

BEA-TT

*Bureau d'enquêtes sur les accidents
de transport terrestre*

*Rapport d'enquête technique
sur la descente intempestive
du bac du plan incliné
de Saint-Louis-Arzviller (57)
survenue le 4 juillet 2013*

juillet 2015



**Conseil Général de l'Environnement
et du Développement Durable**

**Bureau d'Enquêtes sur les Accidents
de Transport Terrestre**

Affaire n° BEATT-2013-008

**Rapport d'enquête technique
sur la descente intempestive du bac
du plan incliné de Saint-Louis-Arzviller (57)
survenue le 4 juillet 2013**

Bordereau documentaire

Organisme commanditaire : Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (MEDDE)

Organisme auteur : Bureau d'Enquêtes sur les Accidents de Transport Terrestre (BEA-TT)

Titre du document : Rapport d'enquête technique sur la descente intempestive du bac du plan incliné de Saint-Louis-Arzviller (57) survenue le 4 juillet 2013

N° ISRN : EQ-BEAT--15-7--FR

Proposition de mots-clés : bief, plan incliné, système de contrôle-commande, inondation

Avertissement

L'enquête technique faisant l'objet du présent rapport est réalisée dans le cadre des articles L. 1621-1 à L. 1622-2 et R. 1621-1 à R. 1621-26 du code des transports relatifs, notamment, aux enquêtes techniques après accident ou incident de transport terrestre.

Cette enquête a pour seul objet de prévenir de futurs accidents, en déterminant les circonstances et les causes de l'événement analysé et en établissant les recommandations de sécurité utiles. Elle ne vise pas à déterminer des responsabilités.

En conséquence, l'utilisation de ce rapport à d'autres fins que la prévention pourrait conduire à des interprétations erronées.

SOMMAIRE

GLOSSAIRE.....	9
RÉSUMÉ.....	11
1 - CONSTATS IMMÉDIATS ET ENGAGEMENT DE L'ENQUÊTE.....	13
1.1 - Les circonstances de l'accident.....	13
1.2 - Le bilan humain et matériel.....	13
1.3 - L'engagement et l'organisation de l'enquête.....	13
2 - CONTEXTE DE L'ACCIDENT.....	15
2.1 - Le canal de la Marne au Rhin.....	15
2.2 - Le bief de partage des Vosges.....	15
2.3 - Le plan incliné de Saint-Louis-Arzviller.....	16
2.3.1 - Les caractéristiques générales.....	16
2.3.2 - La fréquentation du plan incliné de Saint-Louis-Arzviller.....	17
2.4 - L'exploitation du bief de partage des Vosges.....	18
3 - COMPTE RENDU DES INVESTIGATIONS EFFECTUÉES.....	19
3.1 - Le bateau PARIS.....	19
3.2 - Le départ de la promenade du bateau PARIS prévue le 4 juillet 2013 en fin de matinée.....	19
3.3 - L'état des lieux à l'arrivée des secours.....	20
3.3.1 - L'état des lieux à l'amont du plan incliné.....	20
3.3.2 - L'état des lieux à l'aval du plan incliné.....	20
3.4 - Les résumés des témoignages.....	21
3.4.1 - Le témoignage du conducteur du bateau PARIS.....	21
3.4.2 - Le témoignage de l'agent de sécurité du bateau PARIS.....	22
3.4.3 - Le témoignage de l'opératrice en poste dans la tour de contrôle du plan incliné.....	22
3.4.4 - Le témoignage de l'opérateur présent sur le bac.....	23
3.4.5 - Le témoignage de l'agent vacataire présent sur le bac.....	24
3.4.6 - Le témoignage du mécanicien en service sur le site du plan incliné au moment des faits.....	24
3.4.7 - Le témoignage du responsable de la maintenance du plan incliné au sein de la subdivision de Saverne.....	25
3.5 - Les organes mécaniques de l'installation.....	25
3.5.1 - Le bac.....	25
3.5.2 - Les principaux éléments mécaniques concourant au déplacement du bac.....	26
3.5.3 - Les dispositifs mécaniques permettant de maintenir le bac à son poste.....	26
3.6 - Le maintien de l'étanchéité entre le bac et les biefs.....	28
3.7 - Le système de contrôle-commande.....	29
3.8 - La manœuvre du bac.....	30

3.9 - La maintenance de l'installation.....	33
3.9.1 -Les référentiels.....	33
3.9.2 -Les interventions sur incident effectuées au cours du semestre ayant précédé l'accident survenu le 4 juillet 2013.....	34
3.10 - Les expertises réalisées après l'accident.....	35
3.10.1 -L'analyse des automatismes.....	35
3.10.2 -L'analyse des enregistrements tachymétriques.....	36
3.10.3 -L'examen du fonctionnement des capteurs.....	36
3.10.4 -L'étude de risques et de sécurité réalisée par l'APAVE.....	37
3.11 - Les enseignements tirés des expertises et des observations.....	38
3.11.1 -Une ergonomie inadaptée de plusieurs dispositifs de commande et de contrôle.....	38
3.11.2 -Des lacunes majeures de conception du système de contrôle-commande.....	39
3.11.3 -Les scénarios probables de l'accident survenu le 4 juillet 2013.....	39
4 - DÉROULEMENT DE L'ACCIDENT ET DES SECOURS.....	41
5 - SCHÉMA DES CAUSES ET DES FACTEURS ASSOCIÉS, ORIENTATIONS PRÉVENTIVES.....	43
5.1 - Le schéma des causes et des facteurs associés.....	43
5.2 - La conception du système de contrôle-commande du plan incliné et l'ergonomie de ses interfaces utilisateurs.....	44
5.3 - La traçabilité du fonctionnement et de la maintenance du plan incliné.....	44
5.4 - La réduction de l'ampleur d'une inondation provoquée par une défaillance du fonctionnement du plan incliné.....	45
6 - CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS.....	47
6.1 - Les causes de l'accident.....	47
6.2 - Les recommandations.....	47
ANNEXE : Décision d'ouverture d'enquête.....	49

Glossaire

- **CETMEF** : Centre d'Études Techniques Maritimes et Fluviales, devenu le 1^{er} janvier 2014 la direction technique eaux, mers et fleuves du Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (CEREMA)
- **PK** : Point Kilométrique
- **SDIS** : Service Départemental d'Incendie et de Secours
- **VNF** : Voies Navigables de France

Résumé

Le plan incliné de Saint-Louis-Arzviller est un ouvrage remarquable permettant aux bâtiments fluviaux naviguant sur le canal de la Marne au Rhin de franchir les contreforts des Vosges.

Le 4 juillet 2013, vers 11h40, le bac de ce plan incliné qui stationne à son poste amont, descend brusquement de trois mètres alors que les portes permettant d'y entrer sont ouvertes et que le bateau PARIS s'y engage avec 21 passagers à son bord pour rejoindre le bief aval du canal.

En se déplaçant, le bac dégage une ouverture béante dans le plan incliné par laquelle le bief amont du canal se vide. L'eau y déferle en cascade et le courant intense ainsi créé pousse un peu plus à l'intérieur du bac le bateau PARIS dont l'étrave se coince entre le bajoyer du sas d'entrée et celui du bac.

Aucune victime n'est à déplorer. À l'aval, l'ouverture des vannes des écluses permet de contenir l'inondation en évacuant l'eau en excès vers les cours d'eau. Endommagé, le plan incliné est fermé à tout trafic pendant 10 mois.

Cet accident est probablement la conséquence d'une défaillance de l'arrimage du bac à son poste amont conjugué à un actionnement malencontreux d'une commande intervenant dans le processus de lancement des départs de ce bac sans pour autant activer sa mise en mouvement effective.

Quatre facteurs ont contribué à cet accident et à ses conséquences :

- des lacunes importantes dans la logique du système de contrôle-commande du plan incliné qui permettent, notamment, d'obtenir sous certaines conditions un démarrage de la descente du bac alors que sa porte et celle du bief amont sont ouvertes ;
- des interfaces utilisateurs de ce système de contrôle-commande obsolètes qui n'apportent pas aux opérateurs pilotant la marche du plan incliné des informations complètes et précises, en temps réel, sur l'état des actionneurs et des sécurités. En particulier, aucun témoin fiable ne leur permet de vérifier que les crochets permettant d'arrimer le bac à ses postes à quai sont correctement verrouillés ;
- une traçabilité insuffisante tant des défaillances franches ou fugitives affectant les différents organes de l'ouvrage considéré que des interventions et des modifications dont ils font l'objet ;
- une vanne de sectionnement du bief amont trop éloignée du plan incliné qui ne limite pas suffisamment l'ampleur d'un déversement de ce bief vers l'aval.

Avant de remettre en service l'ouvrage concerné, Voies Navigables de France a apporté, sur la base des constats effectués consécutivement à cet accident, des modifications substantielles à la logique et à l'ergonomie de son système de contrôle-commande.

À la lumière de ces éléments, le BEA-TT adresse à cet établissement public trois recommandations portant respectivement sur :

- le renforcement de la traçabilité des incidents affectant le fonctionnement du plan incliné de Saint-Louis-Arzviller et des interventions de toute nature qui y sont effectuées ;
- l'organisation d'un retour d'expérience régulier et structuré sur l'état du fonctionnement de cet ouvrage ;
- la réduction de l'ampleur d'une inondation qui serait provoquée par sa défaillance.

1 - Constats immédiats et engagement de l'enquête

1.1 - Les circonstances de l'accident

Le plan incliné de Saint-Louis-Arzviller est un ouvrage remarquable permettant aux bâtiments fluviaux naviguant sur le canal de la Marne au Rhin de franchir les contreforts des Vosges.

Le 4 juillet 2013, vers 11h40, le bac de ce plan incliné qui stationne à son poste amont, descend brusquement de trois mètres alors que les portes permettant d'y entrer sont ouvertes et que le bateau PARIS s'y engage avec 21 passagers à son bord pour rejoindre le bief aval du canal.

En se déplaçant, le bac dégage une ouverture béante dans le plan incliné par laquelle le bief amont du canal se vide. L'eau y déferle en cascade et le courant intense ainsi créé pousse un peu plus à l'intérieur du bac le bateau PARIS dont l'étrave se coince entre le bajoyer du sas d'entrée et celui du bac.

1.2 - Le bilan humain et matériel

Les 21 passagers du bateau PARIS et les deux membres de son équipage l'évacuent rapidement pour se mettre en sécurité sur le terre-plein du plan incliné. Les deux opérateurs présents sur le bac le quittent en escaladant le mur de ce terre-plein. Aucune victime n'est à déplorer.

La partie aval du plan incliné est inondée, sans pour autant que ses berges soient submergées. Pour limiter cette inondation, les agents de Voies Navigables de France (VNF) ferment la vanne de sectionnement du bief amont la plus proche du plan incliné, qui est située à quelque trois kilomètres de cet ouvrage. Des vannes sont ouvertes à l'aval afin d'évacuer l'eau en excès vers les cours d'eau.

Le service départemental d'incendie et de secours (SDIS), appelé, intervient rapidement sur le site. Préventivement, les habitants des zones les plus basses de la commune de Lutzelbourg, située à l'aval du plan incliné, sont évacués. Ils peuvent progressivement regagner leur habitation le jour même à partir de 14h30.

Quelques embarcations de plaisance se trouvent échouées et inclinées dans le bief amont du canal consécutivement à la baisse rapide de son niveau.

Les agents de Voies Navigables de France parviennent à hisser le bac jusqu'à son poste amont. Le bateau PARIS est alors décoincé, puis déposé sur le terre-plein du plan incliné, à l'aide de deux grues spécialement acheminées sur le site.

Le plan incliné est endommagé et est fermé à tout trafic pendant près de 10 mois, perturbant très fortement l'activité économique en dépendant.

1.3 - L'engagement et l'organisation de l'enquête

Au vu des circonstances de cet accident, le directeur du bureau d'enquêtes sur les accidents de transport terrestre a ouvert, le 8 juillet 2013, une enquête technique en application des articles L. 1621-1 à L. 1622-2 du code des transports.

Les enquêteurs du BEA-TT se sont rendus sur place à plusieurs reprises pour y rencontrer les représentants et les personnels de Voies Navigables de France ainsi que les membres de l'équipage du bateau PARIS.

Ils ont eu accès à l'ensemble des documents nécessaires à leurs analyses, notamment aux pièces techniques relatives au fonctionnement du plan incliné de Saint-Louis-Arzviller et au rapport d'accident établi par la brigade fluviale de la gendarmerie nationale de Metz.

Ils ont également pu disposer des trois études respectivement commandées par VNF :

- à la société SCHNEIDER, sur le comportement des automatismes du système de contrôle-commande du plan incliné considéré ;
- à cette même société, sur l'état des capteurs impliqués dans le processus de ralentissement du bac à l'arrivée à son poste amont ;
- à la société de contrôle APAVE, sur l'identification des risques à prévenir dans le cadre de la modernisation du système de contrôle-commande précité.

Pour conduire leurs investigations, les enquêteurs du BEA-TT ont, en outre, fait appel à l'expertise du centre d'études techniques maritimes et fluviales (CETMEF) du ministère chargé des transports, devenu le 1^{er} janvier 2014 la division technique « *eaux, mer et fleuves* » du centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement.

2 - Contexte de l'accident

2.1 - Le canal de la Marne au Rhin

Long de 314 km, le canal de la Marne au Rhin relie Vitry-le-François dans la Marne (51) à Strasbourg dans le Bas-Rhin (67). Ce cours d'eau est aujourd'hui jalonné par plus de 150 écluses, trois tunnels, plusieurs ponts-canaux et par deux ouvrages remarquables, l'écluse de haute chute de Réchicourt-le-Château et le plan incliné de Saint-Louis-Arzviller.



Figure 1 : Le plan incliné de Saint-Louis-Arzviller sur le canal de la Marne au Rhin

Ce canal comprend deux biefs de partage : le bief de partage de Mauvages qui relie le bassin de la Marne à celui de la Meuse-Moselle et le bief de partage des Vosges, près de Gondrexange, qui assure le franchissement des contreforts des Vosges et relie les bassins de la Meurthe et du Rhin. À partir de ce bief, en poursuivant vers l'Est, une succession d'écluses permet de rejoindre le Rhin.

Conçu pour la navigation des péniches au gabarit Freycinet, le canal de la Marne au Rhin offre aux bateaux un mouillage¹ de 2,20 m.

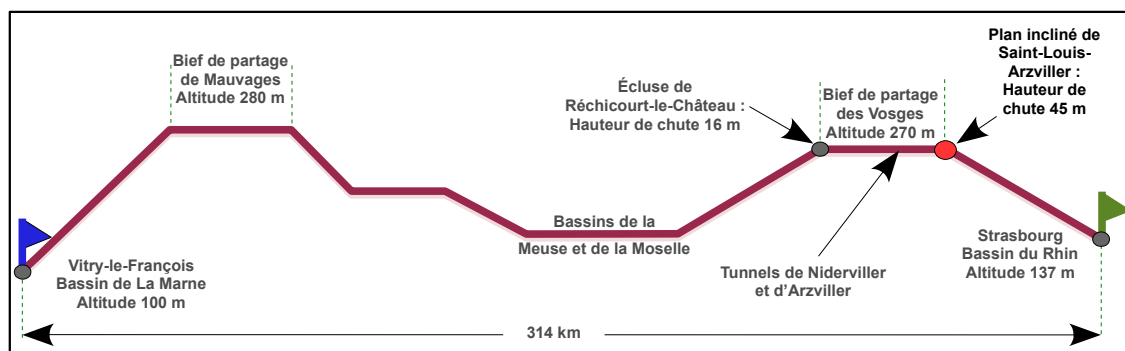


Figure 2 : Profil en long du canal de la Marne au Rhin

2.2 - Le bief de partage des Vosges

Le bief de partage des Vosges s'étend, sur environ 30 km, depuis l'écluse de Réchicourt-le-Château, à l'Ouest, jusqu'au plan incliné de Saint-Louis-Arzviller, à l'Est.

Il peut être physiquement sectionné afin d'en isoler une partie en cas de nécessité ou d'avarie telle que, par exemple, une brèche dans une digue.

Ainsi, à environ 3 km du plan incliné de Saint-Louis-Arzviller, ce bief de partage est doté d'une « vanne camembert » constituée d'une porte articulée normalement positionnée au fond du canal pour ne pas entraver le trafic fluvial.

1 Il s'agit de la profondeur d'eau disponible dans le canal.

Lorsqu'elle est soulevée, cette porte cloisonne le bief de partage des Vosges en deux parties étanches. En cas d'avarie sur les berges de la section de ce bief comprise entre cette vanne et le plan incliné de Saint-Louis-Arzviller, ou bien sur cet ouvrage lui-même, le risque d'assèchement du canal est limité à ce seul tronçon. Une inondation accidentelle liée à une éventuelle avarie qui l'affecterait, se trouverait donc réduite au volume d'eau contenu dans les trois kilomètres de canal concernés, soit à environ 100 000 m³.



Figure 3 : La « vanne camembert » située à 3 km en amont du plan incliné de Saint-Louis-Arzviller

2.3 - Le plan incliné de Saint-Louis-Arzviller

2.3.1 - Les caractéristiques générales

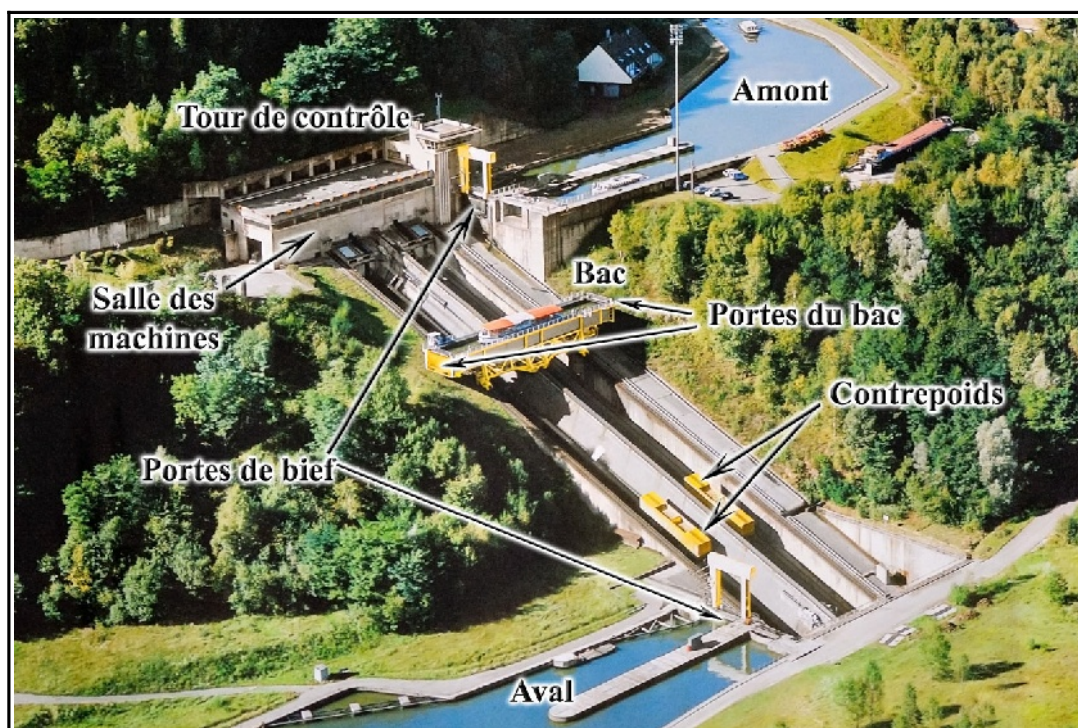


Figure 4 : Le plan incliné de Saint-Louis-Arzviller transportant un bateau

Le plan incliné de Saint-Louis-Arzviller a été mis en service en 1969. Il double et remplace 17 écluses permettant ainsi de réduire le temps de transit des bateaux entre les bassins de la Meurthe et du Rhin. Il permet également d'économiser l'eau nécessaire à l'alimentation du bief de partage des Vosges.

Cet ouvrage dont l'architecture générale est visualisée sur la figure 4 ci-dessus, comprend :

- deux portes de bief, de type guillotine, l'une à l'amont du canal et l'autre à l'aval ;
- le plan incliné proprement dit sur lequel se déplace un bac muni lui aussi de deux portes ;
- les immeubles, les aires de circulation et les terre-pleins nécessaires à son exploitation ;
- les machines et le système automatique de contrôle-commande.

Le bac est un bassin, rempli d'eau, permettant de transporter des bateaux sur un dénivelé de 44,50 mètres entre l'amont et l'aval du canal concerné.

Lorsque l'arrimage du bac à son poste aval ou amont est sécurisé, sa porte du côté du canal et celle du bief peuvent être ouvertes par un système mécanique qui les soulève ensemble. Les bateaux peuvent ainsi pénétrer à l'intérieur du bac ou en sortir. Lorsque les bateaux qui y sont entrés sont amarrés, la porte du bac et celle du bief sont fermées dans un même mouvement. Le bac peut alors être déplacé vers l'autre partie du canal.

Ainsi que le montre le schéma de la figure 5 ci-après, ce bac est tiré par des câbles enroulés d'un demi-tour sur les tambours de treuils actionnés par des moteurs électriques situés dans la salle des machines implantée à proximité de la tour de contrôle. Des contrepoids équilibrent le système, permettant de limiter considérablement la puissance nécessaire au déplacement du bac.

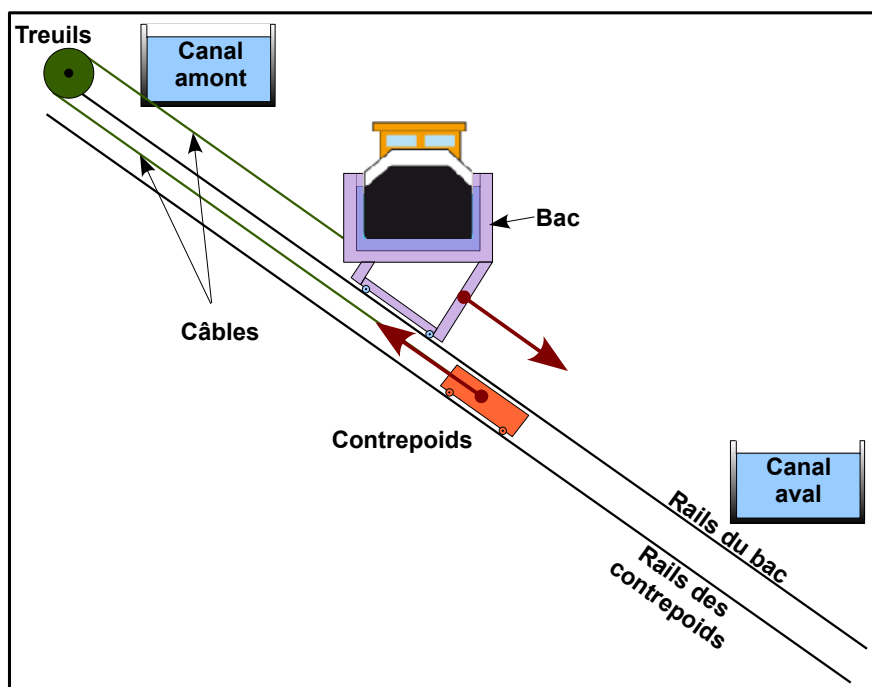


Figure 5 : Principe de fonctionnement du plan incliné de Saint-Louis-Arzviller

2.3.2 - La fréquentation du plan incliné de Saint-Louis-Arzviller

Compte tenu de ses caractéristiques, le plan incliné de Saint-Louis-Arzviller peut effectuer, au total, un maximum de 39 montées et descentes par jour.

Dans les années qui ont suivi sa mise en service, plus 4000 bateaux de commerce, principalement des péniches au gabarit Freycinet, y transitaient annuellement. En

revanche, peu de bateaux de plaisance y étaient recensés. Le profil du trafic qu'il écoule a depuis radicalement changé ainsi qu'en témoigne le tableau ci-après qui détaille, par catégories, les volumes de bâtiments qui l'ont emprunté en 2012.

Bateaux de plaisance	Bateaux hôtel - restaurant	Bateaux de commerce	Bateaux de promenade	Bateaux de service	Total
6555	30	166	2033	16	8800

Figure 6 : Le trafic de bateaux écoulé par le plan incliné de Saint-Louis-Arzviller en 2012

Ainsi, ce plan incliné est aujourd'hui essentiellement utilisé par des bateaux dédiés à la plaisance et au tourisme. Par ailleurs, avec plus de 140 000 visiteurs qui y sont accueillis chaque année, il est l'ouvrage technique le plus visité de la Lorraine. Son impact économique régional est donc très important.

2.4 - L'exploitation du bief de partage des Vosges

L'exploitation du bief de partage des Vosges et du plan incliné de Saint-Louis-Arzviller est assurée par la subdivision de Saverne de la direction territoriale de Strasbourg de Voies Navigables de France.

Très précisément, les attributions de cette subdivision couvrent la totalité de la section du canal de la Marne au Rhin qui s'étend de l'écluse de Réchicourt-le-Château sise, à l'Ouest, au PK* 222,1 jusqu'à l'écluse n° 47 située, à l'Est, au PK 300,6. Elles englobent également la gestion de la partie du canal de la Sarre qui dessert les étangs réservoirs permettant d'alimenter en eau le bief de partage des Vosges.

Cette subdivision, dont le siège administratif est implanté à Saverne, dispose en particulier d'un pôle de maintenance des ouvrages placés sous son égide.

Dans ce cadre, la conduite et la gestion courante du plan incliné de Saint-Louis-Arzviller sont assurées par six opérateurs permanents affectés sur le site même de cet ouvrage. En outre, quatre agents relevant du pôle de maintenance précité effectuent régulièrement la maintenance et l'entretien de ce plan incliné.



Figure 7 : La section du canal de la Marne au Rhin exploitée par la subdivision de Saverne

* Terme figurant dans le glossaire

3 - Compte rendu des investigations effectuées

3.1 - Le bateau PARIS

Le bateau PARIS est l'un des deux bâtiments exploités par l'association touristique du plan incliné de Saint-Louis-Arzviller. Long de 21,26 mètres, il peut transporter une centaine de passagers. Il est dédié à la réalisation de courtes promenades touristiques entre les biefs situés en amont et en aval du plan incliné précité. Il embarque ses passagers à l'amont de cet ouvrage, où il est basé, et il leur fait effectuer un circuit fluvial vers l'aval en empruntant le bac, à l'aller et au retour.

Son équipage comprend un conducteur et un agent de sécurité dont le rôle principal est d'encadrer les passagers.



Figure 8 : Le bateau Paris embarquant des passagers sur le bief situé en amont du plan incliné de Saint-Louis-Arzviller

3.2 - Le départ de la promenade du bateau PARIS prévue le 4 juillet 2013 en fin de matinée

Le 4 juillet 2013, après avoir effectué depuis 7h15 dix allers et retours entre les biefs amont et aval, le bac du plan incliné de Saint-Louis-Arzviller stationne vers 11h30 à son poste amont, sa porte et celle du bief étant ouvertes.

Parallèlement, le bateau PARIS qui a déjà assuré, ce 4 juillet 2013, une première promenade touristique, s'apprête à en réaliser une deuxième. Il embarque, à cette fin, 21 passagers qui attendent sur le terre-plein du bief amont du plan incliné.

Vers 11h40, ces passagers sont installés à bord du bateau PARIS. Son conducteur appareille alors et le présente à l'entrée du bac. Le feu vert l'autorisant à y entrer étant allumé, il manœuvre pour y pénétrer.

Au moment où l'avant du bateau s'engage dans le bac, ce dernier commence à descendre.

3.3 - L'état des lieux à l'arrivée des secours

3.3.1 - L'état des lieux à l'amont du plan incliné

Lorsqu'ils arrivent sur les lieux, les services de secours constatent que les portes du bac et du bief amont sont ouvertes. La proue du bateau PARIS est engagée longitudinalement sur environ deux mètres à l'intérieur du bac. Ce dernier n'est plus arrimé à son poste et il a parcouru quelque trois mètres sur le plan incliné. Il coince en ciseau l'étrave du bateau PARIS entre son bajoyer et celui du sas d'entrée.

Ainsi encastrée dans le coin du bac, cette étrave est retenue au-dessus de l'eau. Le canal se vide et son eau chute en cascade dans le plan incliné. Le bac est partiellement vidé.

Compte tenu de la présence du bateau PARIS, les portes du bief et du bac ne peuvent pas être fermées.

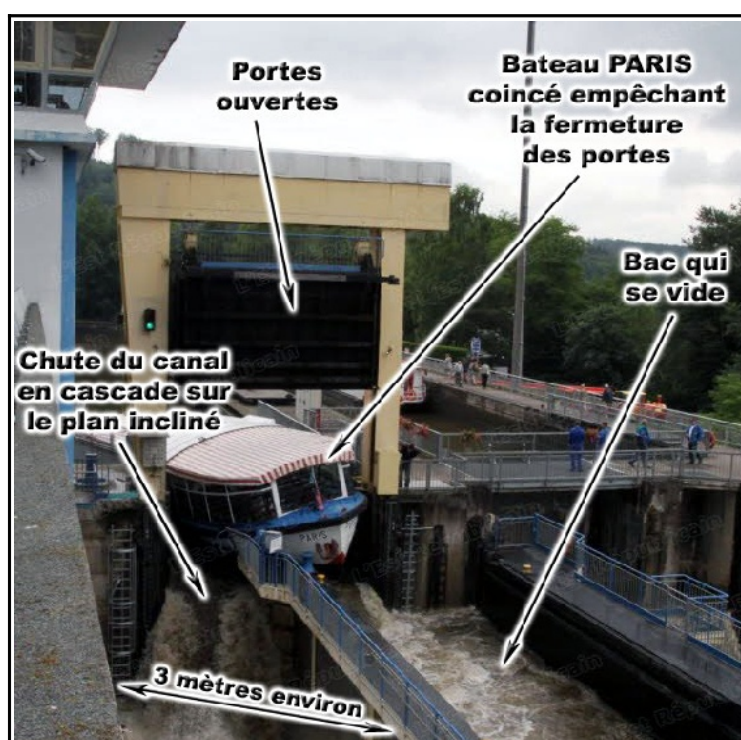


Figure 9 : Le bateau PARIS coincé à l'entrée du bac du plan incliné de Saint-Louis-Arzviller

3.3.2 - L'état des lieux à l'aval du plan incliné

L'eau du bief amont, qui chute en cascade sur le plan incliné, s'accumule dans la section aval du canal qui menace de déborder et d'inonder les zones habitées avoisinantes. De fait, dans le bief aval, le niveau de l'eau atteint presque le haut des berges. Celles-ci, très sollicitées, peuvent céder à tout instant et la vallée pourrait ainsi être brutalement inondée.

Par mesure de précaution, le camping aménagé en contrebas du plan incliné ainsi que les parties basses de la commune de Lutzelbourg sont évacués. Les routes d'accès à la vallée sont fermées et des cellules de surveillance de la montée des eaux sont installées jusqu'à Saverne.



Figure 10 : L'aval du plan incliné inondé

3.4 - Les résumés des témoignages

Les résumés des témoignages présentés ci-après sont établis par les enquêteurs techniques sur la base des déclarations, orales ou écrites, dont ils ont eu connaissance. Ils ne retiennent que les éléments qui paraissent utiles pour éclairer la compréhension et l'analyse des événements et pour formuler des recommandations. Il peut exister des divergences entre les différents témoignages recueillis et entre ceux-ci et des constats et analyses présentés par ailleurs.

3.4.1 - *Le témoignage du conducteur du bateau PARIS*

Le conducteur du bateau PARIS indique qu'il pilote ce bâtiment depuis 15 ans pour le compte de l'association touristique du plan incliné de Saint-Louis-Arzviller.

Il précise que les voyages qu'il effectue consistent à embarquer des passagers à l'amont de ce plan incliné, à descendre dans le bief aval du canal en empruntant cet ouvrage, à y faire une promenade, puis à remonter jusqu'au bief amont. Ce circuit s'étend sur environ 4 km.

Il déclare que le jour de l'accident, le bateau PARIS avait effectué un premier voyage sans encombre, à 10h30, avec 100 personnes, dont une cinquantaine d'écoliers, à son bord. Vint-et-un passagers y avaient embarqué pour la seconde rotation. Lorsqu'il a commencé à manœuvrer, le bac était en position amont. Sa porte ainsi que celle du bief étaient ouvertes. Le feu autorisant l'entrée dans le bac était au vert.

Ce conducteur affirme qu'au moment où son bateau allait s'engager dans le bac, ce dernier a « décroché ». L'opérateur de Voies Navigables de France présent sur le bac lui a crié de reculer. Il a alors mis la machine en arrière, mais en descendant, le bac a coincé l'avant de son bateau et en a déchiré la tôle de l'étrave. Le bateau a immédiatement pris de la gîte et a été retenu entre le bac et la paroi du plan incliné avant d'avoir pu reculer.

En accord avec l'agent de sécurité présent à bord du bateau concerné, le conducteur a immédiatement décidé d'évacuer les passagers.

Il en est également descendu, puis est retourné à son bord pour stopper le moteur qui était en marche arrière, car une épaisse fumée blanche s'en dégageait. Il relève qu'il n'y a eu ni blessé ni incendie.

Le conducteur précise qu'il n'a jamais connu d'incident lors de déplacements sur le plan incliné de Saint-Louis-Arzviller et qu'il n'a pas connaissance de travaux qui auraient été réalisés dernièrement sur cet ouvrage.

3.4.2 - Le témoignage de l'agent de sécurité du bateau PARIS

L'employée de l'association touristique du plan incliné de Saint-Louis-Arzviller qui exerçait au moment de l'accident considéré la fonction d'agent de sécurité à bord du bateau PARIS déclare que 21 passagers y étaient embarqués pour un circuit d'une durée d'environ 45 minutes.

Elle indique avoir entendu crier « *attention, attention* » lorsque le bateau a commencé à franchir les portes d'entrée du bac. Elle a alors demandé aux passagers de se tenir aux superstructures du bateau. Elle a ensuite ressenti un choc et le bateau a pris de la gîte à bâbord.

Avec le conducteur, elle a rapidement organisé l'évacuation des passagers sur la berge. Elle a parallèlement remarqué que de la fumée s'échappait du bateau.

Elle pense que l'alerte a été donnée par l'opérateur présent sur le bac. Il était accompagné d'un jeune employé saisonnier.

3.4.3 - Le témoignage de l'opératrice en poste dans la tour de contrôle du plan incliné

L'opératrice présente dans la tour de contrôle du plan incliné au moment où l'accident considéré s'est produit, œuvre sur ce site depuis environ 12 ans. Son rôle à la tour de contrôle consiste à gérer les montées et les descentes du bac, à contrôler le fonctionnement de l'ensemble de l'installation et à prévenir des éventuels dysfonctionnements. Elle précise qu'elle travaille généralement en équipe avec l'opérateur qui était présent sur le bac au moment de l'accident et qu'ils permutent régulièrement leurs fonctions

Elle déclare que ce 4 juillet 2013, elle a pris son poste à 7h00 du matin et qu'elle a d'abord commencé par travailler sur le bac qui a effectué sans encombre une dizaine d'allers et retours entre l'amont et l'aval. Elle a ensuite permuté de fonction avec son collègue qui était en poste à la tour de contrôle.

Elle précise qu'un vacataire employé par VNF était également sur le bac. Il était arrivé le matin même à 7h00 et se trouvait en formation. Il devait assurer, le lendemain 5 juillet 2013, la fonction d'opérateur en charge de la manœuvre depuis le bac.

Cette opératrice indique que, vers 11h30, le bateau PARIS de l'association du plan incliné de Saint-Louis-Arzviller s'est présenté à l'entrée du bac dans le bief amont. Elle a entendu, peu après, son collègue présent sur le bac crier. Elle a alors constaté de visu que le bac était descendu de sa position haute et avait parcouru environ trois mètres, alors même que l'avant du bateau PARIS était à l'aplomb des portes concernées. Il lui semble avoir vu le bac coincer l'avant de ce bateau.

Elle a immédiatement appuyé sur les boutons « *ARRÊT SECOURS* » et « *ARRÊT RÉGULATION SÉCURITÉ* » situés sur le pupitre de commande de la tour de contrôle. L'effet a été immédiat et le bac s'est immobilisé.

Elle ajoute que l'eau se déversait, en grande quantité, du canal amont vers le plan incliné. Ce déferlement était très bruyant et une alarme du pupitre de commande sonnait.

Elle a prévenu le service départemental d'incendie et de secours (SDIS), le centre d'alerte rhénan d'informations nautiques de Gamsheim (CARING), la subdivision de Saverne de Voies Navigables de France (VNF), l'agent itinérant de cet établissement ainsi que les agents chargés de la gestion du tunnel fluvial d'Arzviller pour qu'ils ferment la vanne « *camembert* » du canal située immédiatement en amont du plan incliné afin d'éviter que le bief amont se vide en entier vers l'aval.

L'opératrice concernée précise également qu'une épaisse fumée provenant du bateau l'empêchait de distinguer ce qui se passait au niveau des portes du bac et du bief.

Elle certifie ne pas avoir commandé le démarrage du bac depuis son pupitre.

3.4.4 - Le témoignage de l'opérateur présent sur le bac

L'opérateur présent sur le bac lors de l'accident considéré est un agent d'exploitation spécialisé de VNF qui travaille depuis environ 10 ans sur le site. Il indique qu'il exerce ses fonctions en binôme, exclusivement avec l'opératrice qui se trouvait alors dans la tour de contrôle du plan incliné. Il précise qu'ils permutent régulièrement leurs fonctions. Ainsi, il assure alternativement la conduite du plan incliné depuis la tour de contrôle ou la surveillance et la gestion des manœuvres depuis le bac.

Ce 4 juillet 2013, il a d'abord travaillé à la tour de contrôle, puis il a pris, vers 11h00, le relais de sa collègue sur le bac. Un vacataire, arrivé le matin même, l'accompagnait.

Ce conducteur déclare qu'il a appuyé lui-même sur le bouton-poussoir « *AUTORISATION ENTRÉE* » qui active le feu vert de signalisation autorisant l'entrée des bateaux dans le bac, lorsque le bâtiment PARIS s'est présenté, vers 11h40, devant les portes ouvertes de ce bac et du bief.

Il explique qu'afin de faciliter l'amarrage des bateaux dans le bac, il en donne d'abord l'accès aux bâtiments les plus longs tels que le bateau PARIS. Les bateaux plus petits y entrent ensuite. C'est pourquoi le feu vert de signalisation n'est pas allumé à l'avance.

Il a l'impression que le départ intempestif du bac s'est produit au moment où il a actionné le bouton-poussoir précité, même s'il n'y a apparemment aucun lien logique de cause à effet. Il a ressenti la secousse caractéristique qui se produit lorsque le bac se met en mouvement. En regardant le mur en béton, il s'est aperçu qu'il se déplaçait. Il lui a semblé que le bac accélérât. La cinématique du mouvement ressemblait à celle d'un départ normal.

L'opérateur concerné a alors, par réflexe, positionné le feu d'entrée au rouge et a tenté, en criant et en faisant de grands gestes, d'avertir du danger le conducteur du bateau PARIS afin qu'il recule. Mais il était trop tard. Cet opérateur précise ne pas avoir appuyé sur le bouton d'arrêt d'urgence qui était situé derrière lui sur le bac.

Le bac s'est cependant arrêté sans qu'il ne se l'explique. Il a constaté que le bateau PARIS était coincé et incliné. Énormément d'eau s'échappait en cascade vers le plan incliné à travers l'ouverture que le bac avait laissé béante en se mettant en mouvement.

À cause de la bruine et de la fumée qui s'échappait du bateau PARIS, il n'y voyait plus rien. Craignant pour leur sécurité, ils ont, avec le vacataire l'accompagnant, évacué le bac par leurs propres moyens en escaladant les garde-corps implantés sur le terre-plein du bief amont.

Cet opérateur estime qu'un tel accident ne peut pas résulter d'une simple erreur, éventuelle, de manipulation des boutons des pupitres de commande, tant les sécurités sont nombreuses.

3.4.5 - Le témoignage de l'agent vacataire présent sur le bac

L'agent vacataire de la subdivision de Saverne qui était présent sur le bac au moment de l'accident déclare qu'il est étudiant et qu'il a été recruté par Voies Navigables de France pour la période estivale. Sa prise de poste a eu lieu le matin même et il a pris part aux différents voyages effectués par le bac au cours de cette matinée. Il pense qu'il devait remplacer, dès le lendemain, un opérateur en charge de la manœuvre du bac. Il était donc en formation. L'opérateur en titre en poste sur le bac lui enseignait les procédures à suivre et surveillait ses gestes lorsqu'il intervenait pour les manœuvres.

Cet agent ajoute que juste avant l'accident, le bac était arrêté à son poste amont. Sa porte ainsi que celle du bief étaient ouvertes. Le cadre d'étanchéité était normalement plaqué contre le bac. Le feu autorisant les bateaux à y entrer a été activé par l'opérateur en titre et le bateau PARIS s'y est alors engagé.

Cet agent indique qu'il ne s'est pas immédiatement rendu compte que le bac s'était mis en mouvement. Le niveau d'eau y a subitement monté et le bac s'est presque rempli totalement en un délai qu'il estime à une dizaine de secondes. Ensuite, ce niveau d'eau a baissé.

Il précise que, craignant pour leur sécurité, ils ont, avec l'opérateur, décidé d'évacuer le bac. Ils sont, pour se faire, passés par-dessus les garde-corps implantés sur le terre-plein du bief.

3.4.6 - Le témoignage du mécanicien en service sur le site du plan incliné au moment des faits

L'un des mécaniciens chargés de la maintenance du plan incliné de Saint-Louis-Arzviller au sein de la subdivision de Saverne était présent sur le site de cet ouvrage lorsque l'accident considéré s'est produit.

Ce mécanicien indique qu'il participe à la maintenance du plan incliné concerné depuis quelque 12 ans. Le 4 juillet 2013, il y a effectué différents examens programmés. À l'issue de ses interventions, il a rejoint l'opératrice en fonction dans la tour de contrôle. Il s'est installé derrière le pupitre de commande. Il ne voyait pas ce qui se passait en bas sur le bac.

Il confirme que cette opératrice était à son poste. Ils ont tous les deux entendu un cri provenant du bac. Ils ont alors constaté qu'il s'était déplacé. L'opératrice précitée a immédiatement appuyé sur les boutons d'arrêt d'urgence situés sur son pupitre de commande. Le bac s'est arrêté.

Le mécanicien concerné déclare qu'il a alors quitté la tour de contrôle pour descendre sur le quai. Le bateau PARIS était coincé dans l'entrée du bac et l'eau du bief amont se déversait en cascade sur le plan incliné.

Il a téléphoné aux agents en charge de la gestion du tunnel fluvial d'Arzviller, dont l'entrée se trouve à environ 3 km en amont du plan incliné, afin qu'ils ferment la vanne « *camembert* » proche de cette entrée pour éviter que le bief entier ne se vide.

Le mécanicien expose que les dernières interventions effectuées par des entreprises sur le plan incliné datent de novembre 2012. Elles ont concerné les centrales hydrauliques assurant l'actionnement des crochets d'arrimage qui ont été changées. Il ajoute que toutes les pannes affectant le plan incliné sont consignées dans un registre tenu à cet effet.

Il pense que les dispositifs de sécurité sont si nombreux que cet accident n'aurait pas dû se produire.

3.4.7 - Le témoignage du responsable de la maintenance du plan incliné au sein de la subdivision de Saverne

Le responsable de la maintenance du plan incliné de Saint-Louis-Arzviller en fonction au sein de la subdivision de Saverne assure le suivi de cet ouvrage depuis 32 ans. Le 4 juillet 2013, il a effectué une visite de ce site vers 10h00. Tout y était normal. Il s'est ensuite rendu sur une autre installation.

Vers 11h45, il a reçu un appel lui signalant l'accident survenu sur le site de Saint-Louis-Arzviller et l'informant que le bief amont se déversait vers l'aval. Il y est revenu.

À son arrivée, après une première évaluation, il s'est rendu en salle des machines, a coupé l'alimentation électrique des installations aval et a contacté une entreprise disposant de grues capables de lever le bateau PARIS et de le déposer sur le terre-plein du bief.

Sous le contrôle du service départemental d'incendie et de secours arrivé sur les lieux, il a remonté le bac jusqu'à son poste amont. Il a agi par petites impulsions sur les freins équipant les tambours des treuils, le bac, presque vidé de son eau, remontant progressivement sous l'effet des contrepoids. Le bateau PARIS ayant ainsi été décoincé, les portes du bac et du bief ont pu être fermées.

Cet agent indique que l'actuel système de contrôle-commande du plan incliné repose sur des automates programmables qui ont été conçus sur la base de la logique câblée initiale.

3.5 - Les organes mécaniques de l'installation

Les figures 11 à 16 ci-après visualisent les principaux organes mécaniques du plan incliné de Saint-Louis-Arzviller.

3.5.1 - Le bac

Le bac est en acier. Il est fermé à chacune de ses deux extrémités par une porte de type guillotine et sa section a la forme d'un « U ». Dimensionné pour transporter des péniches au gabarit Freycinet, sa longueur intérieure, sa largeur et sa profondeur s'élevaient respectivement à 41,50 mètres, 5,50 mètres et 3,20 mètres.



Figure 11 : Le bac vu de l'aval du plan incliné

Dépendant du volume d'eau qu'il contient, sa masse totale varie autour d'une valeur moyenne de l'ordre de 750 tonnes.

3.5.2 - Les principaux éléments mécaniques concourant au déplacement du bac

Le bac considéré est porté par quatre ensembles de bogies qui roulent sur des rails fixés à la rampe du plan incliné.

Afin que son axe longitudinal reste en permanence perpendiculaire à sa trajectoire, le déplacement de ce bac est guidé par deux couples de galets horizontaux qui prennent appui sur une poutre centrale parallèle aux rails précités, ainsi que le montre la figure 12 ci-dessous. Ces galets permettent également d'absorber la pression hydrostatique que l'eau du canal exerce horizontalement sur le bac lorsqu'il est arrimé à l'un de ses postes, amont ou aval, et que les portes correspondantes sont ouvertes.

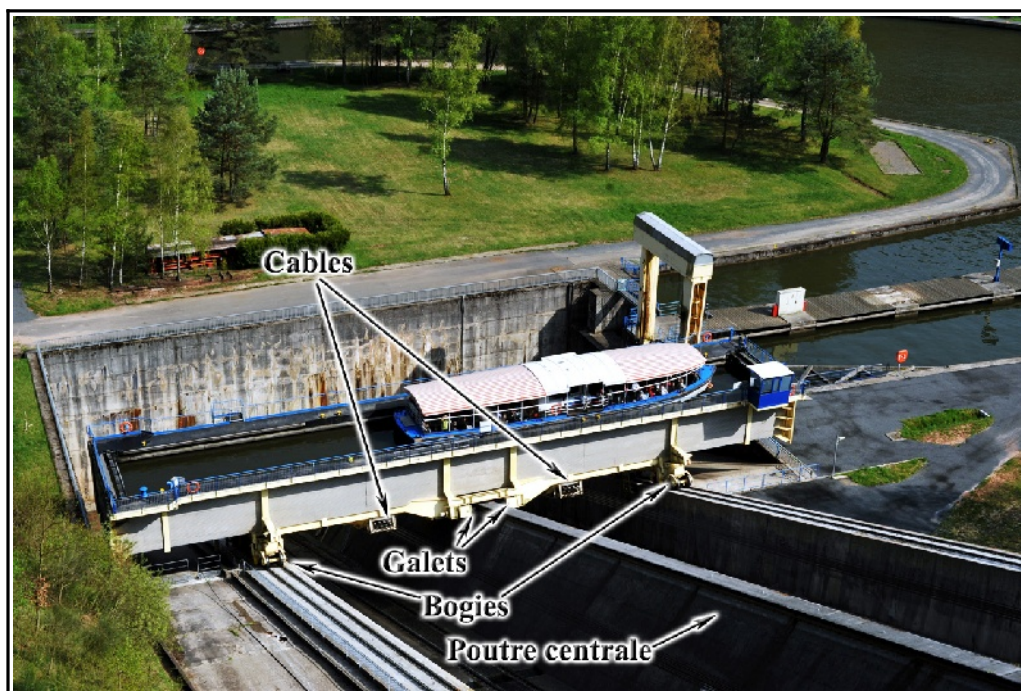


Figure 12 : Vue, depuis l'amont, du bac transportant le bateau PARIS

Vingt-huit câbles de traction, répartis en deux faisceaux en comprenant chacun quatorze, sont fixés au bac à l'une de leurs extrémités par des vérins qui amortissent les efforts. Chacun de ces câbles est enroulé d'un demi-tour autour du tambour de l'un ou l'autre de deux treuils. Son autre extrémité est attachée à un contrepoids.

Deux moteurs électriques, à courant continu, assurent chacun l'entraînement de l'un des deux treuils précités.

3.5.3 - Les dispositifs mécaniques permettant de maintenir le bac à son poste

Les crochets

Deux paires de crochets, respectivement placées à l'amont et à l'aval du plan incliné, permettent d'arrimer le bac lorsqu'il se trouve à poste.

Ces crochets sont actionnés par deux types de vérins. Les premiers, dits « *vérins d'abaissement* », les maintiennent abaissés avant que le bac n'atteigne le poste d'arrimage concerné, puis les relèvent sur des cylindres solidaires de ce bac lorsqu'il est à poste, en agissant dans le sens indiqué par la flèche n° 1 portée sur la figure 13 ci-après. Les autres vérins, dits « *de verrouillage* », verrouillent ces crochets en les serrant, dans le

sens de la flèche n° 2 de la figure précitée, par l'intermédiaire d'un axe excentrique, sur les cylindres solidaires du bac.

L'alimentation en huile de ces vérins est assurée par des centrales hydrauliques. Par défaut, lorsqu'ils ne sont pas sous pression, les crochets correspondants sont relevés par gravité sous l'effet de contreponds.



Figure 13 : Un des deux crochets aval dans la position relevée

Les freins-moteurs

Les deux moteurs électriques qui permettent chacun d'entraîner un treuil sont munis de freins électromagnétiques dénommés « freins-moteurs » qui sont disposés sur leurs axes. Ces freins sont utilisés en fonctionnement courant pour ralentir et immobiliser le bac. En l'absence de toute alimentation électrique, ils sont serrés.

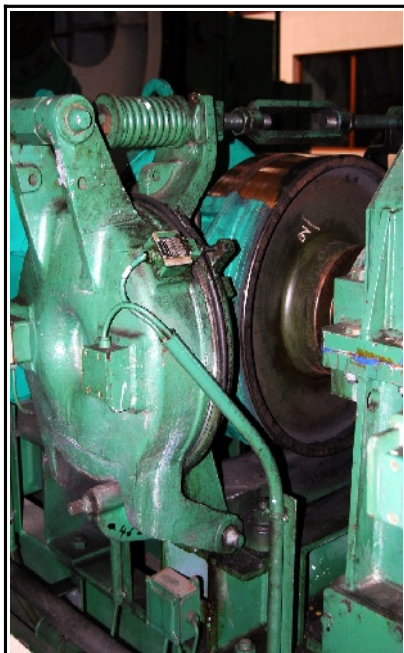


Figure 14 : Les « freins-moteurs »

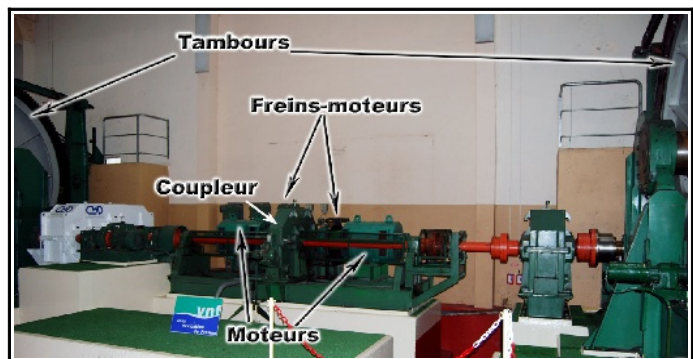


Figure 15 : Moteurs et « freins-moteurs »

Les freins-tambours

Les tambours des treuils autour desquels s'enroulent les câbles sont équipés de freins puissants dénommés « freins-tambours », dont les mâchoires sont actionnées par de l'air comprimé provenant de compresseurs et agissant sur des vérins de telle sorte qu'elles sont serrées sur les tambours concernés lorsque les circuits sont dépressurisés.

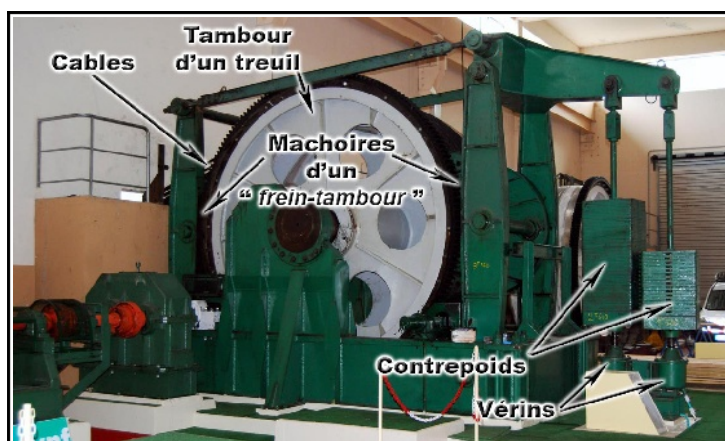


Figure 16 : Les « freins-tambours » dans la salle des machines

La sécurisation de l'installation

En fonctionnement nominal, lorsque le bac se trouve à son poste amont ou à son poste aval, les crochets correspondants sont relevés et verrouillés et les « freins-moteurs » sont serrés. Lorsqu'il est nécessaire d'immobiliser l'installation en situation particulière ou d'urgence, il est fait usage des « freins-tambours ».

3.6 - Le maintien de l'étanchéité entre le bac et les biefs

Tant à l'amont qu'à l'aval, l'étanchéité entre le bac et le bief concerné est assurée, lorsque les portes correspondantes sont ouvertes, par un cadre d'étanchéité, portant des joints en caoutchouc, qui est fixé à l'infrastructure du plan incliné et qui est plaqué, par l'intermédiaire de vérins, contre le bac.



Figure 17 : Porte du bief aval en l'absence du bac

3.7 - Le système de contrôle-commande

Le fonctionnement du plan incliné de Saint-Louis-Arzviller et de ses différents organes mécaniques est commandé par un système de contrôle-commande dont les automatismes, notamment de montée, de descente et d'arrimage du bac, reposaient en 1969, à la mise en service de cet ouvrage, sur des dispositifs électrotechniques utilisant une logique câblée.

En 1999, ces dispositifs ont été remplacés par quatre automates programmables respectivement installés dans la tour de contrôle, dans la salle des machines et au droit des biefs amont et aval. Cette modification a été effectuée en conservant la logique qui prévalait initialement en 1969.

Ces quatre automates reçoivent des informations des boutons-poussoirs, d'un ensemble de capteurs et de différentes familles de sécurités. Ces informations sont transmises par le biais d'un réseau optique en boucle.

La conduite générale du plan incliné considéré est effectuée à partir du pupitre de commande de la tour de contrôle que la figure 18 ci-après visualise.

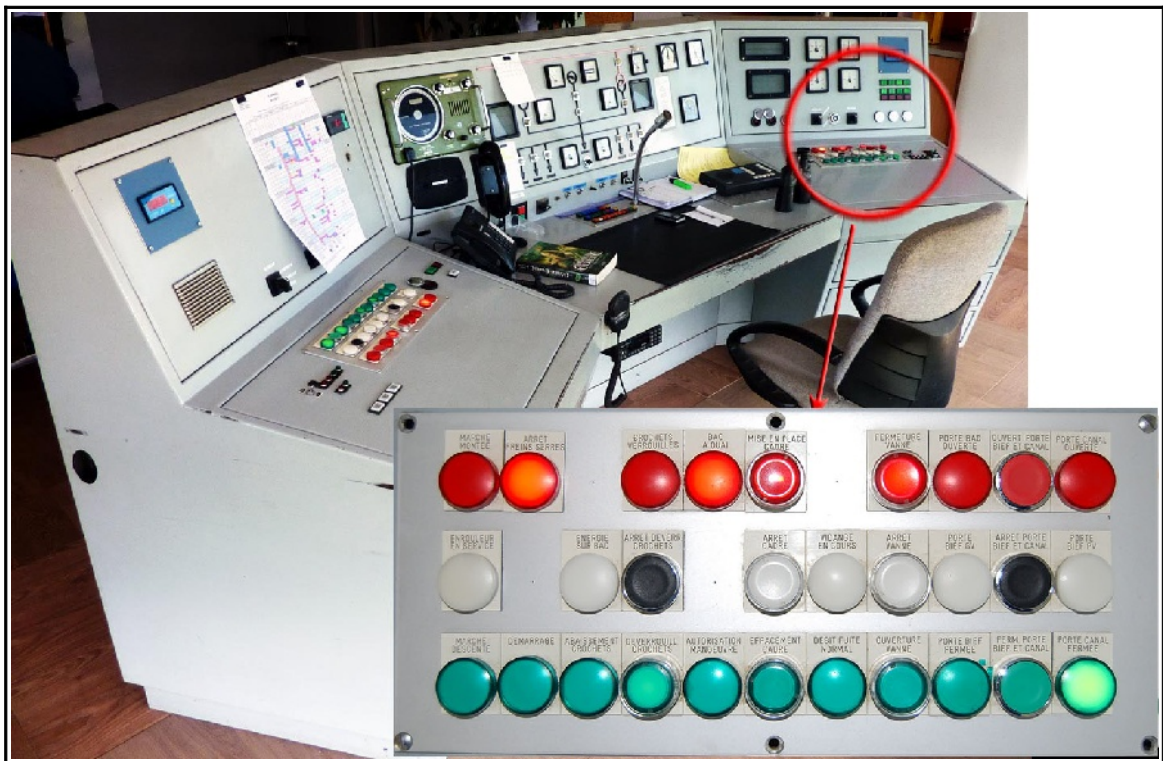


Figure 18 : Le pupitre de commande situé dans la tour de contrôle avec le détail de la platine permettant de contrôler la descente du bac

Par ailleurs, deux tableaux de commande, tels que celui faisant l'objet de la figure 19 ci-après, sont installés au droit des postes d'arrimage amont et aval de telle sorte que leurs différents boutons sont accessibles, par les opérateurs, depuis le bac lorsque celui-ci est à poste. Ces tableaux ne comportent aucune commande d'arrêt d'urgence. Celle-ci se trouve sur le bac.

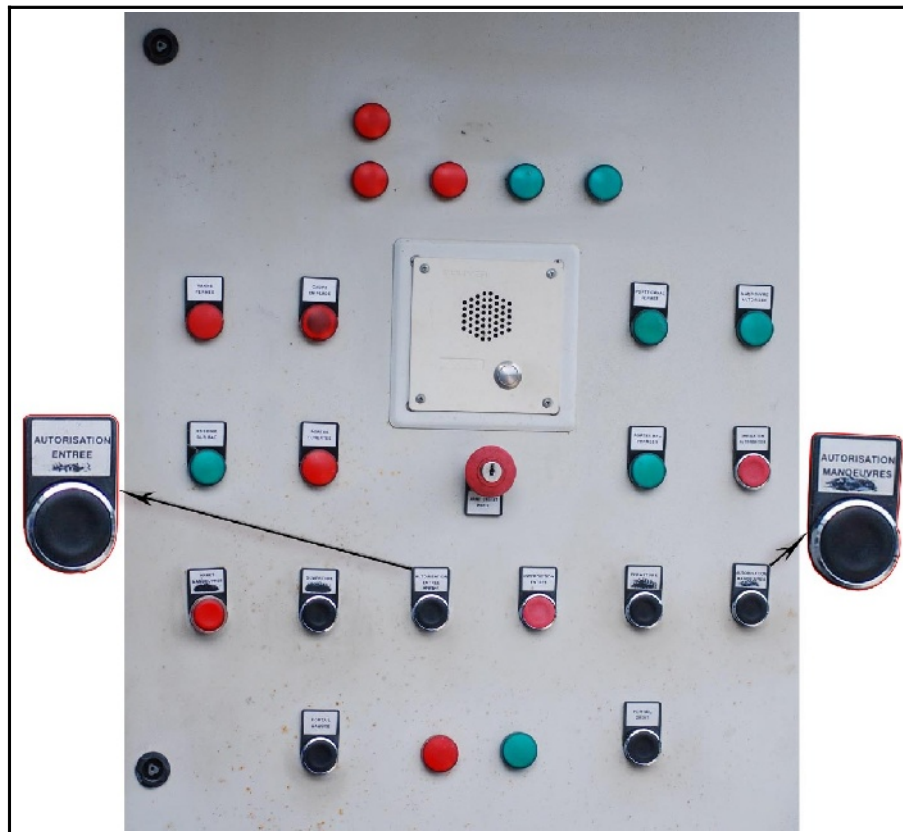


Figure 19 : Vue du tableau de commande du bief amont accessible depuis le bac lorsque celui-ci est à poste

Aux trois pupitres précités, situés pour l'un dans la tour de contrôle et pour les deux autres au niveau des postes d'arrimage amont et aval, s'ajoutent :

- d'une part, deux armoires respectivement implantées sur les terre-pleins des biefs amont et aval, dont les commandes permettent de piloter manuellement le fonctionnement du plan incliné et de ses différents organes mécaniques. Elles sont verrouillées et ne sont pas accessibles depuis le bac ;
- d'autre part, une armoire de régulation installée dans la salle des machines.

3.8 - La manœuvre du bac

En fonctionnement nominal, la conduite du plan incliné de Saint-Louis-Arzviller nécessite la présence et l'intervention de deux opérateurs :

- l'un en poste dans la tour de contrôle qui supervise l'ensemble du fonctionnement de l'ouvrage et actionne les commandes essentielles telles que le lancement des montées et des descentes du bac ;
- l'autre en fonction sur le bac qui surveille le bon déroulement physique des opérations, en rend compte à son collègue installé dans la tour de contrôle et autorise l'entrée des bateaux dans le bac.

L'arrivée du bac à son poste amont

À la fin d'une montée, le bac parcourt une zone de ralentissement. Lorsqu'il y entre, un premier capteur déclenche un klaxon qui en prévient l'opérateur se trouvant à son bord. L'activation juste après d'un second capteur référencé « 3M » entraîne une première

décélération constante du bac de 60 cm/s à 10 cm/s. Après un palier à cette dernière vitesse, un troisième capteur dit « 2M » engendre une nouvelle décroissance de la vitesse de 10 cm/s à 2 cm/s.

Après un palier à cette vitesse de 2 cm/s, l'immobilisation du bac est assurée par le relèvement, puis le verrouillage des crochets du poste d'arrimage amont, qui sont successivement commandés par des capteurs dédiés.

Dans le même temps, le bac arrive en butée et la surintensité à laquelle les moteurs des treuils sont alors soumis provoque leur arrêt et coupe l'alimentation électrique des freins électromagnétiques les équipant. Ils se serrent pour immobiliser complètement le bac.

L'entrée en action de ces freins est signalée sur le pupitre de commande de la tour de contrôle par l'activation du voyant « ARRÊT FREINS SERRÉS ». Le verrouillage des crochets y est indiqué par le déclenchement du voyant « CROCHETS VERROUILLÉS » qui reste allumé une vingtaine de secondes avant de s'éteindre.

L'opérateur en poste dans la tour de contrôle commande alors la mise en place du cadre d'étanchéité qui est plaqué contre le bac à poste afin d'éviter les fuites d'eau entre ce bac et le bief lorsque les portes correspondantes seront ouvertes.

Une fois ce cadre d'étanchéité en place, l'opérateur en fonction sur le bac actionne l'ouverture des portes précitées qui se soulèvent ensemble.

La préparation de la descente

Le tableau constituant la figure 20 ci-après détaille l'ensemble des manœuvres que les opérateurs concernés doivent effectuer ensuite jusqu'au lancement de la descente du bac vers le bief aval.

Pour en faciliter la lecture, les boutons-poussoirs devant être actionnés par l'opérateur en poste sur le bac ont été identifiés en orange, tandis que la couleur bleue est dédiée à ceux activés par l'opérateur installé dans la tour de contrôle.

Opérations	Boutons-poussoirs à actionner
<p>L'opérateur en poste sur le bac donne aux bateaux l'autorisation d'y entrer en positionnant au vert le feu situé au niveau des portes, à l'aide du bouton-poussoir « <i>AUTORISATION ENTRÉE</i> » placé sur le tableau de commande du bief amont, tel que la figure 19 le visualise.</p>	<p>« <i>AUTORISATION ENTRÉE</i> » <i>Feu vert allumé autorisant les bateaux à entrer dans le bac</i></p>
<p>Les bâtiments effectuent leurs manœuvres. Lorsqu'ils sont amarrés à l'intérieur du bac, l'opérateur précité en interdit l'entrée en appuyant sur le bouton-poussoir « <i>INTERDICTION ENTRÉE</i> ». Le feu susvisé devient rouge.</p>	<p>« <i>INTERDICTION ENTRÉE</i> » <i>Feu rouge allumé interdisant aux bateaux l'entrée dans le bac</i></p>
<p>Cet opérateur appuie alors sur le bouton-poussoir « <i>FERMETURE PORTES</i> » commandant l'abaissement simultané des portes du bief et du bac.</p>	<p>« <i>FERMETURE PORTES</i> »</p>
<p>Une fois les portes fermées, l'opérateur en fonction dans la tour de contrôle vidange l'espace situé entre les portes du bief et du bac en appuyant sur le bouton-poussoir « <i>OUVERTURE VANNE</i> ».</p>	<p>« <i>OUVERTURE VANNE</i> » <i>Vidange de l'espace compris entre les portes du bac et du bief</i></p>
<p>Puis, l'opérateur de la tour de contrôle commande la rétractation du cadre d'étanchéité dans l'infrastructure du plan incliné en appuyant sur le bouton-poussoir « <i>EFFACEMENT CADRE</i> »</p>	<p>« <i>EFFACEMENT CADRE</i> » <i>Le cadre se rétracte dans l'infrastructure</i></p>
<p>L'opérateur en poste sur le bac surveille ces opérations et en rend compte à la tour de contrôle. Si tout est prêt pour la descente du bac, il appuie sur le bouton-poussoir « <i>AUTORISATION MANŒUVRE</i> » situé sur le tableau de commande du bief amont.</p>	<p>« <i>AUTORISATION MANŒUVRE</i> » <i>L'opérateur sur le bac atteste que toutes les opérations préalables à la descente se sont correctement déroulées</i></p>
<p>Un voyant s'allume sur le pupitre de commande de la tour de contrôle afin de matérialiser cette attestation. L'opérateur installé dans cette tour de contrôle, après avoir vérifié visuellement que tout est normal, commande le déverrouillage des crochets en actionnant le bouton-poussoir « <i>DÉVERROUILLAGE CROCHETS</i> ».</p>	<p>« <i>DÉVERROUILLAGE CROCHETS</i> » <i>Lancement de la descente du bac</i></p>
<p>L'automate de régulation situé en salle des machines, qui gère les mouvements du bac, ordonne alors d'abaisser les crochets aval. À réception de l'information « <i>crochets aval en position basse</i> », cet automate commande le déverrouillage des crochets du poste amont, puis, lorsque l'information « <i>crochets amont déverrouillés</i> » lui est renvoyée, il ordonne de les abaisser.</p> <p>Lorsque les crochets amont sont abaissés, l'automate considéré enclenche le lancement de la descente du bac.</p>	

Figure 20 : Les opérations préalables à la descente du bac

La descente du bac

Les moteurs redémarrent, leurs freins électromagnétiques s'ouvrent et les tambours des treuils entrent en action. Normalement, un avertisseur sonore signale le départ du bac. Son intensité sonore, jugée trop excessive, a toutefois conduit à le déconnecter.

Dans un premier temps, le bac accélère de manière uniforme jusqu'à la vitesse de 60 cm/s. Il poursuit ensuite son parcours à cette vitesse jusqu'à ce qu'il atteigne la zone de ralentissement du bief aval.

La courbe ci-après visualise l'évolution de sa vitesse en fonction du temps lors d'une montée ou d'une descente.

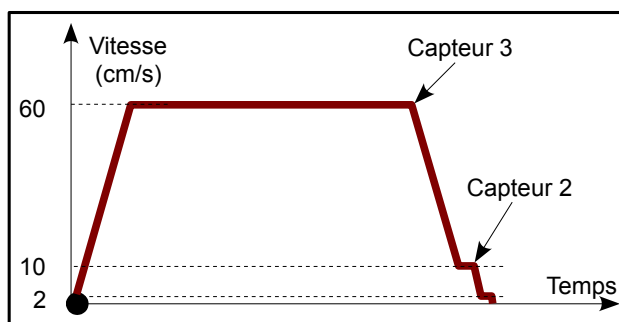


Figure 21 : Vitesse du bac en fonction du temps

Par ailleurs, un tachymètre, de marque « Magelys », dont l'écran est installé dans la salle des machines, enregistre la vitesse réelle du bac et la compare à tout instant à celle programmée par les automatismes.

La manœuvre en secours

Le bac peut aussi être commandé manuellement en secours ou pour des opérations de maintenance. Pour lancer une descente ou une montée selon le mode secours, il est normalement nécessaire d'actionner simultanément deux boutons-poussoirs portant chacun la mention « MARCHE EN SECOURS », l'un situé sur le pupitre de la tour de contrôle et l'autre placé dans l'armoire de régulation en salle des machines. Cette procédure repose donc sur un « ET » logique. Il a été constaté que, dans la pratique, une action sur un seul de ces deux boutons-poussoirs « MARCHE EN SECOURS », depuis le pupitre de la tour de contrôle ou bien depuis l'armoire de régulation, permet d'initier un déplacement du bac en mode secours.

3.9 - La maintenance de l'installation

3.9.1 - Les référentiels

La programmation de la maintenance du plan incliné de Saint-Louis-Arzviller et de ses différents organes fait l'objet de deux référentiels dont Voies Navigables de France s'est doté : le « plan de maintenance préventif » et le « plan de maintenance détaillé ».

Le « plan de maintenance préventif » définit le programme complet des contrôles et des opérations d'entretien à effectuer avec leur fréquence, quotidienne, hebdomadaire, ou encore bimestrielle, semestrielle, annuelle ou bisannuelle.

Le « plan de maintenance détaillé » précise le contenu des interventions programmées. Il reste toutefois, globalement, sur des définitions relativement succinctes.

3.9.2 - Les interventions sur incident effectuées au cours du semestre ayant précédé l'accident survenu le 4 juillet 2013

Toutes les interventions effectuées sur le plan incliné de Saint-Louis-Arzviller dans le cadre de sa maintenance et de son entretien ou consécutivement à des pannes ou des dysfonctionnements sont enregistrées par les agents concernés sur un cahier dénommé « *main courante* ».

L'examen de ce document fait ressortir un nombre élevé d'interventions réalisées suite à une panne au cours des six mois qui ont précédé l'accident analysé dans le présent rapport.

En particulier, entre les 16 mars et 16 avril 2013, de nombreux incidents nécessitant l'intervention de l'équipe de maintenance ont affecté le fonctionnement des crochets aval, leurs vérins et leur centrale hydraulique qui pourtant avait été changée à la fin de l'année 2012. Malheureusement, la « *main courante* » ne fournit pas de détails précis sur ces dysfonctionnements ni sur les mesures prises pour y remédier.

À cet égard, il a été constaté, ainsi qu'en témoigne la figure 22 ci-dessous, que les crochets aval portent des traces de choc laissant supposer qu'ils ont été heurtés par le bac faute de s'être abaissés à son approche.

Remarquons que lorsque les crochets amont ou aval ne se baissent pas normalement, le mouvement du bac est gêné et les opérateurs s'en aperçoivent. En revanche, si ces crochets demeurent abaissés, l'exploitation du plan incliné peut se poursuivre sans encombre et les opérateurs ne sont donc pas alertés du dysfonctionnement.



Figure 22 : Traces de chocs constatées sur le dessus des crochets aval

Outre les incidents qui ont concerné les crochets aval et leurs dispositifs hydrauliques, la « *main courante* » fait notamment état de défauts de fonctionnement des portes amont, du cadre amont et des crochets amont.

3.10 - Les expertises réalisées après l'accident

3.10.1 - L'analyse des automatismes

À la demande de Voies Navigables de France, la société SCHNEIDER a réalisé, du 8 octobre au 29 novembre 2013, une expertise du système de contrôle-commande du plan incliné considéré.

Tout d'abord, le contrôle des quatre automates dont cet ouvrage est doté n'a révélé aucun indice permettant de douter de leur bon fonctionnement technique. Par ailleurs, il n'est pas apparu que les caractéristiques environnementales de l'installation électrique et la conception des équipements aient pu conduire à des perturbations électromagnétiques susceptibles d'engendrer un fonctionnement anormal de ces automates.

De fait, les automates situés dans la tour de contrôle et au droit des biefs amont et aval ne participent pas directement à la gestion des mouvements du bac. De plus, le réseau optique de communication entre les différents automates traite principalement la signalisation, la commande des biefs et les échanges avec l'armoire de régulation sise dans la salle des machines.

L'analyse effectuée a donc principalement porté sur l'automate de régulation qui gère effectivement les montées et les descentes du bac. À cette fin, ses programmes ont été copiés et le fonctionnement du plan incliné a été simulé en laboratoire afin d'examiner son comportement dans différentes situations.

Il est d'abord ressorti que, dans le cas où les crochets amont ne sont ni levés ni verrouillés, c'est-à-dire lorsque le bac n'est pas arrimé à son poste amont, la logique des automatismes autorise tout de même le positionnement du cadre d'étanchéité et l'ouverture des portes du bac et du bief concerné.

Ces simulations ont, en outre, permis d'identifier les scénarios, au nombre de cinq, pouvant conduire à un démarrage de la descente du bac bien que sa porte et celle du bief amont soient ouvertes. Il en est ainsi :

- pour le scénario 1, lorsque les crochets amont et aval sont restés anormalement abaissés et que la commande « *AUTORISATION MANŒUVRE* » située sur le pupitre du poste d'arrimage amont est actionnée ;
- pour le scénario 2, lorsque les crochets précités sont restés anormalement abaissés et que le mode secours est enclenché en appuyant soit, sur le bouton-poussoir « *MARCHE EN SECOURS* » placé dans l'armoire de régulation de la salle des machines soit, sur celui situé sur le pupitre de commande de la tour de contrôle ;
- pour le scénario 3, lorsque l'automate de régulation enregistre un effacement du cadre d'étanchéité amont et qu'il est successivement appuyé sur le bouton-poussoir « *AUTORISATION MANŒUVRE* » situé sur le pupitre du poste d'arrimage amont et sur la commande « *DÉVERROUILLAGE CROCHETS* » du pupitre de la tour de contrôle ;
- pour le scénario 4, lorsque le pilotage du plan incliné est assuré en manuel depuis l'armoire implantée sur le terre-plein du bief amont ;
- pour le scénario 5, lorsque les commandes sont commutées en manuel à l'aide d'une clé depuis le pupitre de la tour de contrôle et que le bouton-poussoir « *AUTORISATION MANŒUVRE* » situé sur le pupitre du poste d'arrimage amont est actionné.

3.10.2 - L'analyse des enregistrements tachymétriques

La figure 23 ci-après visualise l'enregistrement, par le tachymètre de marque « Magelys » équipant le plan incliné considéré, de la vitesse réelle du bac d'une part, lors de la montée qui a précédé son démarrage intempestif de son poste d'arrimage amont et d'autre part, dans les instants qui ont suivi ce départ.

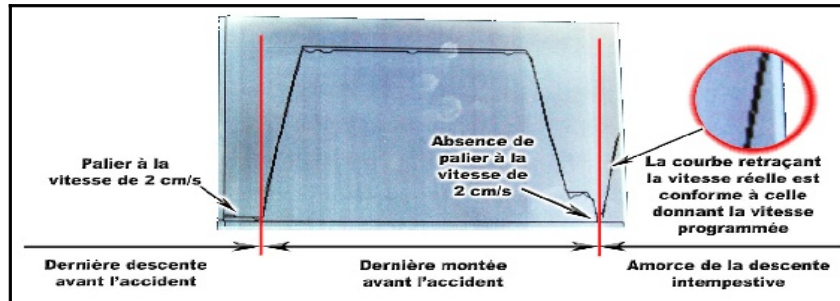


Figure 23 : Extrait de l'enregistrement du tachymètre du plan incliné

L'examen de cet enregistrement fait ressortir :

- que lors de la montée précitée, le bac a parcouru la rampe du plan incliné à la vitesse de 60 cm/s correspondant à sa vitesse nominale et que la première phase de son ralentissement jusqu'à la vitesse de 10 cm/s s'est déroulée normalement ;
- que la seconde phase de ce ralentissement ne comporte pas le palier à la vitesse de 2 cm/s que prévoit la programmation des automatismes. L'approche finale par le bac de son poste d'arrimage apparaît donc avoir été perturbée ;
- qu'après son démarrage intempestif, ce bac a progressé à la vitesse programmée par les automatismes, laissant supposer que la descente s'opérait sous leur contrôle et n'était pas régie par l'action de la gravité.

3.10.3 - L'examen du fonctionnement des capteurs

Sous l'impulsion de VNF et du CETMEF*, la société SCHNEIDER a contrôlé le 14 novembre 2013 les différents capteurs gérant le ralentissement du bac à son approche de son poste amont ou commandant l'abaissement ou le relèvement des crochets permettant de l'arrimer.

Les tests effectués ont montré que le capteur « 2M » qui initie le ralentissement du bac de la vitesse de 10 cm/s à la vitesse de 2 cm/s présentait des difficultés à basculer. Les autres capteurs concernés fonctionnaient normalement.

Par ailleurs, il ressort des entretiens avec les personnels chargés de la maintenance et de l'exploitation du plan incliné que les multiples capteurs qui participent à son fonctionnement connaissent régulièrement des défaillances persistantes ou fugitives, surtout à la remise en service de cet ouvrage à la sortie de l'hiver.

* Terme figurant dans le glossaire

3.10.4 - L'étude de risques et de sécurité réalisée par l'APAVE

En vue de moderniser le système de contrôle-commande du plan incliné de Saint-Louis-Arzviller, Voies Navigables de France a demandé à l'APAVE de procéder à une analyse des risques liés au fonctionnement de ce système.

Le rapport que cet organisme a remis en la matière le 25 novembre 2013, identifie très précisément huit groupes d'événements dangereux, à savoir :

- l'ouverture de la porte du bief amont alors que le bac n'y est pas à quai ;
- le démarrage de ce bac de son poste amont alors que sa porte et celle du bief concerné sont ouvertes, que le cadre d'étanchéité correspondant soit serré ou effacé ;
- l'écrasement d'un bateau par les portes-guillotines du bac et du bief, à l'amont comme à l'aval ;
- le démarrage du bac de son poste aval alors que sa porte et celle du bief considéré ne sont pas fermées et qu'un bateau est dans ce bac, y pénètre ou est en approche immédiate ;
- l'emballement du bac lors de sa montée ou de sa descente ;
- une arrivée du bac à son poste aval trop rapide ;
- un dysfonctionnement de la chaîne d'arrêt d'urgence ;
- une mise en marche du bac en mode secours alors que les opérateurs qui y sont en fonction ne sont pas prêts ou que des agents se trouvent dans la rampe du plan incliné.

L'analyse effectuée précise, pour chacune de ces situations à redouter, ses causes possibles, ses conséquences humaines et matérielles ainsi que les mesures techniques à mettre en œuvre pour s'en prémunir. À cet égard, l'APAVE souligne tout particulièrement l'intérêt que présenterait la mise en place d'une vanne de sectionnement du bief amont plus proche du plan incliné que celle située à l'entrée du tunnel d'Arzviller, une telle vanne permettant, en effet, de limiter l'ampleur d'une inondation des terres aval provoquée, par exemple, par un démarrage du bac de son poste amont alors que la porte du bief concerné n'est pas fermée ou par une ouverture de cette porte sans que le bac n'y soit à quai.

Par ailleurs, en complément de cette analyse, l'APAVE fait ressortir les risques d'erreurs humaines pouvant résulter :

- de l'absence, dans la tour de contrôle, d'un écran de supervision permettant à l'opérateur qui y est en fonction, de connaître à tout moment les positions des différents actionneurs ;
- de l'obsolescence de certaines informations figurant sur le pupitre de commande de cette tour de contrôle. Inutiles, elles ne peuvent que perturber l'attention de l'opérateur concerné ;
- de l'absence de dispositifs visuels et sonores signalant les manœuvres les plus sensibles, telles que l'ouverture des portes des biefs ou le démarrage du bac ;
- de l'insuffisante précision des procédures que les agents doivent appliquer, notamment en cas d'incident mettant en jeu la sécurité ;
- d'une identification peu claire de certaines commandes des pupitres des postes d'arrimage amont et aval, dont les libellés peuvent, par ailleurs, prêter à confusion.

3.11 - Les enseignements tirés des expertises et des observations

3.11.1 - Une ergonomie inadaptée de plusieurs dispositifs de commande et de contrôle

Tant l'analyse des risques conduite par l'APAVE que les observations réalisées sur le site par les enquêteurs techniques du BEA-TT ont mis en lumière une ergonomie inadaptée de certains dispositifs de commande et de contrôle du fonctionnement du plan incliné considéré, situation qui, à un titre ou à un autre, a joué un rôle dans le déroulement de l'accident survenu le 4 juillet 2013.

Ainsi :

- sur les pupitres de commande équipant les postes d'arrimage amont et aval du bac, les boutons-poussoirs « *AUTORISATION ENTRÉE* » et « *AUTORISATION MANŒUVRE* » ont des appellations proches et peu explicites qui peuvent être source de confusion alors qu'ils sont situés à proximité l'un de l'autre et que l'actionnement de la commande « *AUTORISATION MANŒUVRE* » peut conduire, dans certaines conditions, à des situations dangereuses ;
- ces deux pupitres ne comportent pas de commande d'arrêt d'urgence. Une telle commande est certes installée sur le bac lui-même. C'est indispensable mais ce n'est pas suffisant ainsi qu'en témoigne la réaction de l'opérateur qui s'y trouvait en fonction au moment où l'accident considéré s'est produit. En effet, lorsqu'il s'est aperçu que le bac démarrait intempestivement, il a, dans l'urgence, immédiatement actionné le bouton « *INTERDICTION ENTRÉE* » placé sur le pupitre du poste d'arrimage concerné, mais il n'a pas activé la commande d'arrêt d'urgence située sur le bac ;
- le pupitre de commande de la tour de contrôle qui date de la mise en service, en 1969, du plan incliné, est encombré de nombreux témoins devenus totalement inutiles. En revanche, il n'est pas équipé d'un écran de supervision qui permettrait à l'opérateur pilotant la marche de cet ouvrage de disposer, en temps réel, d'informations précises et complètes sur l'état des actionneurs et des sécurités ;
- le voyant « *CROCHETS VERROUILLÉS* » placé sur le pupitre de cette tour de contrôle ne reste allumé que pendant les vingt secondes que dure l'action de l'électrovanne mettant sous pression les vérins qui permettent de verrouiller les crochets destinés à arrimer le bac à son poste de stationnement. De fait, l'activation de ce signal lumineux indique que ces vérins sont entrés en action, mais elle n'assure aucunement que les crochets concernés sont correctement verrouillés. De plus, l'opérateur est habitué à voir ce voyant éteint. Il ne constitue donc pas un dispositif sérieux de contrôle par l'opérateur du bon verrouillage des crochets considérés ;
- aucun signal sonore n'avertit les opérateurs comme les passagers des bateaux, des manœuvres majeures effectivement exécutées par le plan incliné, telles que, par exemple, les départs du bac de ses postes d'arrimage ou encore les ouvertures et les fermetures des portes. De fait, le signal sonore qui, à l'origine, se déclenchait lors de tout démarrage du bac, a été déconnecté. Cette situation a probablement retardé la détection par les opérateurs en poste le 4 juillet 2013 sur le bac et dans la tour de contrôle, du démarrage intempestif de ce bac.

3.11.2 - Des lacunes majeures de conception du système de contrôle-commande

Des analyses et des simulations effectuées, il ressort que la logique du système de contrôle-commande du plan incliné considéré présente des lacunes préjudiciables à la sécurité.

Tout d'abord, lorsque le bac est arrêté à son poste amont, sa porte ainsi que celle du bief peuvent être ouvertes même si les crochets destinés à l'arrimer sont restés abaissés et ne sont pas verrouillés. Le bac n'est alors retenu que par les seuls freins-moteurs qui ne sont pas totalement suffisants pour en garantir la parfaite immobilisation et, partant, pour assurer une entrée et une sortie des bateaux en toute sécurité.

Ensuite, il est possible, sous certaines conditions, d'obtenir un démarrage de la descente du bac alors que sa porte et celle du bief amont sont ouvertes. Il peut en être notamment ainsi lorsqu'un mode de conduite manuelle du plan incliné est activé, mais également lorsque les crochets des postes d'arrimage aval et amont sont restés anormalement baissés et que le bouton-poussoir « *AUTORISATION MANŒUVRE* » placé sur le tableau de commande du poste amont ou que l'un des boutons « *MARCHE EN SECOURS* » situés dans la salle des machines ou dans la tour de contrôle est actionné. Or, il n'est pas rare que des incidents affectent les centrales hydrauliques, les vérins ou les capteurs des crochets précités. De plus, lorsque ces crochets demeurent indûment baissés, aucun témoin n'en informe les opérateurs et l'exploitation du bac n'est aucunement gênée ainsi qu'il l'a été indiqué dans le chapitre 3.9.2 de ce rapport. En outre, l'ergonomie des pupitres de commande empêche d'autant moins un actionnement fortuit de l'un des boutons-poussoirs considérés que les opérateurs ne sont pas avertis d'un risque de démarrage intempestif du bac.

Il est, par ailleurs, possible de lancer depuis la salle des machines une descente ou une montée du bac en mode secours sans que l'opérateur de la tour de contrôle, qui est pourtant chargé de superviser l'ensemble du fonctionnement du plan incliné, l'ait autorisé, voire en soit prévenu. En effet, la logique initiale qui subordonnait l'enclenchement du mode secours à l'actionnement des deux boutons-poussoirs « *MARCHE EN SECOURS* » situés pour l'un, en salle des machines et pour l'autre, dans la tour de contrôle, a été supprimée.

Enfin, hormis la vitesse réelle du bac, le système de contrôle-commande considéré n'enregistre aucune donnée sur le fonctionnement effectif du plan incliné et de ses différents organes, que ce soit sur l'activation des commandes ou sur le déclenchement des capteurs, des automatismes et des sécurités. Il ne permet donc pas de retracer les défaillances, notamment fugitives, qui affectent les différents constituants de cet ouvrage et de disposer ainsi d'éléments permettant d'en orienter la maintenance.

3.11.3 - Les scénarios probables de l'accident survenu le 4 juillet 2013

Les différentes investigations réalisées n'ont révélé aucun dysfonctionnement mécanique des organes du plan incliné susceptible d'avoir provoqué le démarrage intempestif de son bac le 4 juillet 2013. Par ailleurs, l'enregistrement de la vitesse à laquelle ce bac a progressé immédiatement après ce départ incontrôlé laisse supposer que sa descente n'était pas due à la simple action de la gravité mais était régie par les automatismes.

L'accident analysé est donc très certainement lié au fonctionnement du système de contrôle-commande de l'ouvrage concerné.

De fait, ainsi que l'indique le chapitre 3.10.1, cinq scénarios peuvent conduire à un démarrage de la descente du bac alors que sa porte et celle du bief amont sont ouvertes.

Le scénario 4 suppose que le pilotage de l'installation était assuré en manuel depuis l'armoire de commande implantée sur le terre-plein du bief amont. Il repose ainsi sur une intervention effectuée à la vue de toutes les personnes présentes sur ce terre-plein et de tous les occupants, passagers et conducteurs, des bateaux sortant et entrant dans le bac. Or, aucun témoignage n'en fait état. Ce scénario est donc très peu probable et peut être écarté.

Le scénario 5 nécessite à la fois un basculement en manuel de la conduite du plan incliné effectué depuis le pupitre de la tour de contrôle et un actionnement du bouton-poussoir « *AUTORISATION MANŒUVRE* » situé sur le tableau de commande du poste d'arrimage amont. Si une manipulation fortuite de ce dernier bouton est tout à fait possible, une prise de commande en manuel opérée depuis la tour de contrôle implique une intervention délibérée réalisée avec une clé. Or, il n'apparaît pas que l'opératrice en fonction dans cette tour avait une quelconque raison d'effectuer un tel basculement, qui plus est sans en prévenir ses collègues en poste sur le bac. De plus, elle aurait ensuite surveillé avec attention la marche de l'installation. Ce scénario est ainsi également improbable.

Le scénario 3 présuppose que l'automate de régulation a enregistré un effacement du cadre d'étanchéité et que les boutons-poussoirs « *AUTORISATION MANŒUVRE* » et « *DÉVERROUILLAGE CROCHETS* » ont été successivement activés. Il implique techniquement que les quatre capteurs permettant de contrôler que le cadre précité est effacé, en aient simultanément délivré l'information à l'automate. Une telle situation est d'autant moins probable que le cadre considéré était a priori correctement plaqué contre le bac puisque sa porte ainsi que celle du bief avaient pu être ouvertes. Ce scénario ne peut cependant pas être complètement écarté, un shuntage inopiné des capteurs concernés étant toujours possible.

Les scénarios 1 et 2 présument que les crochets des postes d'arrimage aval et amont étaient restés anormalement abaissés. Ils supposent, en outre, soit un actionnement de la commande « *AUTORISATION MANŒUVRE* » placée sur le pupitre de poste d'arrimage amont, soit un enclenchement du mode secours à partir de l'un des boutons-poussoirs « *MARCHE EN SECOURS* » situés dans la salle des machines ou dans la tour de contrôle. En tout état de cause, il n'est pas exceptionnel que les organes permettant de relever et de verrouiller les crochets susvisés connaissent des défaillances. D'ailleurs, lors de la montée qui a précédé l'accident considéré, l'approche finale par le bac de son poste d'arrimage ne s'est pas déroulée normalement ainsi qu'il l'a été souligné dans le chapitre 3.10.2. Il s'y est certainement présenté à une vitesse trop élevée, situation qui peut perturber le relèvement des crochets correspondants. Ensuite, même si le feu autorisant l'entrée des bateaux dans le bac a été normalement activé, un appui fortuit sur le bouton « *AUTORISATION MANŒUVRE* » ne peut être exclu, d'autant plus que deux opérateurs se trouvaient sur le bac. Il en est de même d'un actionnement de la commande « *MARCHE EN SECOURS* » puisqu'au moment de l'accident, un électricien du pôle de maintenance de la subdivision de Saverne était présent dans la salle des machines. Ces deux scénarios sont donc tout à fait plausibles.

En l'absence de toute traçabilité de l'état des capteurs et des actionneurs du système de contrôle-commande de l'installation, il n'est pas possible de déterminer plus précisément la chaîne qui a conduit, le 4 juillet 2013, au démarrage intempestif du bac.

4 - Déroulement de l'accident et des secours

Le 4 juillet 2013, vers 11h30, après avoir effectué depuis 7h15 dix allers et retours entre les biefs amont et aval du canal de la Marne au Rhin, le bac du plan incliné de Saint-Louis-Arzviller stationne à son poste amont. Les crochets permettant de l'y arrimer, tout comme ceux du poste aval, sont probablement demeurés abaissés. Le bac n'est plus retenu que par les freins équipant les moteurs des treuils. Les bateaux qu'il transportait lors de sa dernière montée en sont sortis. Sa porte ainsi que celle du bief sont restées ouvertes.

Vers 11h40, le bateau PARIS, qui vient d'embarquer 21 passagers pour une promenade sur le bief aval du canal, se présente dans le sas d'entrée du plan incliné.

L'opérateur en poste sur le bac, qui est ce jour-là accompagné d'un vacataire, actionne alors le bouton commandant la mise au vert du feu autorisant les bateaux à pénétrer dans ce bac. Le conducteur du bateau PARIS entame sa manœuvre pour y entrer.

Dans le même temps, probablement sous l'effet d'un actionnement accidentel du bouton-poussoir « *AUTORISATION MANŒUVRE* » placé sur le pupitre de commande du poste amont ou du bouton « *MARCHE EN SECOURS* » situé dans la salle des machines, le bac amorce une descente intempestive, sa porte et celle du bief étant ouvertes.

Constatant cette situation anormale, l'opérateur en fonction sur le bac crie au conducteur du bateau PARIS de faire marche arrière. Il actionne également, immédiatement, le bouton mettant au rouge le feu d'entrée précité. En revanche, il n'active pas la commande d'arrêt d'urgence située sur le bac.

En se déplaçant, le bac dégage une ouverture béante dans le plan incliné. L'eau du bief amont s'y engouffre et commence à déferler en cascade sur la rampe de cet ouvrage. Il s'ensuit un courant très fort qui pousse le bateau PARIS en avant.

Bien que son conducteur ait mis machine arrière, ce bateau ne peut pas reculer. Son étrave est bientôt coincée entre le bajoyer du bac et celui de la passe d'entrée.

Dans la tour de contrôle, l'opératrice, qui a été alertée par les cris de son collègue, constate la situation et déclenche immédiatement un arrêt d'urgence. Le bac s'immobilise. Il s'est déplacé d'environ trois mètres.

Les passagers du bateau PARIS sont évacués aussitôt par les deux membres de l'équipage qui le quittent également. Le moteur du bateau, laissé en marche arrière, dégage une épaisse fumée. Son conducteur retourne à bord pour y stopper ce moteur.

Le bac se trouve sous le niveau du canal. Il se remplit rapidement d'eau qui y atteint presque le plat-bord. Face au danger d'un possible débordement, l'opérateur en poste sur ce bac et le vacataire qui l'accompagne l'évacuent en escaladant la rambarde.

L'opératrice en fonction dans la tour de contrôle prévient les services de secours ainsi que le centre d'alerte Rhénan d'informations nautiques de Gambenheim. Elle alerte également les agents chargés de la gestion du tunnel d'Arzviller pour qu'ils ferment la vanne de sectionnement du bief amont la plus proche qui est située au droit de ce tunnel à quelque trois kilomètres du plan incliné.

Le service départemental d'incendie et de secours ainsi que plusieurs services de la gendarmerie nationale interviennent rapidement sur le site. Par mesure de précaution, face au risque d'inondation de la vallée, le camping installé en contrebas du plan incliné ainsi que les parties basses de la commune de Lutzelbourg sont évacués. Les routes

d'accès à la vallée sont coupées et des cellules de surveillance de la montée des eaux sont mises en place jusqu'à Saverne.

Les agents de Voies Navigables de France ferment la vanne « *camembert* » sise au niveau du tunnel d'Arzviller, ce qui limite l'ampleur potentielle de l'inondation. Pour évacuer la quantité d'eau qui se déverse en aval, les écluses du bief aval du canal de la Marne au Rhin sont ouvertes et une partie de l'eau est dirigée dans la rivière Zorn.

Le bac du plan incliné est hissé petit à petit, par le personnel de VNF, jusqu'à son poste amont. Débloqué, le bateau PARIS est relevé et déposé sur le terre-plein du bief amont à l'aide de deux grues qui ont été mobilisées en urgence.

Les portes de ce bief sont alors fermées.

5 - Schéma des causes et des facteurs associés, orientations préventives

5.1 - Le schéma des causes et des facteurs associés

Les investigations conduites permettent d'établir le schéma ci-après qui synthétise le déroulement de l'accident et en identifie les causes et les facteurs associés.



Figure 24 : Schéma des causes et des facteurs associés

Cette analyse conduit à rechercher des orientations préventives dans les trois domaines suivants :

- la conception du système de contrôle-commande du plan incliné et l'ergonomie de ses interfaces utilisateurs ;
- la traçabilité du fonctionnement et de la maintenance de ce plan incliné ;
- la réduction de l'ampleur d'une inondation de la vallée s'étendant à l'aval de cet ouvrage provoquée par une défaillance de son fonctionnement.

5.2 - La conception du système de contrôle-commande du plan incliné et l'ergonomie de ses interfaces utilisateurs

Les différentes investigations effectuées ont fait ressortir de nombreuses déficiences du système de contrôle-commande qui équipe, depuis 1999, le plan incliné de Saint-Louis-Arzviller. Elles portent tant sur la logique de ses automatismes que sur la consistance et l'ergonomie de ses interfaces utilisateurs.

Sans être exhaustif, il est notamment apparu :

- que lorsque le bac est arrêté à son poste amont, sa porte et celle du bief peuvent être ouvertes même s'il n'est pas correctement arrimé, les crochets correspondants étant, par exemple, restés baissés ;
- qu'il est tout à fait possible d'obtenir un démarrage de la descente de ce bac alors que les portes précitées sont ouvertes ;
- qu'une montée ou une descente du bac en mode secours peut être lancée depuis la salle des machines sans que l'opérateur en fonction dans la tour de contrôle en soit prévenu ;
- que les opérateurs chargés de piloter la marche de ce plan incliné ne disposent pas d'informations complètes et précises, en temps réel, sur l'état de ses actionneurs et de ses sécurités. En particulier, aucun témoin fiable ne leur indique si les crochets permettant d'arrimer le bac à ses postes à quai sont effectivement verrouillés ;
- que sur les pupitres, plusieurs appellations de commande prêtent à confusion.

En tout état de cause, consécutivement à l'accident analysé dans le présent rapport, Voies Navigables de France a fait procéder, en s'appuyant sur les résultats des investigations susvisées, à des modifications substantielles de la logique et de l'ergonomie du système de contrôle-commande considéré. *Le BEA-TT en prend acte.*

5.3 - La traçabilité du fonctionnement et de la maintenance du plan incliné

L'absence de tout enregistrement, par le système de contrôle-commande qui équipait le plan incliné de Saint-Louis-Arzviller, d'informations, autres que la vitesse du bac, sur son fonctionnement et celui de ses différents organes, notamment sur l'activation des actionneurs, l'état des capteurs ou le déclenchement des sécurités, n'a pas permis aux enquêteurs du BEA-TT de déterminer avec certitude le scénario qui a conduit au démarrage intempestif du bac survenu le 4 juillet 2013.

Plus globalement, l'absence de tels enregistrements est préjudiciable à une analyse et à un suivi approfondi de l'état des constituants de ce plan incliné et des défaillances, notamment fugitives, qu'ils peuvent connaître.

Par ailleurs, si la subdivision de Saverne tient une main courante des avaries qui compromettent le fonctionnement de cet ouvrage et des interventions qui y sont

effectuées, force est de constater que les informations retranscrites dans ce document permettent difficilement d'apprécier la nature, les causes et les conséquences des incidents détectés.

Enfin, compte tenu de la spécificité de l'ouvrage concerné, mais également de son ancienneté, l'état de son fonctionnement devrait faire l'objet de revues périodiques permettant de tirer les enseignements des défaillances enregistrées, d'anticiper les opérations de maintenance et d'enrichir les référentiels techniques dont disposent les personnels.

En tout état de cause, les modifications que Voies Navigables de France a apportées au système de contrôle-commande considéré, consécutivement à l'accident de juillet 2013, devraient permettre de conserver en mémoire les changements d'état des divers actionneurs, capteurs et dispositifs de sécurité du plan incliné. *Le BEA-TT en prend acte.*

Au-delà, il formule les deux recommandations ci-après adressées à Voies Navigables de France.

Recommandation R1 (Voies Navigables de France) :

Renforcer la traçabilité des interventions effectuées sur les différents organes du plan incliné de Saint-Louis-Arzviller en matière de maintenance préventive, d'entretien et de réparations afin de disposer de données détaillées sur les tâches réalisées, sur les modifications apportées à ces organes ainsi que sur les causes et les conséquences des éventuelles défaillances qui les ont affectés.

Recommandation R2 (Voies Navigables de France) :

Organiser un retour d'expérience régulier et structuré de l'état du fonctionnement du plan incliné de Saint-Louis-Arzviller et des incidents francs ou fugitifs qui l'affectent afin d'anticiper les opérations de maintenance.

5.4 - La réduction de l'ampleur d'une inondation provoquée par une défaillance du fonctionnement du plan incliné

En se déplaçant alors que sa porte et celle du bief amont étaient ouvertes, le bac a dégagé, dans le plan incliné, une brèche béante dans laquelle l'eau de ce bief s'est engouffrée pour se déverser en cascade vers l'aval.

La réactivité des agents de Voies Navigables de France a permis de limiter l'ampleur de l'inondation qui menaçait la vallée s'étendant à l'aval du canal. En effet, l'opératrice en fonction dans la tour de contrôle du plan incliné a immédiatement appelé les personnels en charge de la gestion du tunnel d'Arzviller et la vanne de sectionnement du bief amont située au niveau de ce tunnel a pu être rapidement fermée.

Nonobstant, cette vanne est installée à quelque trois kilomètres du plan incliné et la section du canal comprise entre cet ouvrage et la vanne considérée contient 100 000 m³ d'eau. Par ailleurs, si pour une cause quelconque, cette vanne n'avait pas pu être fermée, c'est toute l'eau contenue dans le bief amont, qui s'étend sur 30 km, qui risquait de déferler vers l'aval.

Il serait donc judicieux, afin de réduire l'ampleur d'une inondation résultant d'une défaillance du plan incliné, de compléter le dispositif actuel par une vanne supplémentaire implantée à proximité immédiate de cet ouvrage et pouvant être activée depuis sa tour de contrôle.

Ainsi, le BEA-TT adresse à Voies Navigables de France la recommandation suivante :

Recommandation R3 (Voies Navigables de France) :

Équiper le bief de partage des Vosges du canal de la Marne au Rhin d'une vanne de sectionnement située à proximité immédiate du plan incliné de Saint-Louis-Arzviller et pouvant être manœuvrée depuis la tour de contrôle de cet ouvrage.

6 - Conclusions et recommandations

6.1 - Les causes de l'accident

Le démarrage intempestif du bac du plan incliné de Saint-Louis-Arzviller survenu le 4 juillet 2013 est probablement la conséquence d'une défaillance de son arrimage à son poste amont conjuguée à un actionnement malencontreux d'une commande intervenant dans le processus de lancement des départs de ce bac sans pour autant activer sa mise en mouvement effective.

Quatre facteurs ont contribué à cet accident et à ses conséquences :

- des lacunes importantes dans la logique du système de contrôle-commande de ce plan incliné qui permettent, notamment, d'obtenir sous certaines conditions un démarrage de la descente du bac alors que sa porte et celle du bief amont sont ouvertes ;
- des interfaces utilisateurs de ce système de contrôle-commande obsolètes qui n'apportent pas aux opérateurs pilotant la marche du plan incliné des informations complètes et précises, en temps réel, sur l'état des actionneurs et des sécurités. En particulier, aucun témoin fiable ne leur permet de vérifier que les crochets permettant d'arrimer le bac à ses postes à quai sont correctement verrouillés ;
- une traçabilité insuffisante tant des défaillances franches ou fugitives affectant les différents organes de l'ouvrage considéré que des interventions et des modifications dont ils font l'objet ;
- une vanne de sectionnement du bief amont trop éloignée du plan incliné qui ne limite pas suffisamment l'ampleur d'un déversement de ce bief vers l'aval.

Avant de remettre en service l'ouvrage concerné, Voies Navigables de France a apporté, sur la base des constats effectués consécutivement à l'accident considéré, des modifications substantielles à la logique et à l'ergonomie de son système de contrôle-commande.

6.2 - Les recommandations

Au vu de ces éléments, le BEA-TT adresse à Voies Navigables de France les trois recommandations suivantes :

Recommandation R1 (Voies Navigables de France) :

Renforcer la traçabilité des interventions effectuées sur les différents organes du plan incliné de Saint-Louis-Arzviller en matière de maintenance préventive, d'entretien et de réparations afin de disposer de données détaillées sur les tâches réalisées, sur les modifications apportées à ces organes ainsi que sur les causes et les conséquences des éventuelles défaillances qui les ont affectés.

Recommandation R2 (Voies Navigables de France) :

Organiser un retour d'expérience régulier et structuré de l'état du fonctionnement du plan incliné de Saint-Louis-Arzviller et des incidents francs ou fugitifs qui l'affectent afin d'anticiper les opérations de maintenance.

Recommandation R3 (Voies Navigables de France) :

Équiper le bief de partage des Vosges du canal de la Marne au Rhin d'une vanne de sectionnement située à proximité immédiate du plan incliné de Saint-Louis-Arzviller et pouvant être manœuvrée depuis la tour de contrôle de cet ouvrage.

ANNEXE : Décision d'ouverture d'enquête



MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE
ET DE L'ÉNERGIE

*Bureau d'enquêtes sur les accidents
de transport terrestre*

La Défense, le 8 juillet 2013

Le Directeur

DECISION

Le directeur du bureau d'enquêtes sur les accidents de transport terrestre,

Vu le code des transports et notamment le titre II du livre VI de la 1^{re} partie relatif à l'enquête technique après un accident ou un incident de transport ;

Vu le décret n° 2004-85 du 26 janvier 2004 modifié relatif aux enquêtes techniques après accident ou incident de transport terrestre ;

Vu les circonstances de l'accident impliquant un bateau à passagers survenu le 4 juillet 2013 sur le canal de la Marne au Rhin, à Saint-Louis en Moselle, consécutivement à une chute brutale du bac du plan incliné de Saint-Louis-Arzviller ;

décide

Article 1 : Une enquête technique est ouverte en application du titre II du livre VI de la 1^{re} partie du code des transports sur l'accident ayant affecté un bateau à passagers pénétrant sur le plan incliné de Saint-Louis-Arzviller survenu le 4 juillet 2013 à Saint-Louis en Moselle (57).

Le directeur du BEA-TT

Claude AZAM

BEA-TT - Bureau d'enquêtes sur les accidents de transport terrestre

Tour Pascal B - 92055 La Défense cedex
Tél. : 01 40 81 21 83 - Fax : 01 40 81 21 50
bea-tt@developpement-durable.gouv.fr
www.bea-tt.developpement-durable.gouv.fr

