

# ETUDES FMDS SUR LA LIGNE À GRANDE VITESSE BRETAGNE - PAYS DE LA LOIRE



Ligne à Grande  
VITESSE  
Bretagne - Pays de la Loire

3<sup>ème</sup> Année du Cycle Ingénieur

Option Qualité et Sûreté de Fonctionnement des Systèmes

Soutenu par : Cédric BELOUIN

Tuteur entreprise : M. Michel COUSIN  
Enseignant tuteur : M. Teodor TIPLICA

# Sommaire

- Contexte du projet
- Etudes de Sécurité
- Etudes de Fiabilité - Maintenabilité - Disponibilité (FMD)
- Conclusion



# Contexte du projet

# Groupe EIFFAGE



## ○ Activités

- Concessions et Partenariats Public-Privé
- Construction
- Travaux Publics
- Energie
- Métal

## ○ Chiffres

- Salariés : Environ 70.000 dans le monde, 60.000 en France
- Chiffre d'affaires : 13 732 millions d'Euros en 2011

## ○ Concurrents

- 3<sup>ème</sup> groupe de BTP et de concessions français, derrière Vinci et Bouygues
- 4<sup>ème</sup> groupe de BTP et de concessions européen  
(année 2011 ; en termes de CA ; magazine *Le Moniteur des travaux publics et du bâtiment*)

## ○ Clients

- Clients privés, entreprises nationales, l'Etat, collectivités locales

# Projet Bretagne - Pays de la Loire

- Construction d'une ligne ferroviaire à grande vitesse et fret entre Le Mans et Rennes
- Objectifs
  - Renforcer l'accessibilité de l'Ouest vers les autres régions françaises



➔ Réduction du temps de trajet

- De 2h10 à environ 1h30 sur l'axe Rennes-Paris
- Gain de temps vers les villes environnantes

# Projet Bretagne - Pays de la Loire

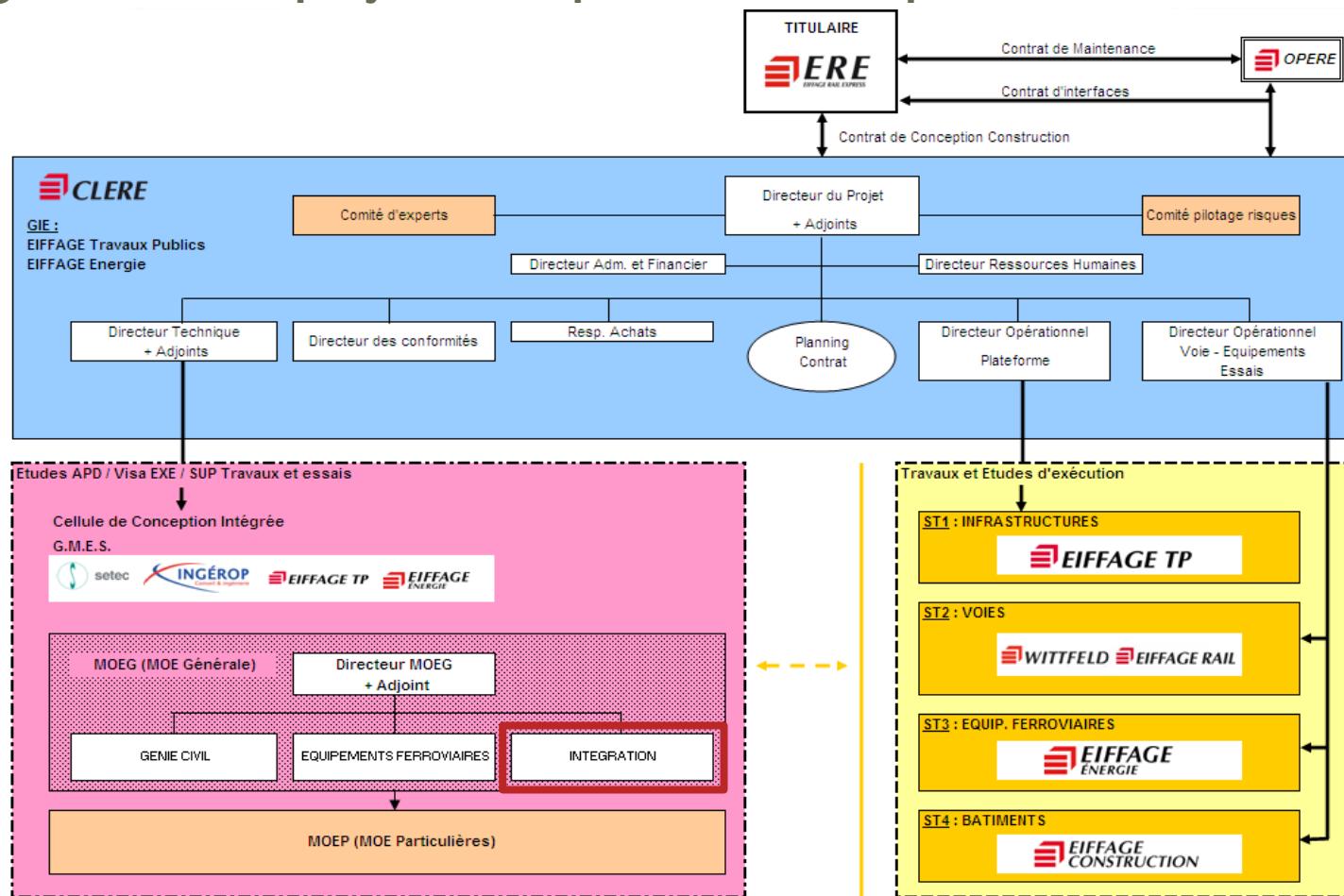
## ○ Chiffres importants

- Projet global : 3,3 milliards d'Euros
- Contrat : Durée de 25 ans
  - 1<sup>er</sup> Partenariat Public-Privé (PPP) d'une telle importance dans le domaine ferroviaire
  - ➔ **Conception, construction, entretien (y compris renouvellement) et financement du projet**
- 218 km de ligne nouvelle
- Vitesse d'exploitation : 320 km/h et 100 km/h pour le fret (source : site Internet du projet)



# Projet Bretagne - Pays de la Loire

- Organisation de ~~projet~~ : Groupement Concepteur Constructeur



# Projet Bretagne - Pays de la Loire

## ● Planning du projet

| Nom  |                          | Début          | Fin            |
|--|--------------------------|----------------|----------------|
| Signature du Contrat de Partenariat                                |                          | Juillet 2011   |                |
| Etudes APD (Avant-Projet Détailé) et autorisations administratives |                          | Janvier 2011   | Juillet 2012   |
| Etudes Projet  | Génie Civil              | Avril 2012     | Juillet 2015   |
|  | Equipements Ferroviaires | Octobre 2012   | Mai 2015       |
|  | Hors Voie                | Avril 2012     | Décembre 2015  |
| Travaux préparatoires  |                          | Juillet 2012   | Novembre 2012  |
| Travaux Génie Civil  |                          | Décembre 2012  | Juillet 2015   |
| Travaux Equipements Ferroviaires                                   |                          | Septembre 2014 | Septembre 2016 |
| Essais et mise en service  |                          | Septembre 2016 | 15 mai 2017    |
| Fin du Contrat de Partenariat                                      |                          | Août 2036      |                |

# Sujet de stage

## Objectifs fixés dans le Contrat de Partenariat RFF - EIFFAGE

- Mise à disposition de la ligne à Réseau Ferré de France : 15 mai 2017
- Tenue d'objectifs de Fiabilité - Maintenabilité - Disponibilité - Sécurité (FMDS)

## Travaux à réaliser

- Démonstration générale de la capacité de la ligne à tenir
  - Niveau de sécurité global fixé
  - Objectifs de performance et de disponibilité

## 2 axes de travail

- Etudes de Sécurité de la ligne
- Etudes de Fiabilité - Maintenabilité - Disponibilité de la ligne



# Etudes de Sécurité

# Pourquoi des études de Sécurité ?

- Accidents ferroviaires



Collision



Obstacle sur la voie



Déraillement

# Pourquoi des études de Sécurité ?

## ○ Cadre réglementaire

Décret n° 2006-1279 du 19 octobre 2006 relatif à la sécurité des circulations ferroviaires et à l'interopérabilité du système ferroviaire (Article 43) :

- 3 dossiers
  - Dossier de Définition de Sécurité
  - Dossier Préliminaire de Sécurité
  - Dossier de Sécurité

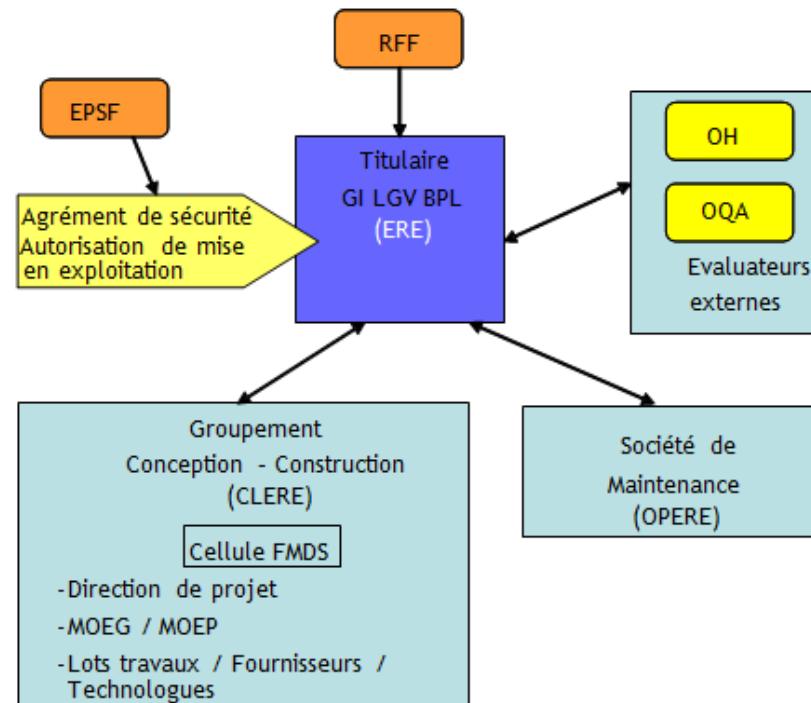
## ○ Absence de certains référentiels

## → Objectif fixé à la LGV BPL

- Assurer un niveau de sécurité « globalement au moins équivalent » (GAME) à celui offert par la LGV Est Européenne (système de référence)
- Mise en place d'une démarche et d'une organisation Sécurité pour respecter l'objectif fixé

# Organisation Sécurité

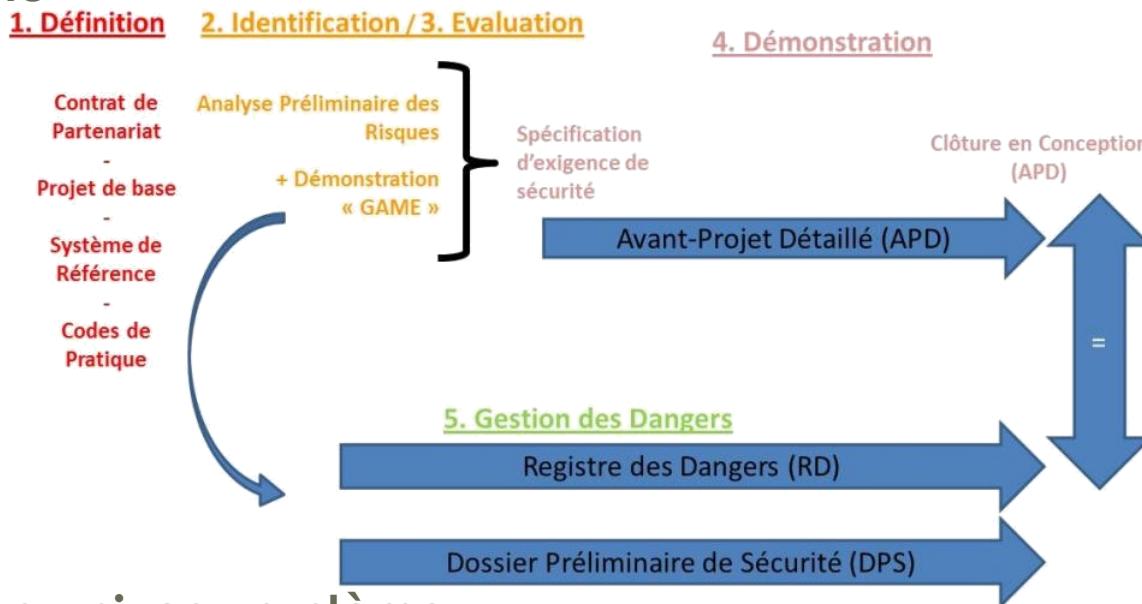
## ○ Acteurs et organisation



- Participation de l'organisation à la démarche Sécurité (norme NF EN 50129)
- Objectif : Délivrance de l'autorisation de mise en exploitation commerciale de la ligne par l'Etablissement Public de Sécurité Ferroviaire (EPSF)

# Démarche Sécurité

## ○ Démarche



## ○ Activités au niveau système

- Plan Assurance Sécurité (PAS)
- Analyse Préliminaire des Risques (APR)
- Analyse des Risques du Système et de ses Interfaces (ARS/AI)
- Gestion des exigences de Sécurité
- Dossier Préliminaire de Sécurité (DPS)
- Registre des Dangers (RD)

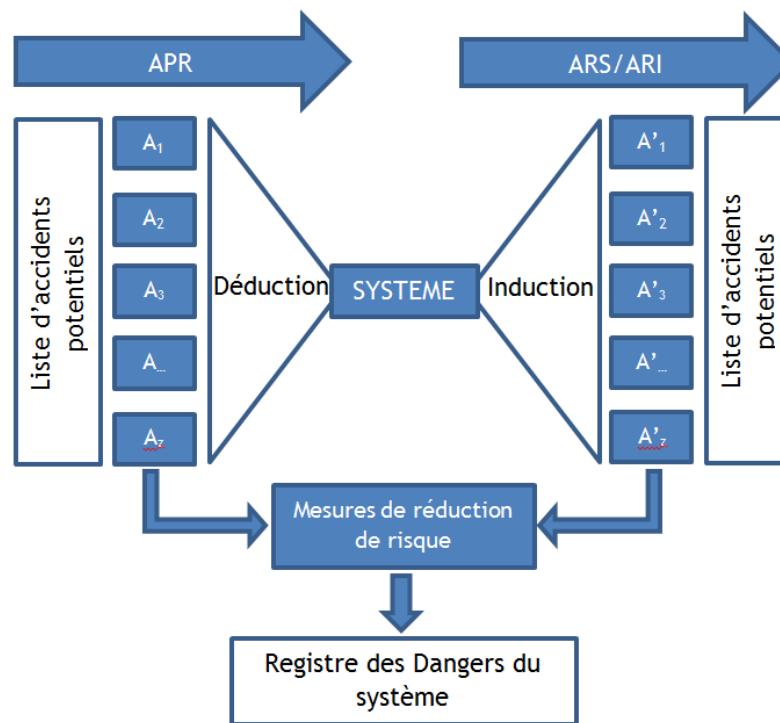
# Analyse Préliminaire des Risques

## ○ Intérêts

- Mettre en évidence les dangers/risques spécifiques
- Identifier les mesures de réduction de risque envisageables



## ○ Méthode



# Analyse Préliminaire des Risques

## ○ Démarche de travail

- Consolidation de l'APR système par les entités du projet
  - Ajout/modification/suppression de mesures de réduction de risque
  - Ajout/modification de situations dangereuses
  - Vérification : Cohérence et homogénéité de l'analyse → Commentaires
- Evaluation des risques identifiés
  - Objectif : Définir l'acceptabilité des risques
  - Composantes : **Fréquence** d'apparition et **gravité** des conséquences
  - Intégralité des dangers identifiés



|   |
|---|
| Collision                               |
| Déraillement/Renversement               |
| Electrocution                           |
| Chute d'une personne                    |
| Heurt/Ecrasement/Coincement de personne |
| Panique                                 |
| Explosion ou fuite nocive               |

|   |
|---|
| Incendie  |
| Brûlure   |
| Asphyxie, Suffocation, Intoxication                         |
| Événements d'origine naturelle                              |
| Agression extérieure  |
| Événements induits par le système LGV sur son environnement |

## ○ Difficultés

- Format des APR sous-systèmes

# Analyse des Risques du Système

- **Analyse inductive complémentaire à l'APR**

- A réaliser au niveau système

- **Objectifs**

- Identifier l'ensemble des risques induits par les fonctions du système
  - Assurer l'exhaustivité dans l'identification des dangers
  - Spécifier des exigences de Sécurité complémentaires à l'APR

- **Réalisation sur les 4 domaines de la ligne**

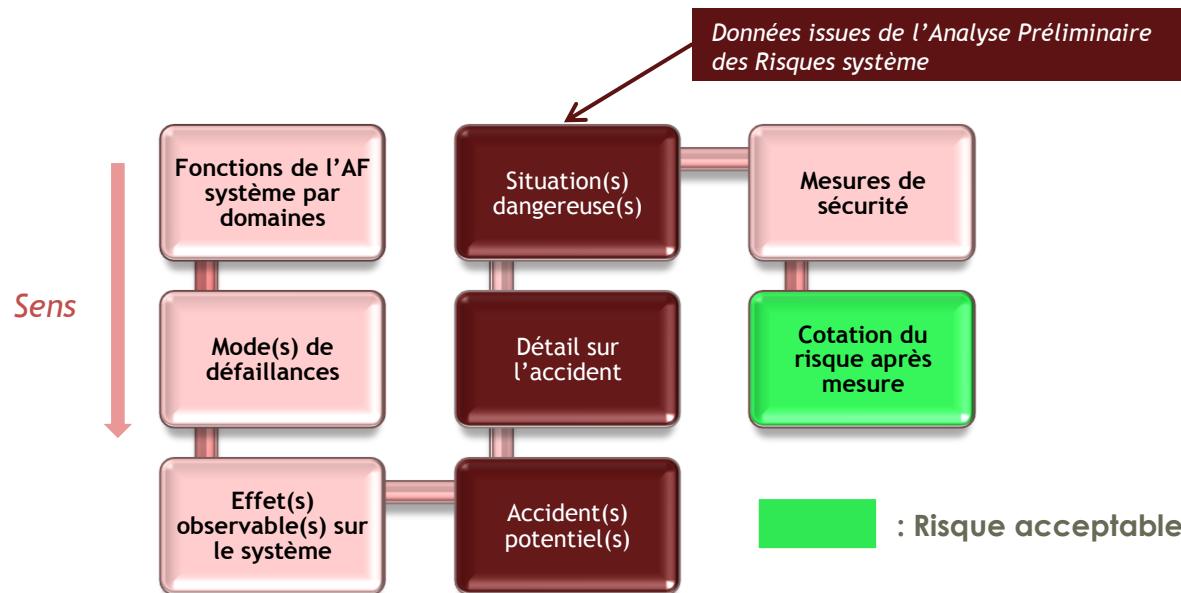
- Génie Civil
  - Equipements Ferroviaires Hors Voie
  - Voie Ferrée
  - Bâtiments

- **Délais**

- Génie Civil : Avant le 15 avril
  - Autres domaines : A adapter en fonction des autres travaux

# Analyse des Risques du Système

## ○ Méthode d'analyse



- **Effets identifiés : Rattachement jusqu'aux situations dangereuses de l'APR**
  - Assurer la traçabilité entre l'APR et l'ARS
- **Situations dangereuses : Couverture de l'ensemble des risques identifiés**

# Analyse des Risques du Système

## ○ Démarche de travail et Résultats

- Principes appliqués
  - Modes de défaillances
    - Etre synthétique
    - Préciser les raisons des accidents engendrés → **Faciliter la lecture de l'analyse**
    - Conserver la démarche de perte/perte partielle de la fonction
  - Effets sur le système
    - Adapter par rapport aux sous-domaines concernés



→ Génie Civil : Finalisation de l'analyse dans les délais.

Création de 2 nouvelles exigences.

- Autres domaines : En cours de relecture (priorité donnée au DPS : phase critique pour le planning du projet)

## ○ Mise à jour de l'ARS après le stage

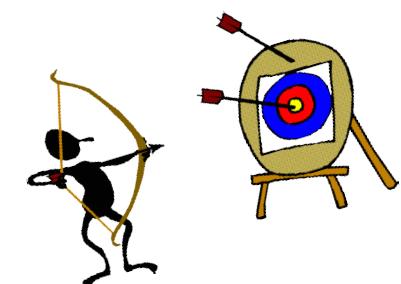
# Analyse des Risques du Système

| N° | Accident potentiel | Détail AP   | Situation Dangereuse                                   | N° Exigence | Mesures de Sécurité Prévues   | Niveau de Sécurité de la fonction |
|----|--------------------|---|--|-------------|---|-----------------------------------|
| 01 | COLLISION          | Collision avec un matériel roulant en nez à nez   | Franchissement d'un signal fermé                       | APR-012     | Architecture du système de télécommunication sécurisée<br>Garantir la communication entre PCC/train (radio) en cas de défaillance SIG | Fonction non-essentielle          |
|    |                    | Collision avec un matériel roulant par prise en écharpe   | Franchissement d'un signal fermé                       | APR-012     | Architecture du système de télécommunication sécurisée<br>Garantir la communication entre PCC/train (radio) en cas de défaillance SIG |                                   |
|    |                    | Collision par rattrapage d'un véhicule (rame ou autre engin) en mouvement ou collision avec un véhicule à l'arrêt | Franchissement d'un signal fermé                       | APR-012     | Architecture du système de télécommunication sécurisée<br>Garantir la communication entre PCC/train (radio) en cas de défaillance SIG |                                   |
|    |                    |   | Véhicule sur la voie non pris en compte par le système | APR-012     | Architecture du système de télécommunication sécurisée<br>Garantir la communication entre PCC/train (radio) en cas de défaillance SIG |                                   |
| C  | -                  | N/A   |  |             |   | 0                                 |

# Analyse des Risques du Système

## ○ Difficultés et propositions d'améliorations

- Analyse Fonctionnelle
  - Niveau de détail insuffisant
  - Vocabulaire technique
  - **Identification difficile des défaillances des sous-systèmes**
- Domaine « Equipements Ferroviaires Hors Voie »
  - Interfaces entre les sous-domaines
  - Fonctions complexes
  - **Interview de personnes expérimentées**
  - **Lecture de documents du projet**
  - **Mise à jour du TAF et de l'Analyse Fonctionnelle (en cours)**
- Analyse en cours de relecture
  - **Imposer des points réguliers de suivi de travail**



# Gestion des exigences de Sécurité

## ○ Matrice de gestion des exigences de Sécurité

- Ensemble des mesures issues de l'APR et de l'ARS
- Allocations à divers pilotes (sous-systèmes, exploitant, mainteneur)
  - ➔ Objectif : Clôturer les mesures en place et les risques identifiés dans l'APR

## ○ Démarche de travail

- Ajout des contributions des entités
  - Prise en compte des exigences
  - Ajout/modification d'exigences (suite à l'APR)
- Cohérence de la matrice
  - Réponses des entités
  - Erreurs d'allocations, de numéros d'exigences
  - ➔ Commentaires. Mise à jour par les entités



## ○ Résultat : Matrice intégrée au DPS

- ➔ Preuve de la prise en compte des mesures
- ➔ Initialisation du Registre des Dangers

# Gestion des exigences de Sécurité

## ○ Exemple d'exigence

| SOURCE | #         | Mesures de Sécurité Prévues  | Type | Allocation |             | Justification   | Références des documents            | Intitulés  | Chapitres | Pages /Folio/ Autres          | Statut                        |                          |
|--------|-----------|--|------|------------|-------------|---|-------------------------------------|--|-----------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------|
|        |           |  |      | Pilote     | Compléments |   |                                     |  |           |                               |                               |                          |
| APR    | APR-105   | Les ouvrages d'art sont dimensionnés de manière à ne pas s'effondrer sous la contrainte des efforts extérieurs réglementaires (Matériel Roulant ; pires conditions environnementales acceptables etc.)           | CON  | +          |             |   |                                     |  |           |                               | Clos en phase Conception      |                          |
| APR    | APR-105.1 | <i>GC_Les ouvrages d'art sont dimensionnés de manière à ne pas s'effondrer sous la contrainte des efforts extérieurs réglementaires (Matériel Roulant ; pires conditions environnementales acceptables etc.)</i> | CON  | GC         |             | Les PRA et les PRO sont dimensionnés en prenant en compte des charges statiques, dynamiques et horizontales du matériel roulant ou des véhicules routiers. Le cas échéant, pour les PRO, les charges des convois exceptionnels sont prises en compte.<br>Les efforts de vent sont calculés suivant l'EN 1991-1-4 chapitre 8, et EN 1991-1-4/NA. | REF-GC-OA-014                       | Dossier APD sous-dossier 1.7 - ouvrages d'art Note d'hypothèses générales de dimensionnement   |           | 25-28/55<br>28-30/55<br>34/55 | 25-28/55<br>28-30/55<br>34/55 | Clos en phase Conception |
| APR    | APR-105.2 | <i>GC_Les ouvrages d'art sont dimensionnés de manière à ne pas s'effondrer sous la contrainte des efforts extérieurs réglementaires (Matériel Roulant ; pires conditions environnementales acceptables etc.)</i> | CON  | RFF        | -           | Application codes de pratiques  | * IN03278<br>* IG06026<br>* IN04470 | * Référentiel Technique pour la réalisation des LGV - Partie Génie Civil<br>* Guide de conception des ponts du domaine ferroviaire<br>* Conception et calcul des ouvrages d'art du Réseau Ferré National aux Eurocodes |           |                               | Clos en phase Conception      |                          |

# Dossier Préliminaire de Sécurité

## ○ Contenu

- Précautions prises : Conception, maintenance, exploitation
- Objectifs de sécurité poursuivis et méthodes appliquées pour les atteindre

## ○ Objectif

- Synthèse des analyses de Sécurité en conception (APR, matrice de gestion)
- ➔ **Approbation de l'Etablissement Public de Sécurité Ferroviaire**
- ➔ **Démarrage : Travaux grandes masses de la ligne / Equipements Ferroviaires**

## ○ Rédaction et vérifications

- Etabli par CLERE
- Intégration du périmètre de l'exploitant (Réseau Ferré de France)
- Vérifications : Couverture de l'ensemble des risques identifiés sur le projet
  - Direction Technique de CLERE
  - Organisme Qualifié Agréé

# Dossier Préliminaire de Sécurité

## ○ Travaux effectués

- Documents de synthèse de l'Analyse Préliminaire des Risques
  - Objectif : Synthèse des analyses de risque réalisées
  - Méthode : Risques classés par thèmes → **Lecture synthétique par l'évaluateur**
  - Exemple

| Cause du risque                        | N°  | Mesures de contrôle   |
|--|-----|---|
|  |     | Libellés  |
| Grands vents,<br>tempêtes,<br>tornades | 067 | Etude de vent pour dimensionnement / installation d'équipements spécifiques / Mise en place de solutions de couvertures dans les zones à risques (DVL voire écrans si nécessaires). |

- Cohérence et exhaustivité de documents
  - Documents des entités intégrés au Dossier Préliminaire de Sécurité
  - ➔ **Suppression : Non-sens, oublis**
- ➔ **DPS envoyé dans les délais. Attente de réception des commentaires**



# Etudes de Fiabilité - Maintenabilité - Disponibilité (FMD)

# Pourquoi des études de FMD ?

- **Contrat de Partenariat de la ligne**

- Respect : Objectifs de performance et de disponibilité fixés
- Pénalités si objectifs non respectés durant l'exploitation

- **Objectifs système**

- **Mesure de la Fiabilité**
  - Nombre d'incidents

- **Mesure de la Disponibilité**
  - Valeur moyenne des temps de relève

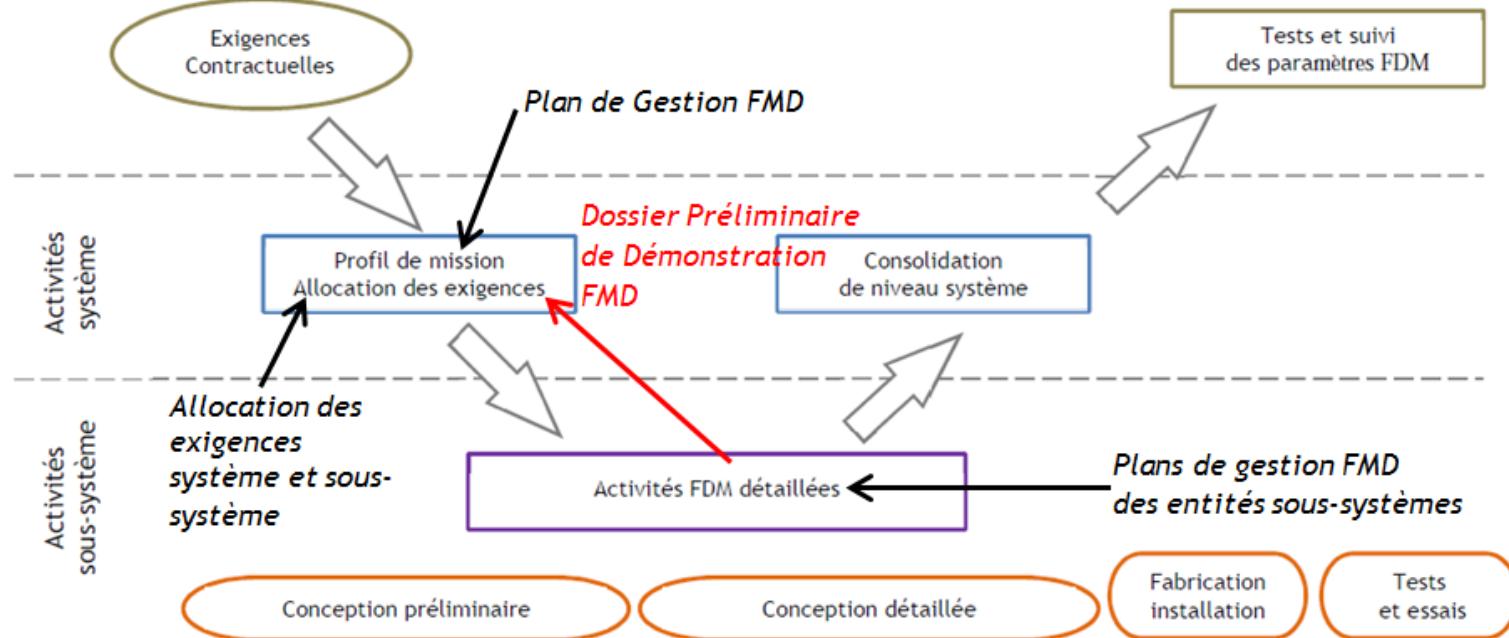
- **Taux de régularité**
  - Cumul des retards imputables à EIFFAGE

→ **Répartition aux sous-systèmes de la ligne**



# Démarche et Organisation FMD

## ● Cycle de vie FMD système



- Synthèse des analyses sous-systèmes → Niveau système : **Dossier de Démonstration Préliminaire FMD**

# Missions et objectifs

- **Réalisation de l'Analyse des Risques du Système et de ses Interfaces**
- **Rédaction et suivi du Dossier Préliminaire de Démonstration FMD**
- **Date butoir : Envoi du dossier avant le 15 septembre (Direction Technique de CLERE)**



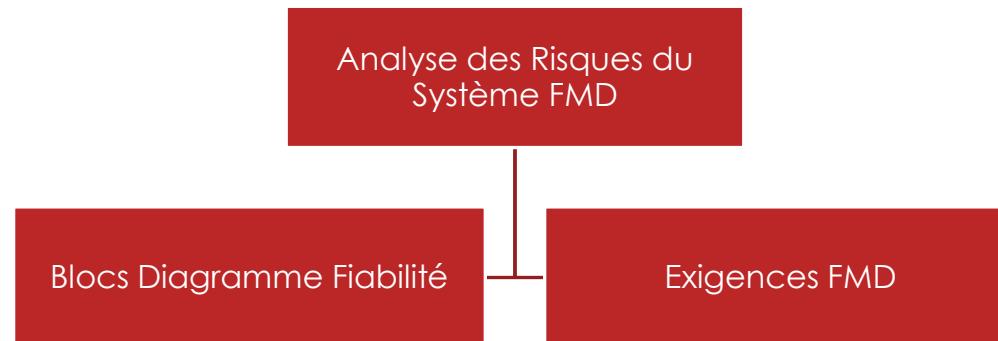
# Analyse des Risques du Système

- **Analyse complémentaire à l'ARS Sécurité**

- **Différences avec l'ARS Sécurité**

- Effets sur l'exploitation = Impacts sur le service commercial
  - Exemples : Retard du train, Arrêt du train, Annulation des trains suivants sur la ligne
- Création d'exigences FMD
  - Redondance des sous-systèmes
  - Détection de la perte d'une fonction

- **Objectifs**



# Analyse des Risques du Système

## ○ Démarche de travail



## ○ Difficultés

- Analyse Fonctionnelle : Niveau de détail insuffisant
  - Interfaces entre les sous-domaines
- **Mise à jour du TAF et de l'Analyse Fonctionnelle (en cours)**

## ○ Après le stage

- Mise à jour de l'ARS (idem ARS Sécurité)
- Intégrée au Dossier Préliminaire de Démonstration FMD si finalisée dans les délais



# Dossier Préliminaire FMD

## ○ Pourquoi ?

- Démonstration en fin de phase de conception préliminaire
  - Objectifs de performance et de disponibilité de la ligne
  - Exigences FMD

## ○ Contenu

- Synthèse des analyses sous-systèmes
- Démonstration du respect des objectifs (performance et disponibilité)
- Démonstration du respect des exigences FMD

## ○ Planning

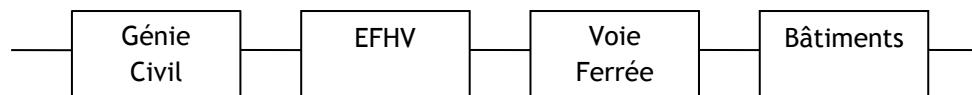
- Envoi à la Direction Technique de CLERE : 15 septembre
- Envoi à l'Organisme Technique : 30 septembre



# Dossier Préliminaire FMD

## ○ Travaux effectués

- Elaboration du dossier
  - Présentation du système
  - Rappels : Objectifs de performance / Allocations systèmes et sous-systèmes
  - Vérification des données d'entrée
  - Aucune donnée chiffrée ou méthode de calcul
- Synthèse au niveau système : Présentation des méthodes de calcul
- Exemple : Bloc Diagramme Fiabilité de la ligne



## → A venir

- Mises à jour des données sous-systèmes
- Envoi du dossier

# Conclusion

# Conclusion

## ○ Contrat de Partenariat de la ligne / Cadre réglementaire

- Etudes de Sécurité et Fiabilité - Maintenabilité - Disponibilité (FMD)

## ○ Organisations et Démarches Sécurité et FMD

- Démarches structurées et formalisées
- Respect des décrets et normes
- Besoin : Démarche partagée et comprise par tous

## ○ Suite du projet

- DPS : Réception de l'avis de l'Etablissement Public de Sécurité Ferroviaire (EPSF)
  - Lancement des travaux grande masse de la ligne
- Mises à jour des analyses de risque

# Bilan technique

- **Découverte : Nouveau secteur, nouveaux systèmes**
- **Adaptabilité : Variété des sujets, outils à utiliser**
- **Expérience enrichissante**
  - Vision globale d'un projet de grande envergure
  - Application des cycles de vie Sécurité, FMD
  - Autonomie, rigueur
- **Apports pour l'entreprise**
  - Respect des délais sur une phase critique du planning du projet
  - Apport d'un regard extérieur
- **Remerciements**



# Merci de votre attention

