

CONVOIS EXCEPTIONNELS ET OUVRAGES D'ART

Rencontres régionales ouvrages d'art

17 novembre 2022

Pierre CHAMBON
Cerema CE

SOMMAIRE

- 1 – Réglementation et principaux textes concernant les ouvrages d'art
- 2 – Dimensionnement et évaluation des ouvrages d'art
- 3 – Exemples d'évaluation
- 4 – Surveillance sous passage de convois
- 5 – Renforcement d'ouvrages
- 6 – Conclusion

Réglementation et principaux textes concernant les ouvrages d'art

PRINCIPAUX TEXTES GÉNÉRAUX

Arrêté du 4 mai 2006 : arrêté relatif aux transports exceptionnels de marchandises, d'engins ou de véhicules et ensembles de véhicules comportant plus d'une remorque.

Arrêté du 25 février 2011 : arrêté du modifiant l'arrêté du 4 mai 2006 relatif aux transports exceptionnels de marchandises, d'engins ou de véhicules et ensembles de véhicules comportant plus d'une remorque

Arrêté du 5 juillet 2017 : arrêté définissant les réseaux routiers à portée nationale de transports exceptionnels

Arrêté du 2 novembre 2021: modifiant l'arrêté du 5 juillet 2017

CATÉGORIES DE CONVOIS

Caractéristiques du convoi	première catégorie	deuxième catégorie	troisième catégorie
Longueur (en mètres)	≤ 20	$20 < L \leq 25$	> 25
largeur (en mètres)	≤ 3	$3 < l \leq 4$	> 4
Masse totale (en kg)	$\leq 48\ 000$	$48\ 000 < M \leq 72\ 000$	$> 72\ 000$

Source : Arrêté du 4 mai 2006

La caractéristique la plus forte détermine la catégorie du transport.

PRINCIPAUX TEXTES POUR LES OUVRAGES D'ART

Annexe à EN1991-2/AN : Guide pour la prise en compte des véhicules spéciaux sur les ponts routiers : **donne la méthodologie générale**

Fascicule 61, titre II du CPC (1971) : détaille des charges militaires et exceptionnelles

Lettre-circulaire R/EG.3 de la Direction des Routes et du Service de l'entretien, de la réglementation et du contentieux du 20 juillet 1983 : Définition des convois-types et règles pour la vérification des ouvrages d'art

« Cartes » des transports exceptionnels : Définition des convois types pour l'évaluation et le dimensionnement des ouvrages d'art – Cerema – Octobre 2016

PRINCIPES GÉNÉRAUX

Transports d'objets ou charges indivisibles



Exemple de chargement divisible

Hauteur et largeur : pas de valeur limite



Mais reconnaissance à faire par le demandeur



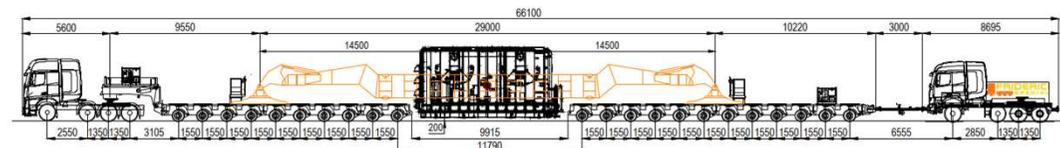
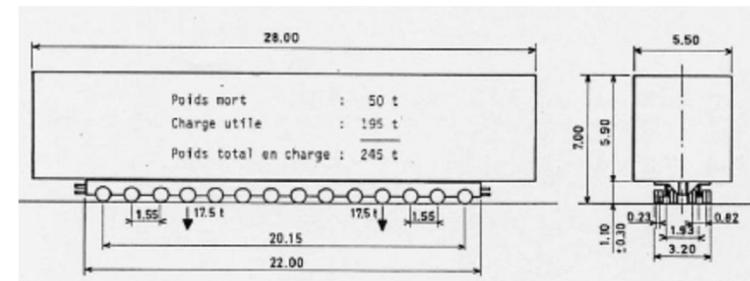
Convois exceptionnels et ouvrages d'art

ANNEXE DE L'ANNEXE NATIONALE DE L'EN1991-2

Guide pour la prise en compte des véhicules spéciaux sur les ponts routiers

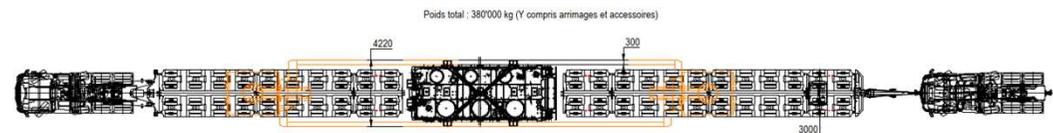
Définition de 2 types de véhicules :

- Véhicule spécial type : défini à partir de la réglementation française
- Véhicule spécial réel : défini pour un projet spécifique



Charges par essieux / lignes d'essieux [Kg]:

Poids à vide	7500	3310	4000	4000	10 x 3'370	12 x 3'295	7500	7500	10'000	10'000
Système poutres					+19'260		-20'940			
Sous total	7500	4'110	4'740	4'740	10 x 4'967	12 x 5'124	7500	7500	10'000	10'000
Transformateur					+105'000					
Poids total roulant	9'000	8'000	11'500	11'500	10 x 13'850	12 x 13'850	7500	7500	10'000	10'000



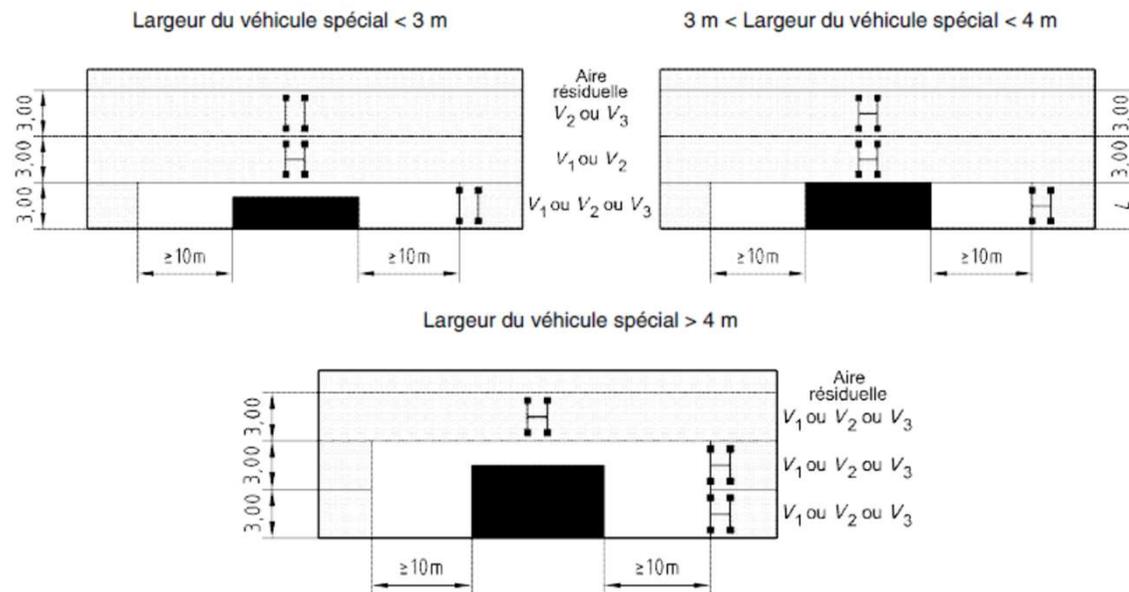
Valeur caractéristique des charges = **1,1** x valeur nominale (**1,05** si poids et répartition connus avec précision)

ANNEXE DE L'ANNEXE NATIONALE DE L'EN1991-2

Guide pour la prise en compte des véhicules spéciaux sur les ponts routiers

Définition des conditions de passage :

- Avec ou sans trafic routier concomitant
 - Sans : cas « simple »
 - Avec : « plusieurs possibilités » en association avec le trafic (LM1 fréquent)



ANNEXE DE L'ANNEXE NATIONALE DE L'EN1991-2

Guide pour la prise en compte des véhicules spéciaux sur les ponts routiers

Définition des conditions de passage :

- **Avec** ou **sans** position transversale imposée

- **Avec** : cas « simple » :

Recherche de la position transversale la moins défavorable

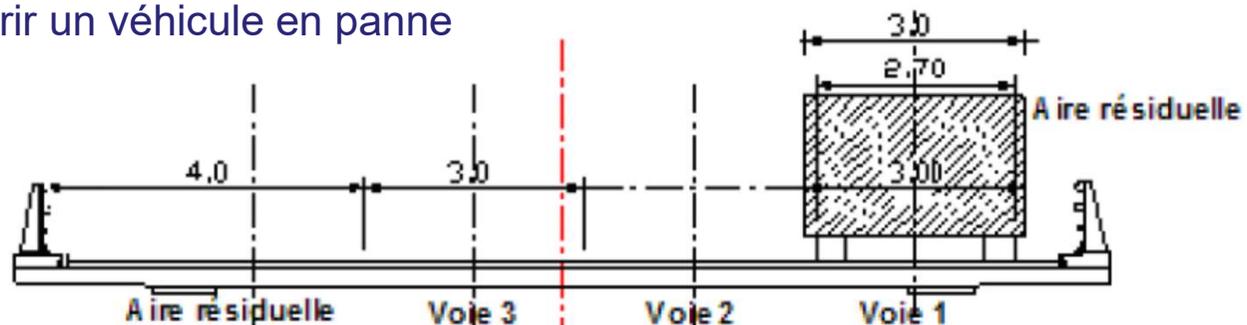


Exemple du cas **centré**

- **Si pas de position imposée** : « plusieurs possibilités » :

Toute la largeur de chaussée est chargeable y compris BAU, bandes dérasées,...

=> Nécessité de couvrir un véhicule en panne



ANNEXE DE L'ANNEXE NATIONALE DE L'EN1991-2

Guide pour la prise en compte des véhicules spéciaux sur les ponts routiers

Définition des conditions de passage :

- **Vitesse de passage :**
 - **A faible vitesse :** ≤ 5 km/h
 - **Vitesse normale :** 70 km/h

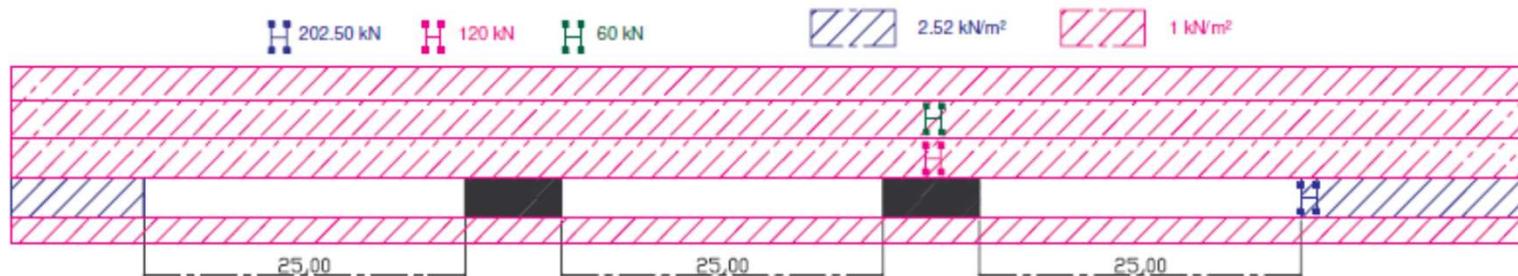
Pas de prise en compte de majoration dynamique et de forces horizontales de freinage dans le cas « faible vitesse »

ANNEXE DE L'ANNEXE NATIONALE DE L'EN1991-2

Guide pour la prise en compte des véhicules spéciaux sur les ponts routiers

Définition des conditions de passage :

- Distance entre convois :



- Fréquence de passage

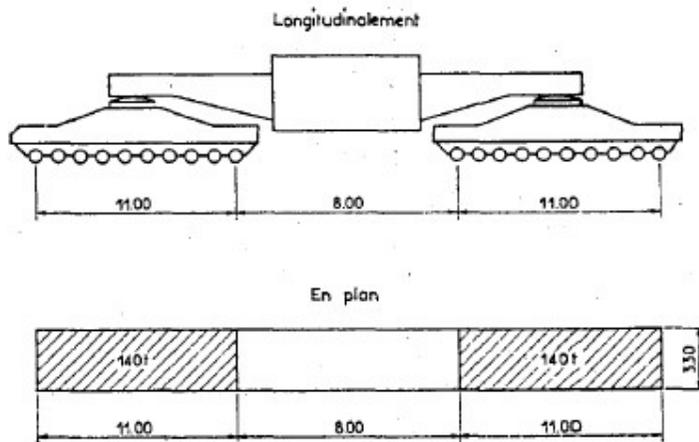
FASCICULE 61, TITRE II DU CPC

Définition des convois exceptionnels : D et E (pour mémoire)

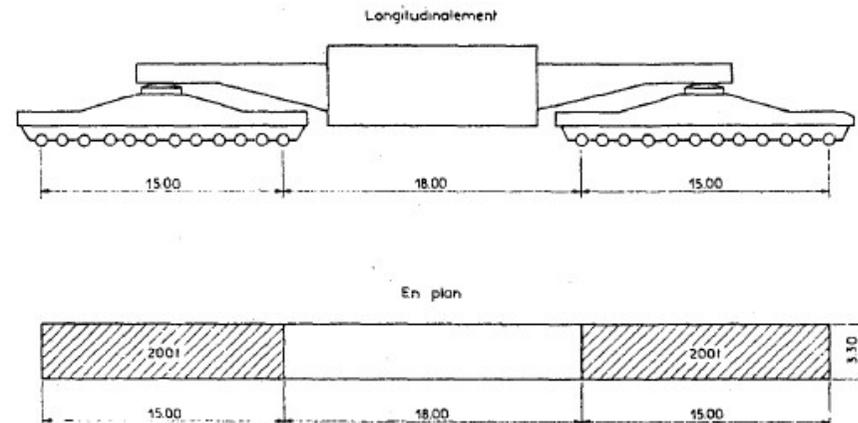


Ces convois D et E ne sont pas à confondre avec ceux de la circulaire R/EG 83 !

10.2. * Convoi type D :



10.3. * Convoi type E :



10.5 * Les convois lourds exceptionnels sont supposés rouler sur les ponts à une vitesse au plus égale à 10 km/h, ce qui justifie l'absence d'effets annexes.

FASCICULE 61, TITRE II DU CPC

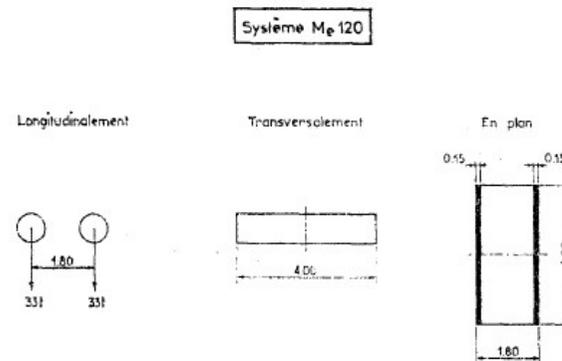
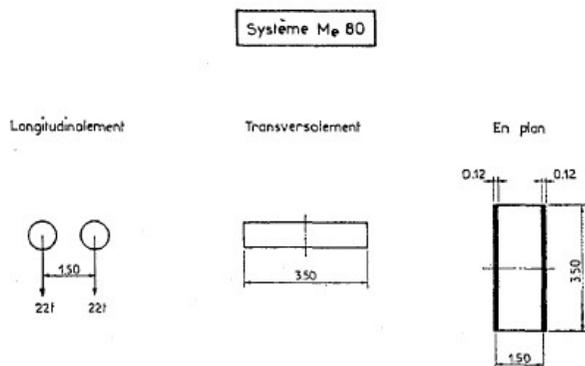
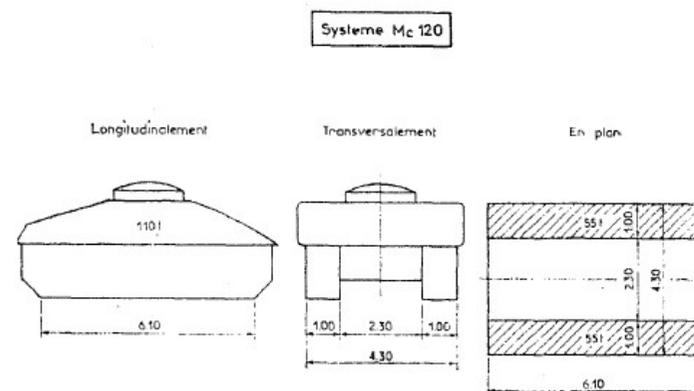
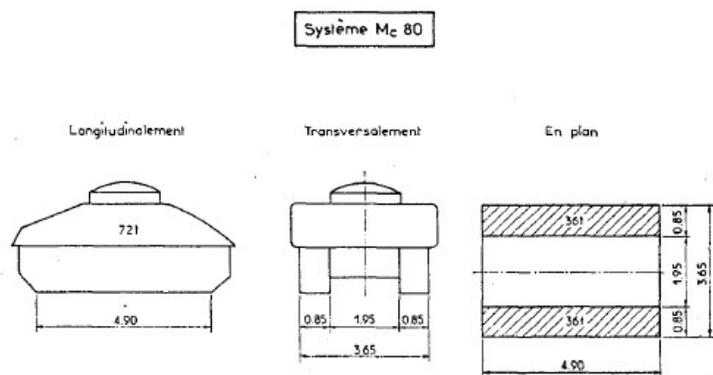
Définition des convois militaires : ME et MC



Valeur caractéristique = valeur nominale

9.3. * Convoi M 120 :

9.2. * Convoi M 80 :



ANNEXE LETTRE-CIRCULAIRE R/EG.3 DE 1983

Définition des véhicules spéciaux types : C, D et E

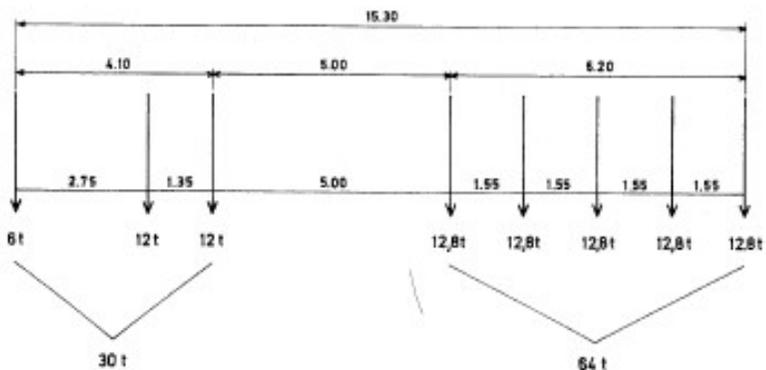
MINISTÈRE DES TRANSPORTS
DIRECTION DES ROUTES

C ≤ 120 t

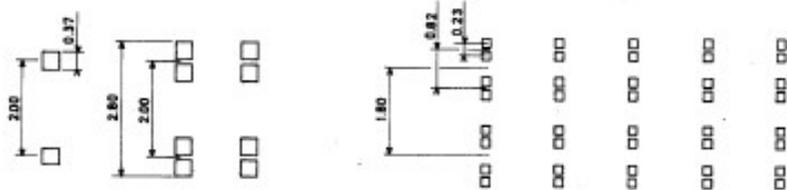
TRANSPORTS EXCEPTIONNELS

CONVOI C1

VERIFICATION DES OUVRAGES D'ART



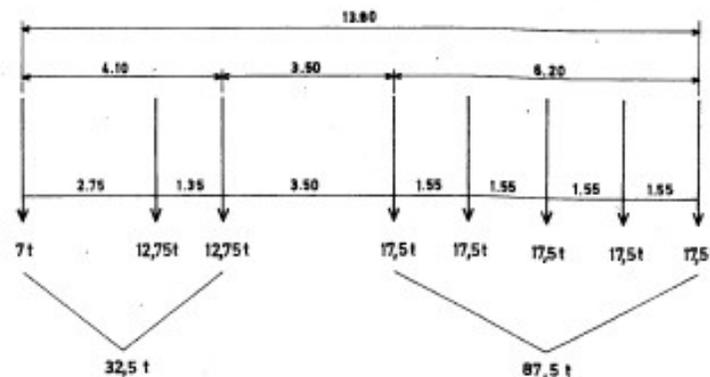
PTR = 94 t



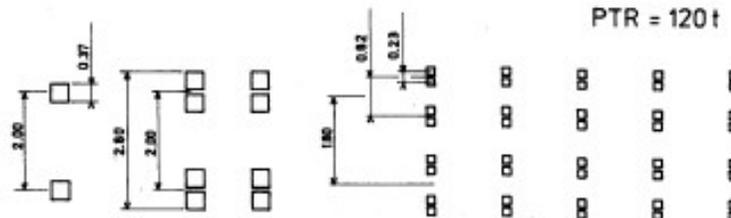
CONVOI C2

VERIFICATION DES OUVRAGES D'ART

DEFINITION DES CONVOIS-TYPES ET
REGLES POUR LA VERIFICATION
DES OUVRAGES D'ART



PTR = 120 t

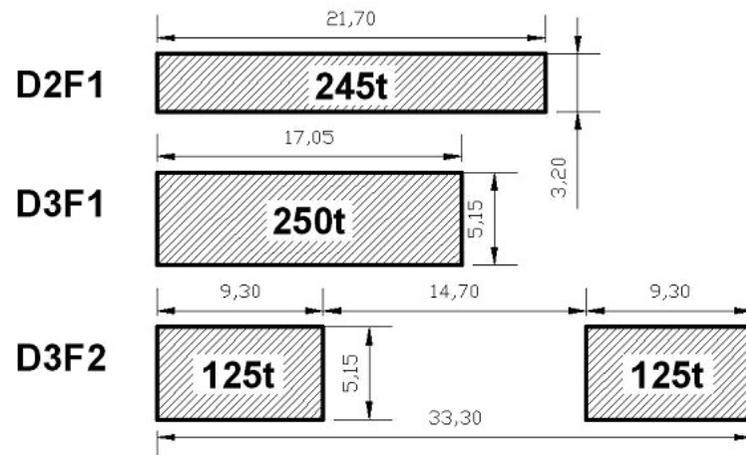


ANNEXE LETTRE-CIRCULAIRE R/EG.3 DE 1983

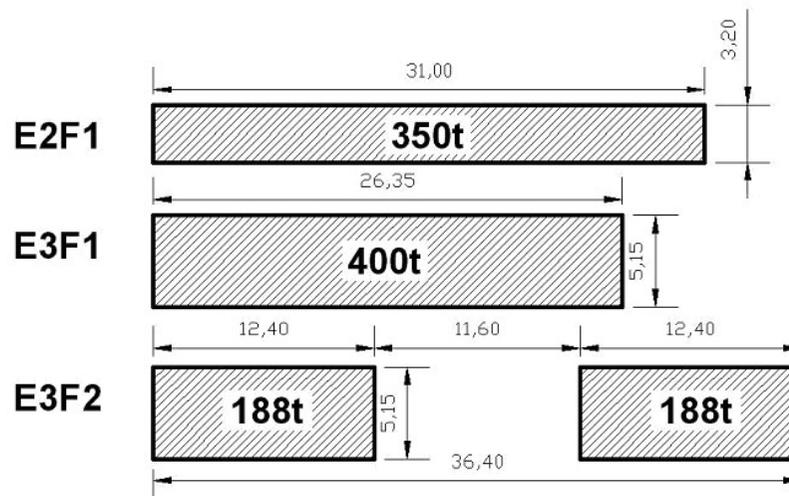
Définition des véhicules spéciaux types : C, D et E

MINISTÈRE DES TRANSPORTS
DIRECTION DES ROUTES

D ≤ 250 t



E ≤ 400 t



TRANSPORTS EXCEPTIONNELS

DEFINITION DES CONVOIS-TYPES ET
REGLES POUR LA VERIFICATION
DES OUVRAGES D'ART

CARTES TE - CONVOIS TYPES ET DÉMARCHE

Définition des convois type pour la mise au point de cartes d'itinéraires

Semi-remorque et grue automotrice avec :

Poids total de 72t, 94t et 120t

Poids max par essieu : 12 t

Espacement minimal entre essieux : 1,36 m



Direction technique
Infrastructures de transport et matériaux

Cartes des transports exceptionnels

Définition de convois types pour l'évaluation et le dimensionnement des ouvrages d'art

Octobre 2016

CARTES TE - CONVOIS TYPES ET DÉMARCHE

Rappel des hypothèses à fixer (cf annexe à l'annexe nationale de EN1991-2) :

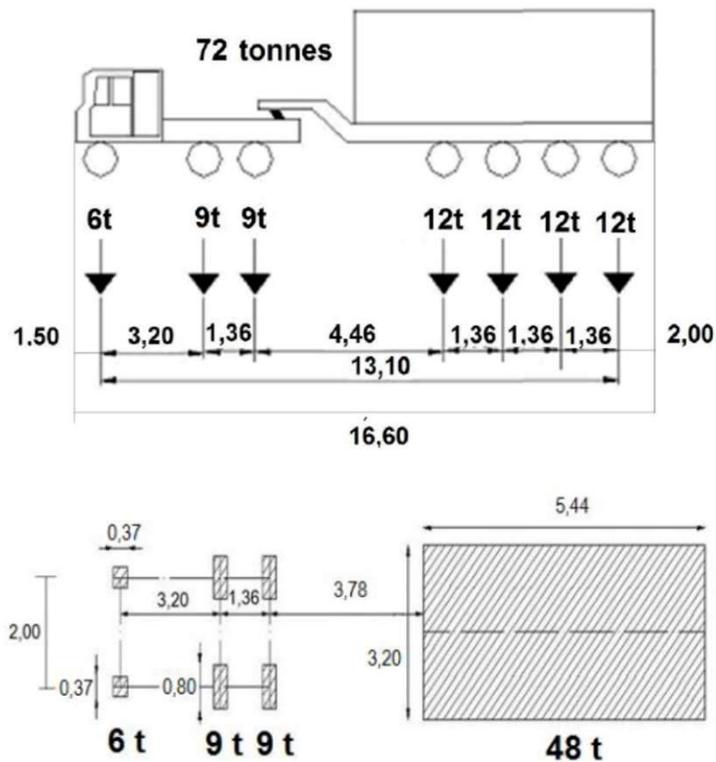
Un seul convoi sur l'ouvrage

Pour le reste, choix laissé à l'évaluateur : vitesse , concomitance avec le trafic, position transversale,...

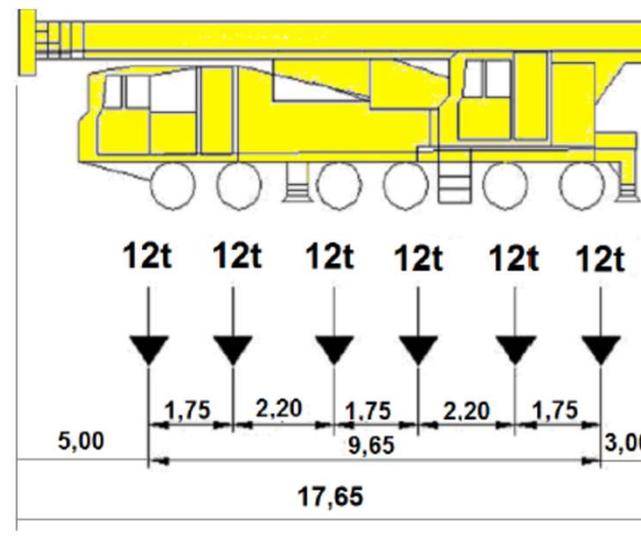
Nécessité d'identifier ces conditions de passage par l'évaluateur

CARTES TE - CONVOIS TYPES ET DÉMARCHE

Semi-remorque de 72 t



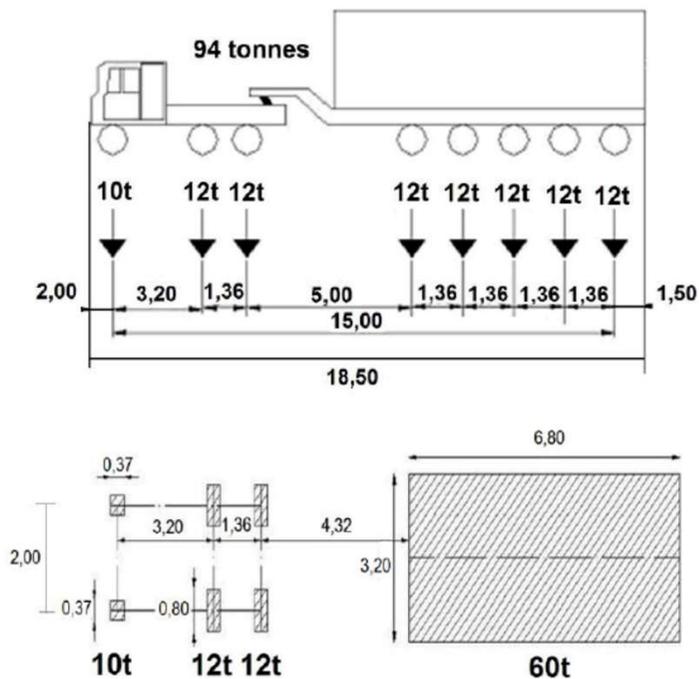
Grue automotrice de 72 t à 6 essieux



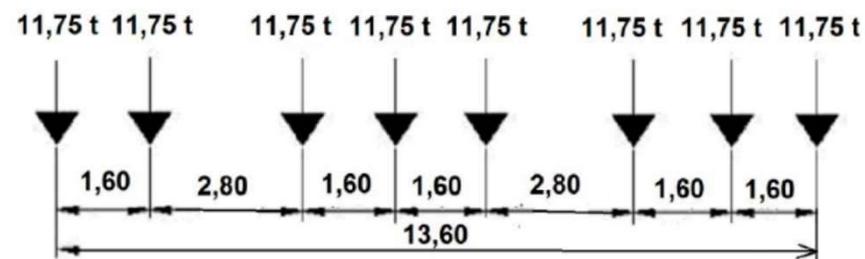
Encombrement transversal : 3 m

CARTES TE - CONVOIS TYPES ET DÉMARCHE

Semi-remorque de 94 t



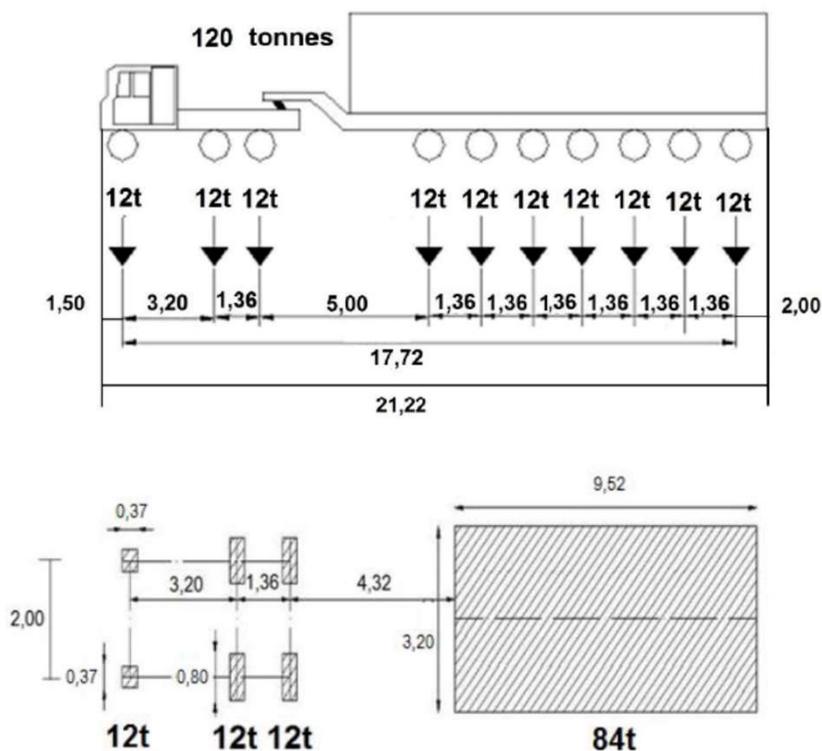
Grue automotrice de 94 t à 8 essieux



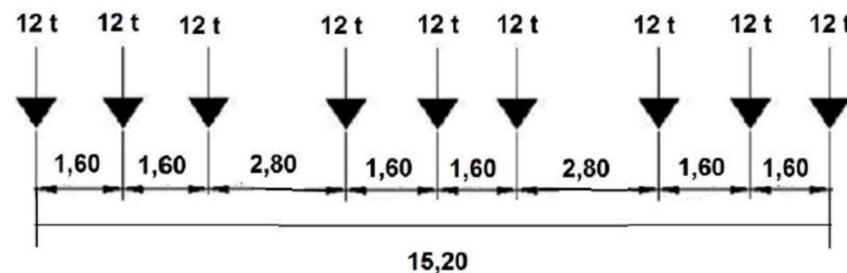
Encombrement transversal : 3 m

CARTES TE – CONVOIS TYPES ET DÉMARCHE

Semi-remorque de 120 t



Grue automotrice de 108 t à 9 essieux



Encombrement transversal : 3 m

CARTES TE - CONVOIS TYPES ET DÉMARCHE

Finalité : arrêtés préfectoraux définissant par département les itinéraires TE72, TE94 et TE120

ARRÊTÉ n° DDPP/STPRR/TE/2019-01

Pris en application de la généralisation de la procédure d'instruction simplifiée des autorisations de circulation des transports exceptionnels

et

Définissant les réseaux routiers « TE120 », « TE94 » et « TE72 », du département du Puy-de-Dôme accessibles aux convois exceptionnels sous réserve du respect des caractéristiques de poids, du gabarit maximal et des prescriptions associées.

ARTICLE 4 : Définition des cahiers de prescriptions

Ces réseaux sont accessibles aux convois exceptionnels circulant sous couvert d'une autorisation préfectorale dite « autorisation individuelle » relative à tout ou partie du réseau routier sous réserve du respect des caractéristiques de poids, du gabarit maximal et des prescriptions associées.

Les prescriptions associées aux réseaux « TE120 », « TE94 » et « TE72 » sont définies en annexes 2 à 6 et constituent les cahiers de prescriptions de ces réseaux.

L'annexe 7 détaille les prescriptions générales à appliquer au franchissement des passages à niveau et des ouvrages d'art du réseau ferré national.

ARTICLE 5 : Règles de circulation

Les réseaux « TE120 », « TE94 » et « TE72 » sont réservés aux convois comportant une charge maximale de 12 tonnes par essieu, une distance entre essieux consécutifs au moins égale à 1,36 m et respectant les cahiers de prescriptions. Dans le cas contraire, les convois

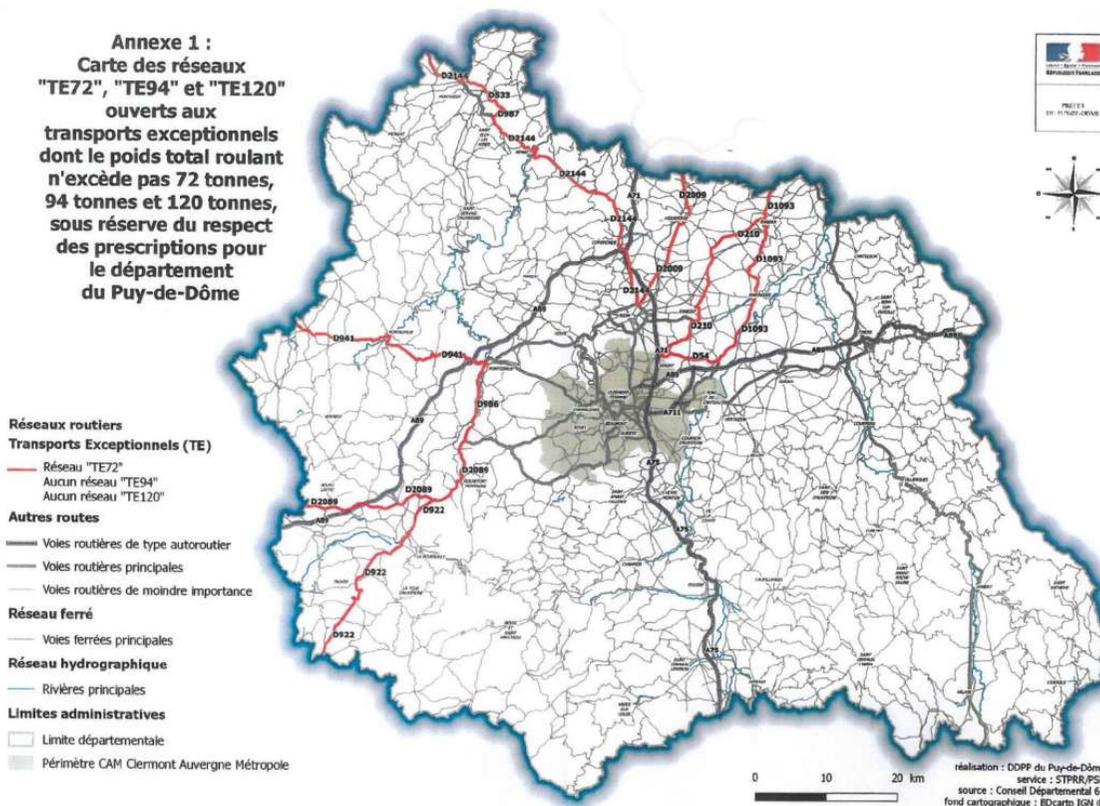
CARTES TE - CONVOIS TYPES ET DÉMARCHE

Finalité : arrêtés préfectoraux définissant par département les itinéraires TE72, TE94 et TE120

- Annexe 1 : Carte des réseaux "TE72", "TE94" et "TE120" ouverts aux transports exceptionnels dont le poids total roulant n'excède pas 72 tonnes, 94 tonnes et 120 tonnes, sous réserve du respect des prescriptions pour le département du Puy-de-Dôme.
- Annexe 2 : Description des prescriptions des gestionnaires de voiries, d'ouvrages d'art, d'équipements et de passages à niveau.
- Annexe 3 : Liste des voiries routières du réseau "TE120" et prescriptions associées.
- Annexe 4 : Liste des voiries routières du réseau "TE94" et prescriptions associées.
- Annexe 5 : Liste des voiries routières du réseau "TE72" et prescriptions associées.
- Annexe 6 : Liste des ouvrages d'art et équipements routiers et prescriptions associées.
- Annexe 7 : Prescriptions générales SNCF Réseau : Franchissement des passages à niveau et des ouvrages d'art du réseau ferré national.

CARTES TE - CONVOIS TYPES ET DÉMARCHE

Exemple d'une carte d'itinéraire départemental avec conditions de passage



► Passage des ouvrages :

- * convoi seul sur l'ouvrage (deux convois de deuxième catégorie ne doivent pas se croiser ou se doubler sur l'ouvrage) ;
- * passant à l'axe de l'ouvrage ;
- * roulant avec une vitesse inférieure à 30 km/h.

Dimensionnement et évaluation des ouvrages d'art

DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES NEUFS

Application des règlements Eurocodes

Les convois type sont présents dans la plupart des logiciels de modélisation : ST1, OM3

Choix du MOA pour les conditions de circulation des convois

La prise en compte des convois exceptionnels a un impact limité sur le coût de construction

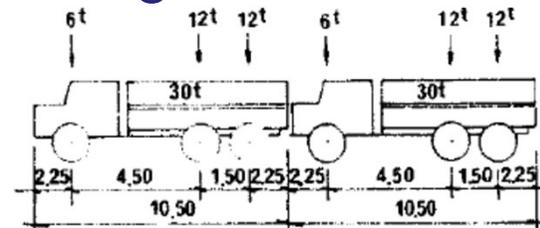
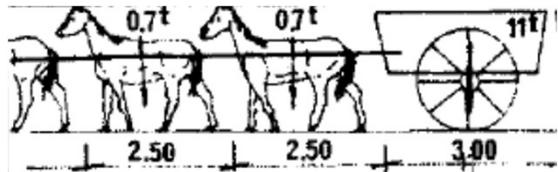
EVALUATION DES OUVRAGES EXISTANTS

- **Application de la réglementation** => maîtrise des risques vis-à-vis de la résistance structurale des OA :
 - # limite des charges par essieu,
 - # limite des charges maximales totales
 - # contrôle de la répartition des charges
- **Vérification des capacités de la structure** :
 - # aptitude au service (état limite de service)
 - # capacité portante (état limite ultime)
- **Vérification préalable** du bon état structurel de l'ouvrage

EVALUATION DES OUVRAGES EXISTANTS

Difficultés de la démarche :

La multitude des règlements de charge et de calcul



Le manque de données sur une partie des ouvrages

Les différentes conditions de passage possibles

Le temps disponible pour une étude d'itinéraire

EVALUATION DES OUVRAGES EXISTANTS

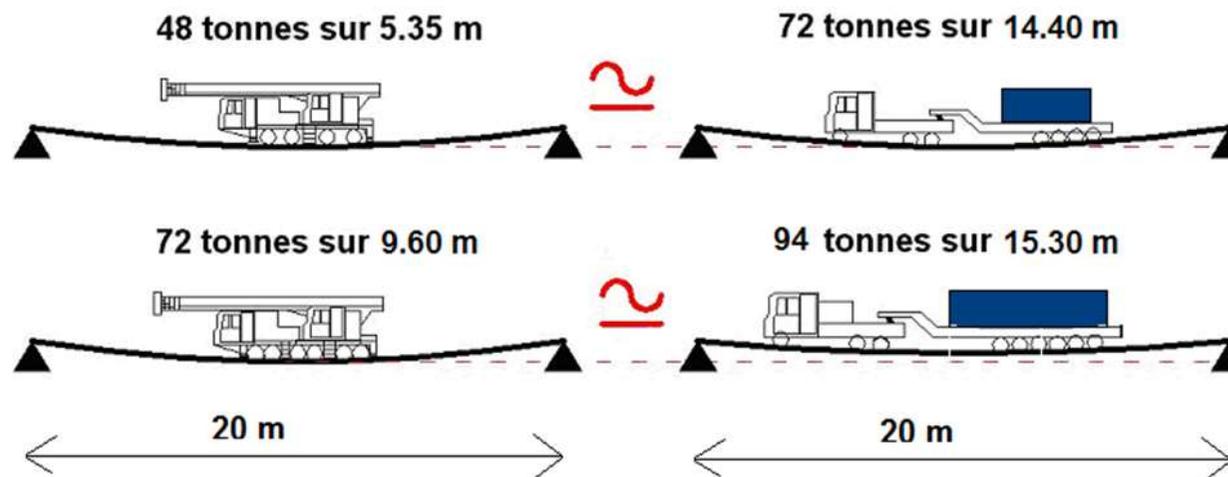
L'agressivité d'un véhicule dépend :

masse totale

Charge à l'essieu ou par groupe d'essieux

Répartition longitudinale des charges

=> La comparaison de deux véhicules sur la seule base de leur masse est trop simplifiée.



EVALUATION DES OUVRAGES EXISTANTS

Approche par comparaison avec un convoi type (niveau 1) :

existence d'un convoi type dont le passage sur l'ouvrage pour des conditions de circulation connues a été vérifié (au stade de l'exécution)

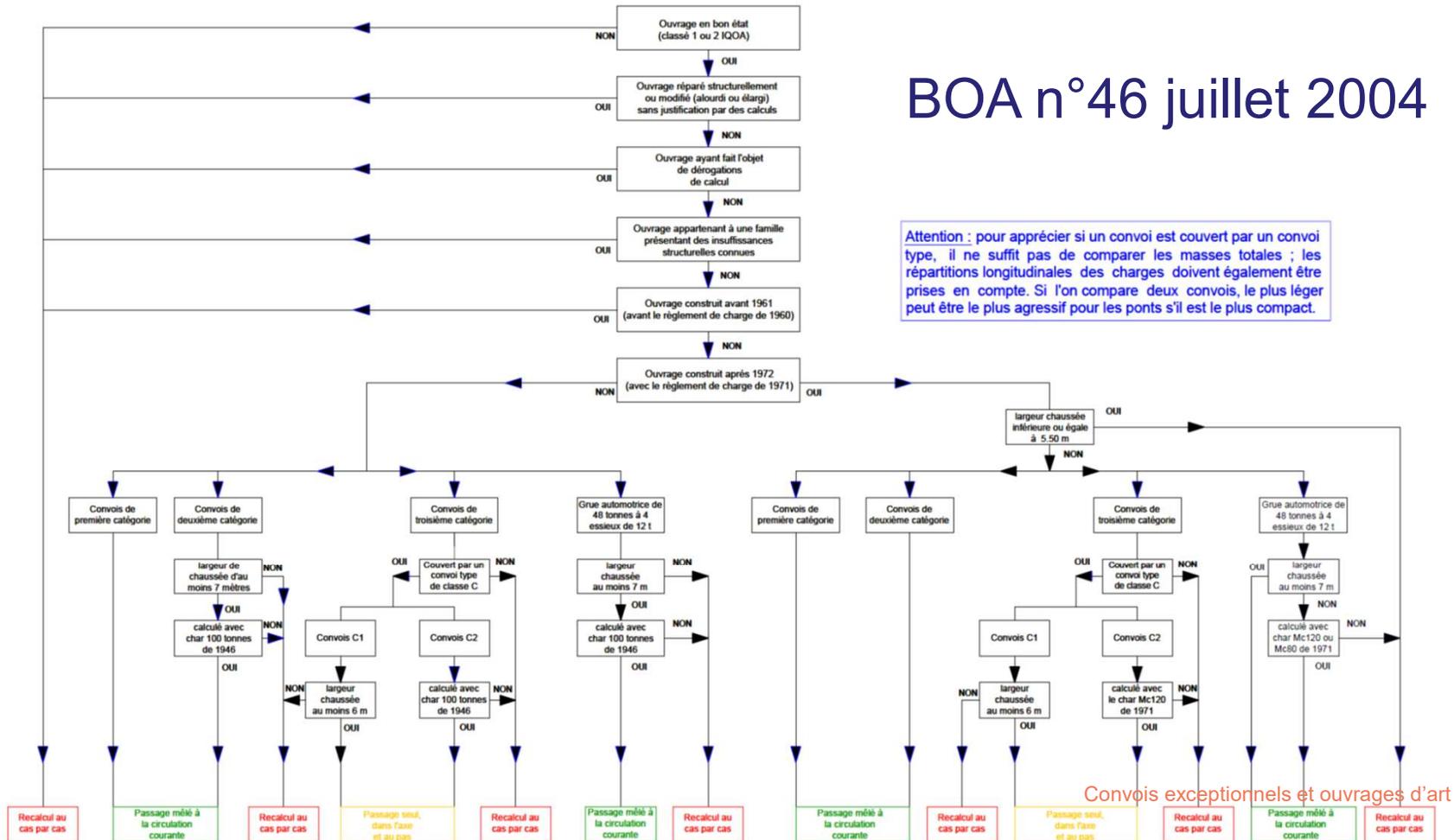
comparaison de la masse, de la répartition des charges et de la géométrie avec celles du convoi à faire passer

EVALUATION DES OUVRAGES EXISTANTS

Approche par logigramme (conservatrice) (niveau 1)

CONDITIONS DE PASSAGE DES CONVOIS EXCEPTIONNELS

BOA n°46 juillet 2004



Nota : cet organigramme est disponible sous forme de logiciel sur la partie du site Piles du SETRA consacrée aux convois exceptionnels.

EVALUATION DES OUVRAGES EXISTANTS

Approche par comparaison avec un convoi ayant déjà emprunté l'ouvrage (niveau 2)

Comparaison selon approche « convoi type »

Points de vigilance : vérification de l'état de l'ouvrage, maîtrise du trafic concomitant, des conditions de passage

EVALUATION DES OUVRAGES EXISTANTS

Approche par comparaison des sollicitations (niveau 3)

Approche plus fine de comparaison de l'effet du convoi à l'effet des charges routières de dimensionnement

Points de vigilance : pondérations, évolution des charges permanentes (rechargement de chaussée), du profil en travers, des conditions de passage

Nécessite une connaissance précise de la géométrie et modélisation de la structure

Rarement pertinente pour ouvrages avant 1960

EVALUATION DES OUVRAGES EXISTANTS

Approche par calcul complet (niveau 4)

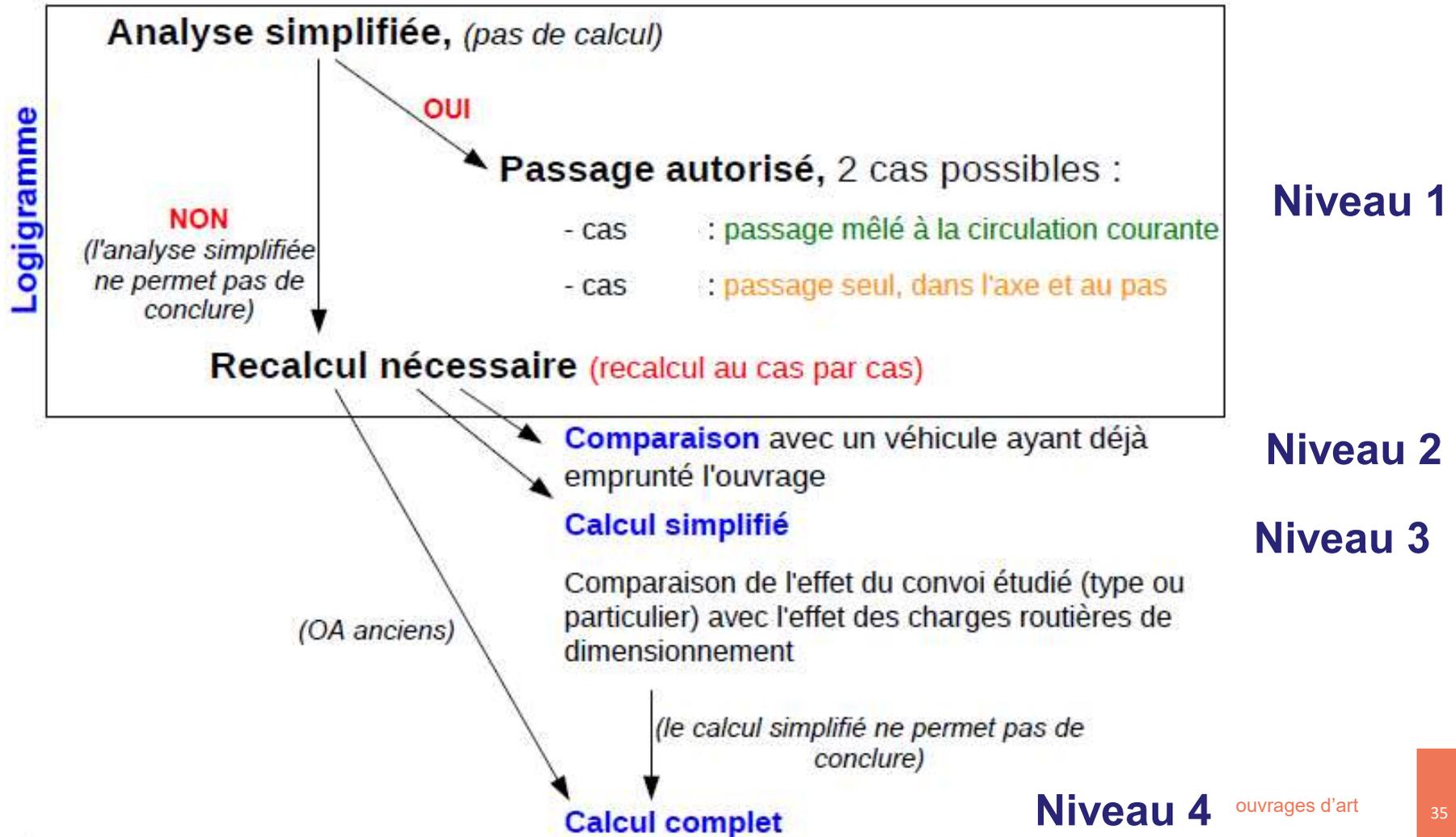
Approche plus lourde, nécessaire pour des ouvrages anciens ou des convois lourds

Peut aller jusqu'au calcul des niveaux de contraintes et à l'étude des fondations

Note d'information Sétra n°35 «Méthodes courantes d'évaluation des ouvrages existants »

EVALUATION DES OUVRAGES EXISTANTS

Synthèse



EVALUATION DES OUVRAGES EXISTANTS

Considérations générales

Pour les convois lourds, l'agressivité est liée à l'accumulation des charges : **importance des dimensions des éléments structurels de l'ouvrage**

L'effet des convois lourds est souvent proche du niveau de charge caractéristique de l'ouvrage : **importance de maîtriser la fissuration**

Fatigue : peut diminuer significativement la durée de vie pour des passages rapprochés de convois lourds (en dessous d'un passage par mois)

Exemples d'évaluation

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

- Liste des OA franchis sur l'itinéraire considéré
- Identification des caractéristiques principales des ouvrages franchis
- Analyse des dossiers des ouvrages significatifs :
 - année de construction
 - règlements de calculs
 - charges de dimensionnement
 - géométries transversale (**profil en travers**) et longitudinale
 - **état structural (IDP)**
- Etablissement d'une méthodologie d'étude

EXEMPLE 1 : CARACTÉRISATION DES C.E. ET DE LEUR CONDITIONS POSSIBLES DE PASSAGE SUR UN ITINÉRAIRE

- Convois exceptionnels étudiés : **72t, 94t et 120 t (semi-remorque et grue)**
- Conditions de passage :
 - Passage mêlé au trafic selon les dispositions prévues par l'eurocode NF EN 1991-2/NA
 - Passage seul à vitesse normale pour toute position transversale sur la chaussée
 - Passage seul à l'axe du tablier à vitesse normale
 - Passage seul à l'axe du tablier à vitesse lente
- Vitesse de passage :
 - Faible : de l'ordre de 5 km/h
 - Normale : de l'ordre de 70 km/h
- Un seul convoi exceptionnel sur l'ouvrage

EXEMPLE 1 : CARACTÉRISATION DES C.E. ET DE LEUR CONDITIONS POSSIBLES DE PASSAGE SUR UN ITINÉRAIRE

Critère d'évaluation : Niveau 3

Rapport des effets du convoi dans les conditions de passage étudiées sur les effets de charges de dimensionnement

Rapport	Conclusion sur le passage
$\leq 0,9$	Le convoi peut franchir l'ouvrage.
Entre 0,9 et 1	Le convoi peut franchir l'ouvrage, mais des conditions plus favorables de passage sont à rechercher ou un contrôle avant/après de l'état de l'ouvrage est nécessaire.
> 1	Le convoi ne peut pas franchir l'ouvrage.



Méthode adaptée car ouvrages récents (dimensionnés avec les charges civiles et le char MC120 du fascicule 61 titre II de 1971) et ne présentant pas des désordres structuraux.

EXEMPLE 1 : CARACTÉRISATION DES C.E. ET DE LEUR CONDITIONS POSSIBLES DE PASSAGE SUR UN ITINÉRAIRE

Synthèse des résultats pour les CE de type semi-remorque

Un ouvrage traité par ligne

72t				94t				120t			
Accompagné	Seul vitesse normal	Seul vitesse normal centré	Seul vitesse lente centré	Accompagné	Seul vitesse normal	Seul vitesse normal centré	Seul vitesse lente centré	Accompagné	Seul vitesse normal	Seul vitesse normal centré	Seul vitesse lente centré
0,90				1,03	0,75			1,18	0,92	0,52	
0,95	0,75			1,11	0,94			1,26	1,08	0,85	
0,86				0,95	0,78			1,06	0,96	0,46	
0,89				0,99	0,79			1,12	0,98	0,47	
0,81				0,94	0,92			1,06	0,87		
0,86				0,87				0,95	0,95	0,47	
1,00	0,93	0,64		1,03	0,78			1,15	0,97	0,46	
0,99	0,91			1,02	0,79			1,14	0,97	0,45	
0,99	0,62			1,12	0,78			1,28	0,97	0,46	
0,96	0,62			1,11	0,76			1,27	0,95	0,45	
0,97	0,64			1,11	0,79			1,28	0,98	0,47	

EXEMPLE 1 : CARACTÉRISATION DES C.E. ET DE LEUR CONDITIONS POSSIBLES DE PASSAGE SUR UN ITINÉRAIRE

Synthèse des résultats pour les CE de type grue automotrice

Un ouvrage traité par ligne

72t				94t				120t			
Accompagné	Seul vitesse normal	Seul vitesse normal centré	Seul vitesse lente centré	Accompagné	Seul vitesse normal	Seul vitesse normal centré	Seul vitesse lente centré	Accompagné	Seul vitesse normal	Seul vitesse normal centré	Seul vitesse lente centré
0,89				1,02	0,77			1,10	0,86		
1,20	1,01	0,88		1,38	1,20	1,00	0,84	1,49	1,33	1,09	0,91
0,73				0,83				0,90			
0,75				0,85				0,92	0,93	0,44	
1,05	0,83			1,17	0,92			1,25	1,02	0,92	
0,66				0,75				0,81			
1,00	0,80			0,91				0,98	0,91		
0,99	0,77			0,88				0,95	0,92	0,42	
1,03	0,65			1,16	0,80			1,25	0,91		
1,01	0,65			1,15	0,79			1,25	0,90		
1,02	0,67			1,15	0,82			1,25	0,92	0,44	

EXEMPLE 2 : CONTRÔLE D'UN C.E. LOURD SUR UN ITINÉRAIRE

- Circulation au pas et centrée pour minimiser les effets du convoi
- Approche initiale : Comparaison effets du convoi et effets des charges de dimensionnement : niveau 3
- Si effets convois $>$ effets charges de dimensionnement : étude de niveau 4 pour les vérifications concernées

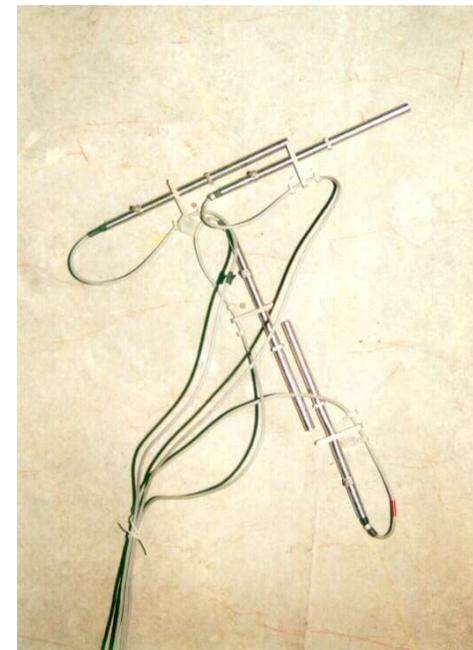
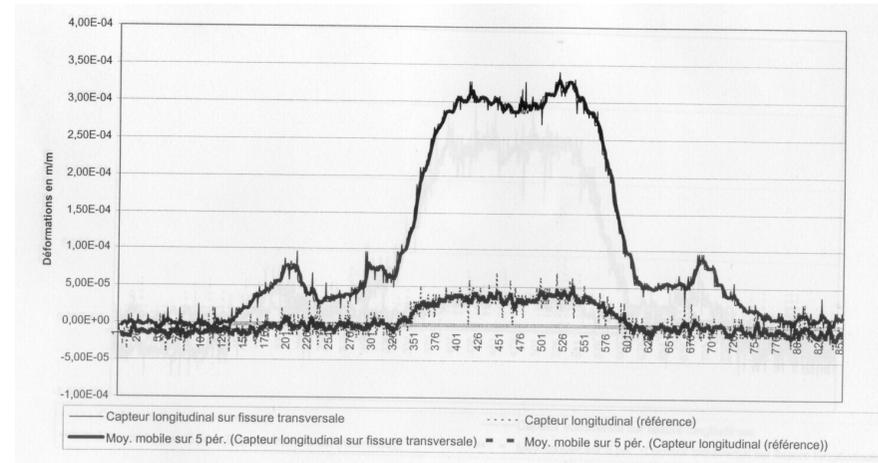
INVESTIGATIONS ET ESSAIS DE CHARGEMENT

Investigations ou/et essais de chargement peuvent être nécessaires pour préciser les données d'entrée ou confirmer les recalculs.

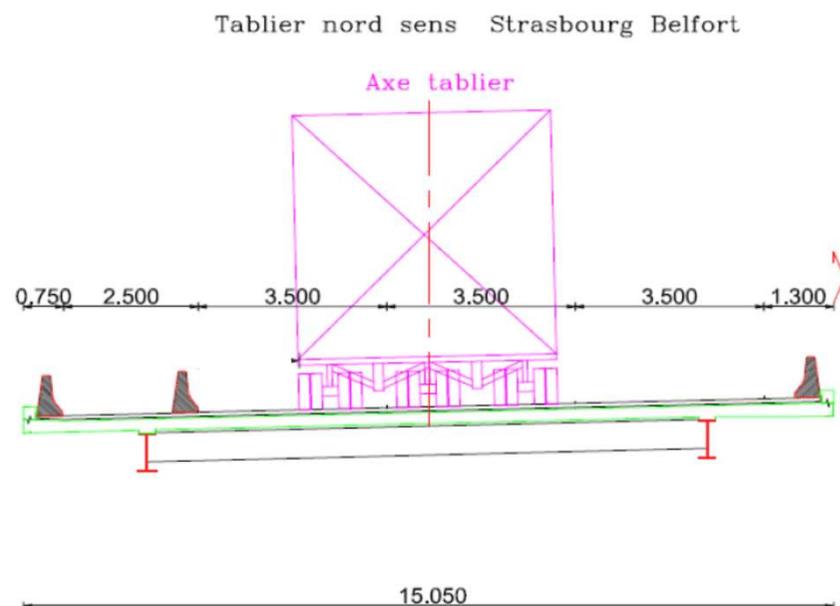


Surveillance sous passage de convois

EXEMPLES D'INSTRUMENTATION SOUS PASSAGE DE CONVOIS



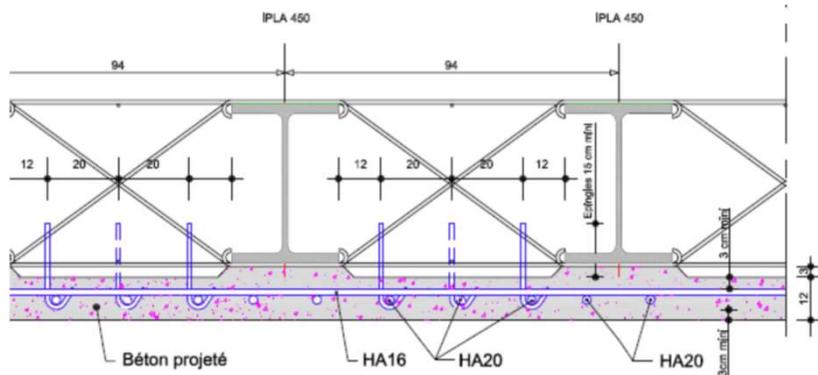
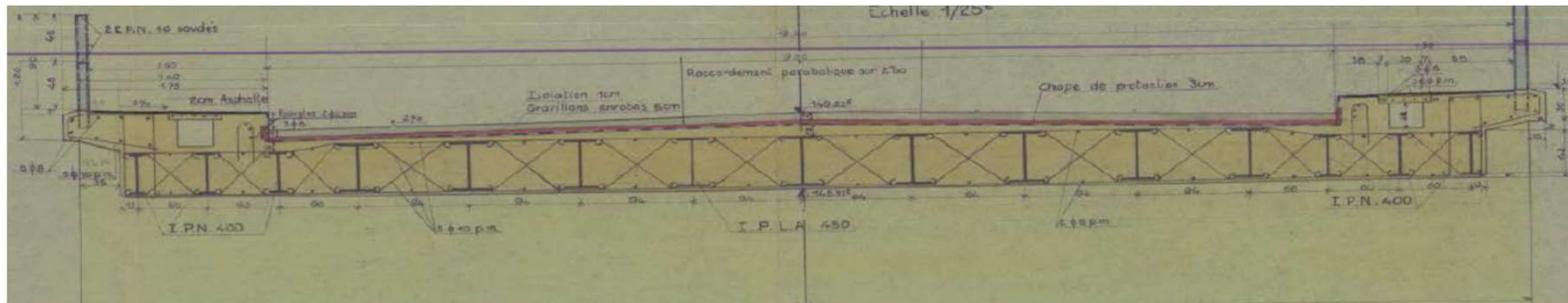
VÉRIFICATION DES CONDITIONS DE PASSAGE



Renforcement d'ouvrages

EXEMPLES DE RENFORCEMENT

Renforcement d'un pont à poutrelles enrobées par ajout d'un béton projeté en sous-face



EXEMPLES DE RENFORCEMENT

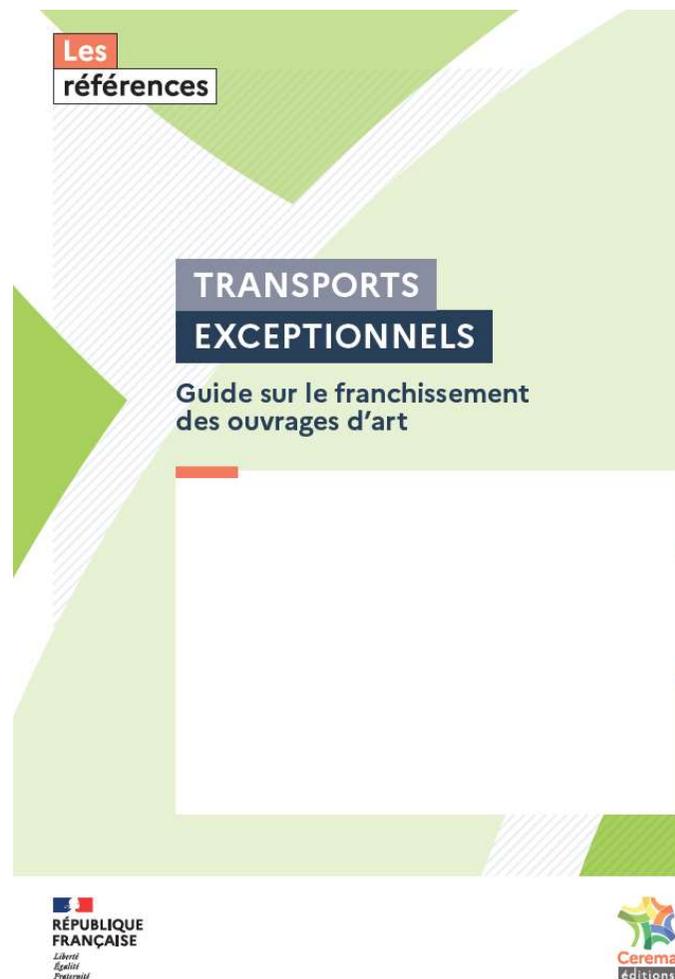
Renforcement d'un PRAD par entretoises additionnelles – P. PERRIN
Cerema Est

Renforcement d'un ouvrage bipoutre Acier/béton avec le principe de la double action mixte – D. CHAMPENOY Cerema Est

Présentations aux Rencontres Ouvrages d'Art 2019 disponibles :
https://joa.ifsttar.fr/fileadmin/contributeurs/JOA/ROA_2019_Pdf.zip

Conclusion

GUIDE CEREMA A PARAÎTRE



Merci de votre attention

Des questions ?