation. La encore, la littérature spécialisée m'a été d'un grand secours, ainsi qu'un important travail personnel.

- ❖ Par ailleurs, une méconnaissance de certains logiciels.

Je me devais de créer et gérer le projet avec un logiciel adapté (MS Project). Il a fallu dans un premier temps me documenter et me former sur l'utilisation de ce logiciel [12] [13].

De même, n'ayant jamais programmé une CPU Siemens ni d'écran tactile Siemens, je me suis également renseigné sur le fonctionnement des plateformes propriétaires permettant l'accès à cette technologie [16], [21], [26].

- ❖ Enfin, il a fallu tenir compte des normes de l'entreprise qui vont au-delà des normes habituelles pour ce type d'installation.

Cela conduit à des contraintes supplémentaires dans le choix et l'utilisation du matériel présent.

- ❖ Concernant la rédaction du mémoire, la plus grande difficulté fut de mettre en valeur le travail accompli au sein de l'entreprise.

Enrichissement personnel

Malgré les difficultés rencontrées, le stage effectué dans le cadre du mémoire m'a apporté de nombreuses satisfactions.

- ❖ L'approfondissement dans le domaine du divertissement a permis d'enrichir mes connaissances. Les recherches bibliographiques effectuées m'ont permis d'avoir une vision plus globale d'une attraction et de ses contraintes, comme par exemple :
 - Exigences de sécurité : redondance des contrôles
 - Exigences ergonomiques
 - Faciliter le diagnostic pour une remise en service rapide
 - Augmenter la satisfaction des visiteurs
- ❖ Autre satisfaction, l'opportunité d'avoir conduit un projet de façon autonome en tenant compte des différents intervenants. Cela implique également de

poser les limites de réalisation technique, notamment avec les équipes artistiques du parc.

- ❖ Enfin, même si l'étude réalisée dans ce document est ciblée sur une attraction précise, il est possible de l'utiliser comme exemple pour des améliorations d'attraction similaires.

Perspectives

Ce mémoire présente un projet d'amélioration, suite à une évolution des normes dans le domaine du divertissement. Cependant, il serait possible d'aller au-delà de ces normes en approfondissant la réflexion sur différents axes.

Par conséquent, au regard de ce mémoire, d'autres études pourraient être menées :

- La réalisation d'une modélisation de l'attraction permettrait d'améliorer la gestion faite de la vitesse pendant le cycle. On pourrait notamment envisager une rampe en « S » pour augmenter les sensations perçues par les visiteurs. De plus, cela pourrait permettre de trouver des axes de réflexion pour augmenter la capacité horaire de l'attraction et ainsi diminuer le temps d'attente.
- La réalisation d'un arbre des défaillances, intégrant l'ensemble des équipements de l'attraction, pourrait servir de base à l'établissement d'une logique d'autodiagnostic. Eventuellement, cette dernière serait intégrée à l'écran tactile.

Bibliographie

- [1] F. Beauchaints, « Cours AUT 209 ». .
- [2] commission des affaires économiques, « Rapport du sénat », Sénat, 48, oct. 2007.
- [3] Gouvernement, *Code de la consommation - Article L221-1 _ Legifrance.pdf*. .
- [4] CEN/TC 152, « Projet NF-EN-13814-2016 ». 2016.
- [5] AFNOR, « NF EN ISO 13849-1 ». mars-2016.
- [6] Commission de normalisation, « NF EN 60204 ». sept-2006.
- [7] Commission de normalisation, « NF EN 60447 ». juill-2004.
- [8] Commission de normalisation, « NF EN ISO 13850 ». AFNOR, déc-2015.
- [9] Commission de normalisation, « NF EN 13855 ». 08-janv-2010.
- [10] « Cours ENG 210 ». .
- [11] « Gérard - 2007 - Rapport de l'assemblée nationale.pdf ». .
- [12] V. Capitaine, *Project 2013 - Guide pratique pour les chefs de projet*. Dunod, 2013.
- [13] Cynthia Snyder et N. Muir, *Project 2013 pour les Nuls*. éditions first, 2013.
- [14] B. Gérard, « Rapport de l'assemblée nationale », Assemblée Nationale, officiel 485, 2007.
- [15] Siemens, « S7-300 Caractéristique de la CPU du système S7-300 : CPU 315-2 DP ». Siemens, nov-2006.
- [16] Siemens, « Logiciel système pour SIMATIC fonction standard et système vol 1 et 2 ». .
- [17] Comité technique CEN/TC, « EN-13814 2013 ». 2013.
- [18] E. Bajic et B. Bouard, « Réseau Profibus », *Tech. Ing.*, déc. 2002.
- [19] DIRECTION GÉNÉRALE DE LA SÉCURITÉ CIVILE ET DE LA GESTION DES CRISES, « GUIDE DE PRECONISATIONS MANEGES ». 18-avr-2016.
- [20] F. Beauchaints, « Cours AUT 103 ». .
- [21] Siemens, « SCE Curriculum pour la solution d'automatisation cohérente Totally Integrated Automation (TIA) ». sept-2012.
- [22] Walt Disney World, « ride control operating interfaces handbook ». juill-2014.
- [23] Décret n° 2008-1458 du 30 décembre 2008 pris pour l'application de la loi n° 2008-136 du 13 février 2008 relative à la sécurité des manèges, machines et installations pour fêtes foraines ou parcs d'attractions. 2008.

- [24] Walt Disney World, « ride acceleration limit ». 22-déc-2010.
- [25] « Avis relatif à la sécurité des matériels d'attraction installés dans les parcs de loisirs ou fonctionnant lors des fêtes foraines - Commission de la sécurité des consommateurs », 09-nov-2006. [En ligne]. Disponible sur: <http://www.securiteconso.org/avis-relatif-a-la-securite-des-materiels-dattraction-installes-dans-les-parcs-de-loisirs-ou-fonctionnant-lors-des-fetes-foraines/>. [Consulté le: 18-déc-2016].
- [26] Siemens, « Step7 300 instruction list ». juin-2008.
- [27] *LOI n° 2008-136 du 13 février 2008 relative à la sécurité des manèges, machines et installations pour fêtes foraines ou parcs d'attractions*. 2008.
- [28] Walt Disney World, « Attraction accélération limits ». déc-2010.
- [29] Profibus Suisse, « Profibus ». oct-2002.
- [30] M. Bertrand, « Automates programmables industriels », *Tech. Ing.*, déc. 2010.
- [31] Subcommittee F24.24 on Design and Manufacture, « ASTM F 2291 ». janv-2016.
- [32] M. Bertrand, « Automates programmables industriels », mars 2001.
- [33] Siemens, « S7-300 CPU 31xC et CPU 31x : Caractéristiques techniques ». juin-2008.
- [34] Walt Disney World, « system safety program ». 25-sept-2009.
- [35] O. IDDIR, « L'arbre d'événements : une méthode d'analyse de risques ». 29-juin-2012.
- [36] Y. Liu, Y. Wu, et Z. Kalbarczyk, « Smart Maintenance via Dynamic Fault Tree Analysis: A Case Study on Singapore MRT System », 2017, p. 511-518.
- [37] O. IDDIR, *Principes D'évaluation de la Probabilité de Défaillance des Mesures de Maîtrise des Risques (MMR)*. Ed. Techniques Ingénieur, 2009.
- [38] O. IDDIR, « Probabilité de défaillance à la sollicitation d'une fonction instrumentée de sécurité ». 10-nov-2015.
- [39] M. Royer, « HAZOP: une méthode d, analyse des risques-Présentation et contexte », *Tech. L'ingénieur*, vol. 33, p. 16, 2009.
- [40] M. Royer, « HAZOP : une méthode d'analyse des risques - Principe ». 10-avr-2009.
- [41] E. Niel, « Sécurité opérationnelle des systèmes de production ». 10-sept-1997.
- [42] Y. Mortureux, « La sûreté de fonctionnement: méthodes pour maîtriser les risques », *Tech. L'Ingénieur*, p. 1-17, 2001.
- [43] O. IDDIR, « Évaluation du niveau de SIL requis des Fonctions Instrumentées de Sécurité (SIF) – Allocation du niveau de SIL ». 14-nov-2016.

- [44] Laprie, *Guide de la sûreté de fonctionnement*, Cépaduès. 1996.
- [45] G. ZWINGELSTEIN, « Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels complexes - Analyse prévisionnelle et bases de données de fiabilité ». 10-juin-2009.
- [46] A. Villemeur, P. Caseau, et A. D'Harcourt, *Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels: fiabilité, facteurs humains, informatisation*. Paris: Eyrolles, 1988.
- [47] H. Procaccia, P. Morilhat, et G. Menjon, *Fiabilité des structures des installations industrielles: théorie et applications de la mécanique probabiliste*. Paris: Éd. Eyrolles, 1996.
- [48] H. Brenier, *Les spécifications fonctionnelles: automatismes industriels et temps réel*. Paris: Dunod, 2001.

Annexes

Annexe 1 Script Matlab

La présente annexe présente le script Matlab utilisé pour faire les différents calculs de vitesse pour le capteur d'indexage.

Les données utilisées pour les calculs ont été enregistrées à l'aide du variateur et d'un logiciel dédié par le fabricant.

```
clear, close all

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%DONNEES MESUREES
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%DONNEES CONSTRUCTEUR
per_cour = 2*pi*(3600/2);           % Périmètre de la couronne (mm)
per_roue = 2*pi*(812.8/2);         % Périmètre de la roue (mm)
rap_red = 27.48;                   % rapport de réduction

%DONNEES MESUREES VARIATEUR
% filename='Cycle_normal.xlsx';
filename='Cycle_normal.xlsx';
Valeurs=xlsread(filename);

Duree_fonct=Valeurs(:,1);
Tension_mot=Valeurs(:,8);
Courant_mot=Valeurs(:,6);
Freq_mot=Valeurs(:,4);
Vit_var=Valeurs(:,2);

%CALCUL DU NOMBRE DE TOURS ROUE MOTEUR
Nb_tr_roue = per_cour/per_roue;

%CALCUL VITESSE ROUE D'ENTRAINEMENT
Vit_roue = Vit_var/rap_red;        % vitesse de la roue
                                     % en tr/min pendant un cycle
```

```

%CALCUL VITESSE Plateau
Vit_plat=Vit_roue/Nb_tr_roue;           % vitesse du plateau
                                         % en tr/min pendant un cycle

%CALCUL VITESSE Plateau en m/s
Vit_ms=(Vit_plat*per_cour)/(60*1000);   % vitesse du plateau
                                         % en m/s pendant un cycle

%CALCUL Vitesse Plateau en tr/s
Vit_capt=Vit_plat/60;                   % vitesse du plateau
                                         % en tr/s pendant un cycle

```

Annexe 2 Planning du projet

Le planning du projet a été réalisé sous Microsoft MS Project 2010. Les documents présentés ci-après sont extraits de ce logiciel.

Projet_Orbitron_v8.mpp									
N°		Mode Tâche	Task Name	Durée	Début	Fin	Prédécesseurs	Noms ressources	
1	✓		TRAVAUX PREPARATOIRES	156,5 jours	Lun 11/01/16	Ven 05/08/16			
2	✓		Cahier des charges	2 jours	Lun 11/01/16	Mar 12/01/16			
4	✓		Plan HMI	15,71 jours	Mar 12/01/16	Lun 15/02/16	2		
5	✓		Schémas vues tactile	1,71 jours	Mar 12/01/16	Jeu 14/01/16		Yann Hervoche	
6	✓		Ecran power up	2 hr	Mar 12/01/16	Mar 12/01/16			
7	✓		Ecran console	2 hr	Mer 13/01/16	Mer 13/01/16	6		
8	✓		Ecran visu ride	2 hr	Mer 13/01/16	Mer 13/01/16	7		
9	✓		Ecran Maintenance	2 hr	Mer 13/01/16	Mer 13/01/16	8		
10	✓		Ecran historique	2 hr	Mer 13/01/16	Mer 13/01/16	9		
11	✓		Ecran Réglages ?	2 hr	Jeu 14/01/16	Jeu 14/01/16	10		
12	✓		Validation vues tactile	15,43 jours	Mar 12/01/16	Lun 15/02/16	5		
13	✓		Validation Maintenance T2	3 hr	Lun 15/02/16	Lun 15/02/16		Yann Hervoche;Michael K	
14	✓		Validation Guest Safety	3 hr	Mar 12/01/16	Mer 13/01/16		Yann Hervoche;Laurent M	
15	✓		Validation EMPS	2 hr	Ven 15/01/16	Ven 15/01/16		Yann Hervoche;Laurent L	
16	✓		Schéma nouvelles consoles	0,86 jour	Ven 15/01/16	Mar 19/01/16	4		
21	✓		Documentations	66,71 jours	Mar 19/01/16	Ven 22/04/16	2;4;16		
38	✓		Devis	79,43 jours	Jeu 25/02/16	Lun 06/06/16	21		
39	✓		Demandes de devis prestataires	79,43 jours	Jeu 25/02/16	Lun 06/06/16			
40	✓		devis cablage attraction	1 jour	Jeu 03/03/16	Ven 04/03/16		Fred Deboissy	
41	✓		alimentation tactile	1 jour	Jeu 03/03/16	Ven 04/03/16			
42	✓		profibus-dp RCC tactile	1 jour	Jeu 03/03/16	Ven 04/03/16			
43	✓		Câblage LED (tranché à prévoir)	1 jour	Jeu 03/03/16	Ven 04/03/16			
44	✓		Câblage guérite	1 jour	Jeu 03/03/16	Ven 04/03/16			
45	✓		devis tactile	2,14 jours	Jeu 25/02/16	Ven 26/02/16		Mahamadou Fadiga	
46	✓		devis boutons console	1 jour	Mer 02/03/16	Jeu 03/03/16	45	Yann Hervoche	
47	✓		devis Lanterne	1,14 jours	Dim 28/02/16	Lun 29/02/16		Yannick Pincemin	
48	✓		devis capteur	1,14 jours	Dim 28/02/16	Lun 29/02/16		Yannick Pincemin	
49	✓		devis nouvelles consoles	2 jours	Jeu 02/06/16	Lun 06/06/16	76;47	Pentair	
50	✓		Demandes internes	5 jours	Jeu 03/03/16	Mer 09/03/16			
51	✓		devis cablage console	2 hr	Jeu 03/03/16	Jeu 03/03/16		Michael Kocik	
52	✓		devis serigraphie	5 jours	Jeu 03/03/16	Mer 09/03/16		Central Shop	

Projet_Orbitron_v8.mpp									
N°		Mode Tâche	Task Name	Durée	Début	Fin	Prédécesseurs	Noms ressources	
53	✓		devis démontage console	3 hr	Ven 04/03/16	Ven 04/03/16		Fred Deboissy	
54	✓		devis remontage console	3 hr	Lun 07/03/16	Lun 07/03/16	53	Michael Kocik	
55	✓		Prévision budgétaire	85,21 jours	Mer 02/03/16	Ven 17/06/16	38		
56	✓		Regroupement des devis	75 jours	Mer 02/03/16	Lun 06/06/16		Yann Hervoche	
57	✓		choix des prestataires	2 hr	Mer 02/03/16	Mer 02/03/16			
58	✓		validation des devis	1 hr	Mer 02/03/16	Lun 06/06/16	57		
59	✓		Réalisation du budget	75,21 jours	Mer 02/03/16	Lun 06/06/16	56	Yann Hervoche	
60	✓		synthèse des devis	0,25 hr	Mer 02/03/16	Mer 02/03/16			
61	✓		Rédaction d'un document explicatif	6 hr	Mer 02/03/16	Lun 06/06/16	60		
62	✓		Validation du budget	10 jours	Lun 06/06/16	Ven 17/06/16	59		
63	✓		validation EMPS	5 jours	Lun 06/06/16	Lun 13/06/16		Laurent Lerebours[20%]	
64	✓		Validation Finances	10 jours	Lun 06/06/16	Ven 17/06/16		Finances	
65	✓		Programmation	35,57 jours	Mer 02/03/16	Ven 15/04/16	21		
76	✓		Plan consoles	31,43 jours	Ven 22/04/16	Jeu 02/06/16	21		
88	✓		Schéma électrique	53,43 jours	Mer 20/04/16	Mar 28/06/16	76		
89	✓		Etude installation actuelle	0,57 jour	Mer 20/04/16	Jeu 21/04/16		Yann Hervoche	
92	✓		Définition des besoins	0,43 jour	Jeu 02/06/16	Ven 03/06/16	89	Hervé Offredo[20%]	
93	✓		Spécification Elec	3 hr	Jeu 02/06/16	Ven 03/06/16			
94	✓		Spécification Control Command	3 hr	Jeu 02/06/16	Ven 03/06/16			
95	✓		Réalisation des schémas électrique	15 jours	Ven 03/06/16	Mer 22/06/16	92	Hervé Offredo[20%]	
96	✓		Validation des schémas	5 jours	Mer 22/06/16	Mar 28/06/16	95	Laurent Lerebours[20%]	
97	✓		Commandes	32,14 jours	Ven 17/06/16	Mer 27/07/16	55;65		
98	✓		Préparation des bons de commandes	0,14 jour	Ven 17/06/16	Ven 17/06/16		Yann Hervoche	
99	✓		tactile	1 hr	Ven 17/06/16	Ven 17/06/16		Mahamadou Fadiga	
100	✓		nouvelles consoles	1 hr	Ven 17/06/16	Ven 17/06/16		Pentair	
101	✓		boutons	1 hr	Ven 17/06/16	Ven 17/06/16		Schneider electric	
102	✓		sérigraphie	1 hr	Ven 17/06/16	Ven 17/06/16		Central Shop	
103	✓		matériel câblage consoles	1 hr	Ven 17/06/16	Ven 17/06/16			
104	✓		matériel câblage attraction	1 hr	Ven 17/06/16	Ven 17/06/16			
105	✓		validation des commandes	2 jours	Ven 17/06/16	Mar 21/06/16	98	Laurent Lerebours[20%]	
106	✓		Réception des commandes	30 jours	Mar 21/06/16	Mer 27/07/16	105	Yann Hervoche	

Projet_Orbitron_v8.mpp									
N°	Mode Tâche	Task Name	Durée	Début	Fin	Prédécesseurs	Noms ressources		
107	✓	tactile	30 jours	Mar 21/06/16	Mer 27/07/16		Mahamadou Fadiga		
108	✓	nouvelles consoles	30 jours	Mar 21/06/16	Mer 27/07/16		Pentair		
109	✓	boutons	30 jours	Mar 21/06/16	Mer 27/07/16		Schneider electric		
110	✓	sérigraphie	30 jours	Mar 21/06/16	Mer 27/07/16		Central Shop		
111	✓	matériel câblage console	30 jours	Mar 21/06/16	Mer 27/07/16				
112	✓	matériel câblage attraction	30 jours	Mar 21/06/16	Mer 27/07/16				
113	✓	Montage atelier	8,14 jours	Mer 27/07/16	Ven 05/08/16	97			
114	✓	montage sérigraphie	2 jours	Mer 27/07/16	Ven 29/07/16		Central Shop		
115	✓	montage boutons	3 jours	Ven 29/07/16	Mer 03/08/16	114	Michael Kocik		
116	✓	montage public adress (nouveau système)	1 jour	Ven 29/07/16	Lun 01/08/16	114	Bruno Samimi		
117	✓	câblage de la console	3 jours	Mer 03/08/16	Ven 05/08/16	115;116	Michael Kocik		
118	✓	montage tactile	1 hr	Ven 05/08/16	Ven 05/08/16	114;117	Michael Kocik		
119		TRAVAUX SUR SITE	65,14 jours	Ven 01/02/19	Mar 23/04/19				
120		Montage	43,43 jours	Ven 01/02/19	Mer 27/03/19				
121		Armoire RCC	2,29 jours	Ven 01/02/19	Mar 05/02/19				
122		Ajout E/S	2,29 jours	Ven 01/02/19	Mar 05/02/19				
123		Suppression E/S non utilisées	1,14 jours	Ven 01/02/19	Lun 04/02/19				
124		Modification câblage E/S	1,14 jours	Ven 01/02/19	Lun 04/02/19				
125		Guérite Utilities	34,29 jours	Ven 01/02/19	Ven 15/03/19				
126		Implantation nouvelle Guérite	34,29 jours	Ven 01/02/19	Ven 15/03/19				
127		Tirage de câbles	37,71 jours	Mar 05/02/19	Ven 22/03/19				
128		Câble console tour	5,71 jours	Mar 05/02/19	Mar 12/02/19	121			
129		Câble console utilities	5,71 jours	Ven 15/03/19	Ven 22/03/19	125			
130		Câbles ajout lanternes OMM (tranchée)	11,43 jours	Mar 05/02/19	Mar 19/02/19	121			
131		Câbles ethernet public adress	5,71 jours	Mar 05/02/19	Mar 12/02/19	121			
132		Environnement console	3,43 jours	Ven 01/02/19	Mer 06/02/19				
133		Déplacement boitier BBG	3,43 jours	Ven 01/02/19	Mer 06/02/19				
134		Console Utilities	40,71 jours	Ven 01/02/19	Ven 22/03/19				
135		Démontage Console	4 hr	Ven 01/02/19	Ven 01/02/19				
136		Remontage Console	5 hr	Ven 22/03/19	Ven 22/03/19	135;126;129			
137		Console tour	43,43 jours	Ven 01/02/19	Mer 27/03/19				

Projet_Orbitron_v8.mpp							
N°	Mode Tâche	Task Name	Durée	Début	Fin	Prédécesseurs	Noms ressources
138		Démontage console	2,29 jours	Ven 01/02/19	Mar 05/02/19		
139		Remontage console	3,43 jours	Ven 22/03/19	Mer 27/03/19	138;127	
140		Tests	5,71 jours	Mer 27/03/19	Mer 03/04/19	120	
141		Test de fonctionnement	1,71 jours	Mer 27/03/19	Jeu 28/03/19		
142		Test des entrées	1,14 jours	Mer 27/03/19	Jeu 28/03/19		
143		Test des sorties	1,14 jours	Mer 27/03/19	Jeu 28/03/19		
144		Validation des tests	4 hr	Jeu 28/03/19	Jeu 28/03/19	142;143	
145		Test hors tension	0,29 jour	Mer 27/03/19	Mer 27/03/19		
146		Test vues tactile	1 hr	Mer 27/03/19	Mer 27/03/19		
147		Validation des tests	1 hr	Mer 27/03/19	Mer 27/03/19	146	
148		Tests en mode Maintenance	5,71 jours	Mer 27/03/19	Mer 03/04/19		
149		Réalisation des tests	4,57 jours	Mer 27/03/19	Mar 02/04/19		
150		Mise sous tension en mode mainten	3,43 jours	Mer 27/03/19	Lun 01/04/19		
151		Test mouvement de la cage	1,14 jours	Lun 01/04/19	Mar 02/04/19	150	
152		Test mouvement des bras	1,14 jours	Lun 01/04/19	Mar 02/04/19	150	
153		Test mouvement plateforme	1,14 jours	Lun 01/04/19	Mar 02/04/19	150	
154		Test écran historique	1,14 jours	Lun 01/04/19	Mar 02/04/19	150	
155		Validation des tests	1,14 jours	Mar 02/04/19	Mer 03/04/19	149	
156		Tests en mode Normal	5,71 jours	Mer 27/03/19	Mer 03/04/19		
157		Réalisation des tests	4,57 jours	Mer 27/03/19	Mar 02/04/19		
158		Mise sous tension en mode normal	3,43 jours	Mer 27/03/19	Lun 01/04/19		
159		Test portillons	1,14 jours	Lun 01/04/19	Mar 02/04/19	158	
160		Test Dispatch	1,14 jours	Lun 01/04/19	Mar 02/04/19	158	
161		Test changement vues tactile	1,14 jours	Lun 01/04/19	Mar 02/04/19	158	
162		Test temps de cycle	1,14 jours	Lun 01/04/19	Mar 02/04/19	158	
163		Validation des tests	1,14 jours	Mar 02/04/19	Mer 03/04/19	157	
164		Tests Audio	0,29 jour	Mer 27/03/19	Mer 27/03/19		
165		Réalisation des tests	0,14 jour	Mer 27/03/19	Mer 27/03/19		
166		Test Public Adress	1 hr	Mer 27/03/19	Mer 27/03/19		
167		Test Audio Attraction	1 hr	Mer 27/03/19	Mer 27/03/19		
168		Validation des tests	1 hr	Mer 27/03/19	Mer 27/03/19	165	

Projet_Orbitron_v8.mpp

N°	Mode Tâche	Task Name	Durée	Début	Fin	Prédécesseurs	Noms ressources
169		Tests Show	0,29 jour	Mer 27/03/19	Mer 27/03/19		
170		Réalisation des tests	0,14 jour	Mer 27/03/19	Mer 27/03/19		
171		Tests éclairages secours	1 hr	Mer 27/03/19	Mer 27/03/19		
172		Tests éclairages show	1 hr	Mer 27/03/19	Mer 27/03/19		
173		Tests éclairage travail	1 hr	Mer 27/03/19	Mer 27/03/19		
174		Validation des tests	1 hr	Mer 27/03/19	Mer 27/03/19	170	
175		Bureau de Contrôle	11,43 jours	Mer 03/04/19	Mer 17/04/19	140	
176		Certification SOCOTEC automatisme	11,43 jours	Mer 03/04/19	Mer 17/04/19		
177		Certification SOCOTEC contrôle règlemen	11,43 jours	Mer 03/04/19	Mer 17/04/19		
178		Formations	4,57 jours	Mer 17/04/19	Mar 23/04/19	175	
179		Formation opération	2,29 jours	Mer 17/04/19	Ven 19/04/19		
180		Formation maintenance	2,29 jours	Ven 19/04/19	Mar 23/04/19	179	

Résumé

La constante évolution des technologies permet de construire des machines de plus en plus sûres. Pour un parc comme Disneyland, la sécurité des visiteurs est primordiale. Atteindre cet objectif sans renoncer à la satisfaction des visiteurs est un challenge quotidien.

Pour y arriver, il ne suffit pas de respecter la norme, il faut savoir aller au-delà des attentes tout en intégrant les aspects ergonomiques pour les opérateurs. La réalisation de ces objectifs se doit d'être efficace sur la durée d'immobilisation, mais également financièrement rentable pour l'entreprise.

Une étude approfondie de tous les aspects est nécessaire dans la conduite et la réussite de ces projets qui impactent directement l'avenir de l'entreprise.

Mots clefs : Sécurité, ergonomie, normes, attractions.

Abstract

New technologies allow building increasingly safe machines. In a theme Park like Disneyland, customer's safety is a priority. Reaching it avoiding causing trouble to visitors is a daily struggle.

To achieve this goal, international standard requires are not sufficient. We need to go further and incorporate operator workstation's ergonomics. It also needs to be efficient to minimize attraction's closing time and not create any unnecessary cost.

A complete study of all requirements must be done to complete and succeed this project. The future of the company directly relies on it

Key words : Safety, ergonomic, standard, attractions