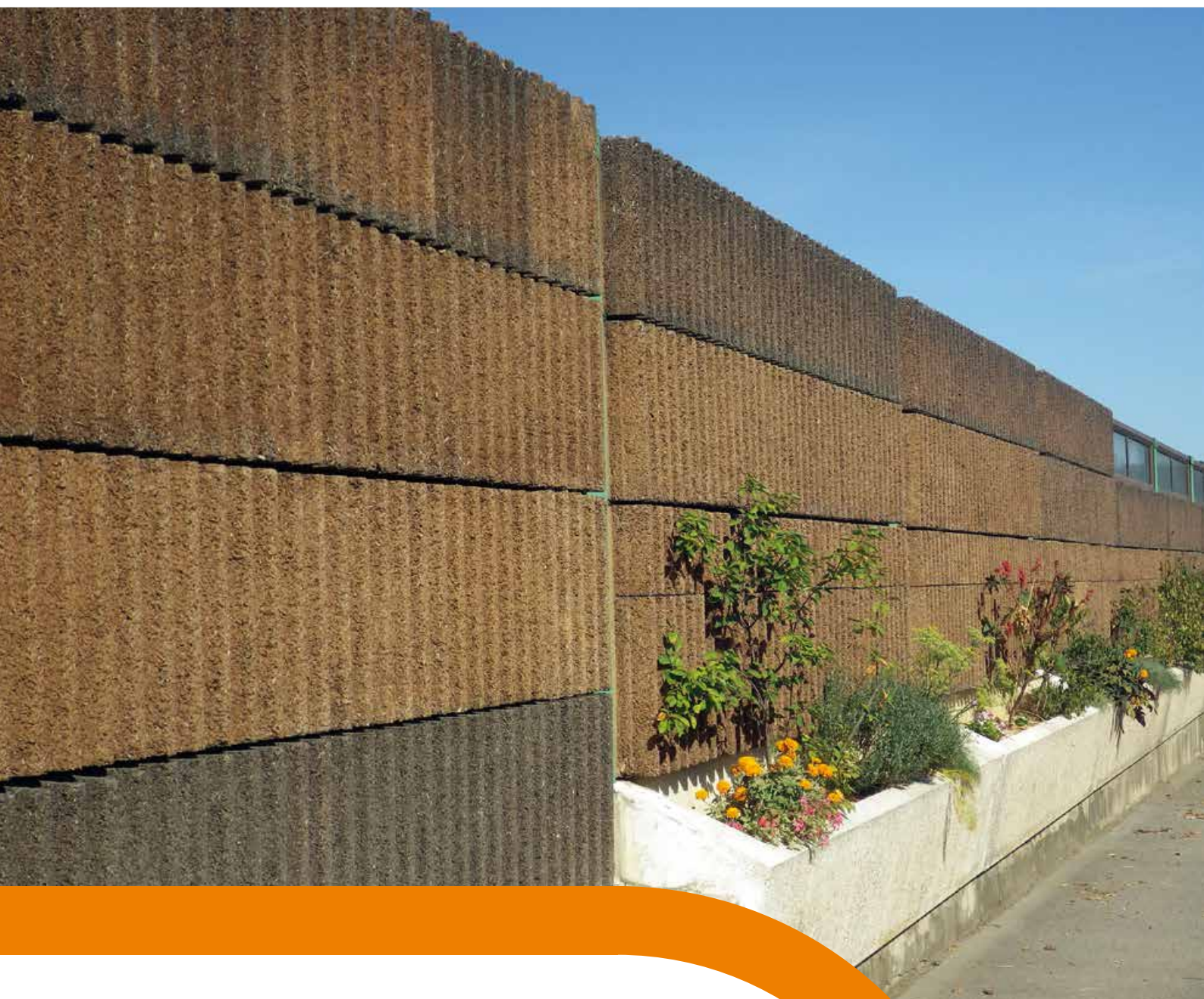


Conception et calcul du génie civil des écrans de protection phonique routiers



Guide méthodologique

Conception et calcul du génie civil des écrans de protection phonique routiers



Ont participé à la réalisation de ce guide

Groupe de rédaction :

- Bernard JACQUIER (Cerema Centre-Est)
- Damien CHAMPENOY (Cerema Est)
- Patrick DEMIZIEUX (Cerema Est)
- Fabien RENAUDIN (Cerema Est)
- Jérôme SALIBA (Cerema Méditerranée)
- Pierre CORFDIR (Dir Est puis Cerema Infrastructures de transport et matériaux) - Animateur
- Yannick DEBRABANT (DIR Est puis DREAL Nord-Picardie)
- Brice TAUDIN (DIR Ouest)
- Pierre PEYRAC (DRIEA IF)
- Sébastien BURLON (Ifsttar)

Réalisation des illustrations hors mention spécifique :

- Gérald PAGNEUX (Cerema Est)

Relecteurs :

- Jacques BERTHELLEMY (Cerema Infrastructures de transport et matériaux)
- Barbara CORREARD STEFFGENN (Cerema Infrastructures de transport et matériaux)
- Philippe JANDIN (Cerema Infrastructures de transport et matériaux)
- Patrice BARBET (DIR Ouest)
- Laurent LOUTTE (Cerema Est)
- Julien ROUSSEAU (DIR Ouest)
- Jacques STENGER (DIR Est)
- Frédéric VOEGEL (DREAL Alsace)
- Vincent GUIZARD (DRIEA IF)
- Benoit GAUVREAU (Ifsttar)
- CNEA (Commission de Normalisation des Ecrans Acoustiques)
- APREA (Association Professionnelle des Réalisateurs d'Ecrans Acoustiques)





Sommaire

Avant-propos	7
1 - Généralités sur les écrans acoustiques	9
1.1 - La réglementation sur le bruit des infrastructures de transport terrestre	9
1.1.1 - Les transports terrestres, une source de bruit	9
1.1.2 - La réglementation française	9
1.1.3 - La directive européenne	10
1.2 - Précisions concernant le bruit des infrastructures de transport terrestre	10
1.2.1 - Bruit d'une nouvelle infrastructure après sa mise en service	10
1.2.2 - Plans de Prévention du Bruit dans l'Environnement (PPBE)	11
1.2.3 - Bruit en phase chantier	11
1.3 - Les écrans acoustiques	12
1.3.1 - Introduction	12
1.3.2 - Efficacité des écrans acoustiques	13
1.3.3 - Les différents types d'écrans	14
1.3.4 - Les normes relatives aux écrans	25
1.3.5 - Le marquage CE	27
1.3.6 - La marque NF ECRANS ACOUSTIQUES	29
1.4 - La commande du maître d'ouvrage	29
1.4.1 - Fiabilité	29
1.4.2 - Classes d'exposition pour les bétons	31
1.4.3 - Classes de corrosivité pour les structures métalliques	31
1.4.4 - Robustesse des écrans acoustiques : prise en compte d'un panneau défectueux ou accidenté	31
1.4.5 - Exigences de sécurité en cas d'accident	31
1.4.6 - Exigences esthétiques	31
1.4.7 - Exigences d'entretien	31
1.4.8 - Utilisation durable des ressources	32
1.4.9 - Éléments de coûts	32
2 - Conception du génie civil des écrans acoustiques routiers	33
2.1 - Domaine d'application et généralités sur les études	33
2.1.1 - Domaine d'application	33
2.1.2 - Déroulement général des études de génie civil et recensement initial des contraintes de conception	35
2.2 - La conception générale et les différentes parties d'un écran acoustique	35
2.2.1 - Conception générale	35
2.2.2 - L'implantation en altitude	36
2.2.3 - L'implantation transversale	40
2.2.4 - Les fondations	42
2.2.5 - L'écran	44
2.2.6 - Les poteaux	44
2.2.7 - Les panneaux	44
2.2.8 - Les ancrages	45
2.2.9 - L'étanchéité acoustique	46
2.2.10 - Le couronnement en tête des écrans acoustiques	46



2.2.11 - La fonction soutènement	47
2.2.12 - Les équipements	47
2.2.13 - L'adaptation en plan	47
2.2.14 - L'adaptation à la pente	48
2.2.15 - Les extrémités / les raccordements des extrémités	48
2.2.16 - Cas des écrans acoustiques intégrés à un dispositif de retenue	48
2.2.17 - Le choix des matériaux et les dispositions constructives associées	49
2.3 - Les contraintes du projet	51
2.3.1 - L'atteinte des objectifs acoustiques	51
2.3.2 - Les contraintes d'insertion architecturale et paysagère	51
2.3.3 - Les contraintes environnementales	51
2.3.4 - Les contraintes d'urbanisme et de préservation du patrimoine	51
2.3.5 - Les contraintes d'implantation	52
2.3.6 - Les contraintes de réalisation	52
2.3.7 - Les contraintes liées aux réseaux et aux ouvrages existants	52
2.3.8 - Les contraintes géotechniques	52
2.3.9 - Les contraintes d'entretien ultérieur	52
2.4 - Le phasage des travaux	53
3 - Justification des écrans acoustiques routiers	54
3.1 - Généralités et principales règles spécifiques	54
3.2 - Hypothèses générales	55
3.3 - Actions et combinaisons d'actions sur les écrans acoustiques	56
3.3.1 - Les actions permanentes	56
3.3.2 - Les actions variables	58
3.3.3 - Les actions et situations accidentelles	69
3.3.4 - Les charges de fatigue	69
3.3.5 - L'aléa sismique	70
3.3.6 - Combinaisons d'actions	70
3.4 - Justification des parties en élévation	72
3.4.1 - Justification des éléments structuraux	72
3.4.2 - Justification des éléments acoustiques	82
3.5 - Justification des fondations	83
3.5.1 - Les différents types de fondation	83
3.5.2 - Les reconnaissances des sols	83
3.5.3 - Justification des fondations superficielles	85
3.5.4 - Justification des fondations profondes	89
Annexes	94
A.1 - Abaques de détermination des effets du vent	94
A.1.1 - Mode d'emploi	94
A.1.2 - Abaque en région de vent 1 : pressions sur les zones de l'écran	100
A.1.3 - Abaque en région de vent 2 : Pressions sur les zones de l'écran	103
A.1.4 - Abaque en région de vent 3 : Pressions sur les zones de l'écran	106
A.1.5 - Abaque en région de vent 4 : Pressions sur les zones de l'écran	109
A.1.6 - Abaque pour la Guyane : Pressions sur les zones de l'écran	112
A.1.7 - Abaque pour la Martinique : Pressions sur les zones de l'écran	115
A.1.8 - Abaque pour la Réunion : Pressions sur les zones de l'écran	118
A.1.9 - Abaque pour la Guadeloupe : Pressions sur les zones de l'écran	121



A.2 - Abaques de prédimensionnement des poteaux	124
A.2.1 - Mode d'emploi	124
A.2.2 - Abaques en région de vent 1 : predimensionnement des poteaux	128
A.2.3 - Abaques en région de vent 2 : predimensionnement des poteaux	132
A.2.4 - Abaques en région de vent 3 : predimensionnement des poteaux	136
A.2.5 - Abaques en région de vent 4 : predimensionnement des poteaux	140
A.2.6 - Abaques pour la Guyane : predimensionnement des poteaux	144
A.2.7 - Abaques pour la Martinique : predimensionnement des poteaux	148
A.2.8 - Abaques pour la Réunion : predimensionnement des poteaux	152
A.2.9 - Abaques pour la Guadeloupe : predimensionnement des poteaux	156
A.3 - Exemple de justifications d'un écran acoustique	160
A.3.1 - Fiche A - Description de l'écran	161
A.3.2 - Fiche B - Matériaux	162
A.3.3 - Fiche C - Détermination des actions	163
A.3.4 - Fiche D - Justifications des poteaux	167
A.3.5 - Fiche E - Justification de la liaison poteau/fondation	170
A.3.6 - Fiche F - Justification en stabilité externe de la fondation	182
A.3.7 - Fiche G - Justification en stabilité interne de la fondation	189
A.4 - Géométrie de platines types	192
A.5 - Fiches de cas de réalisation d'écrans acoustiques	193
A.6 - Bibliographie	199



Avant-propos

Le bruit figure parmi les préoccupations importantes des français car il est perçu comme une grave atteinte à la qualité de vie. Le bruit est également une préoccupation des organisations s'occupant de la santé (cf. rapport de l'OMS⁽¹⁾ cité en référence bibliographique [37]). Au-delà de la notion en partie subjective de « qualité de la vie », l'exposition au bruit peut avoir de multiples impacts sur la santé des populations selon les niveaux et les durées d'exposition (baisse de l'audition, perturbation du sommeil, augmentation du risque de maladies cardio-vasculaires, dépression etc.).

Les exigences sociétales actuelles de protection des citoyens contre les nuisances dues au bruit conduisent les propriétaires de voiries routières ou ferrées à investir de manière très importante sur leurs réseaux.

Si un écran acoustique peut apparaître comme un objet de génie civil relativement simple, la réalité est plus complexe, notamment parce que la plupart des travaux s'inscrivent sur des infrastructures existantes, où les problèmes d'emprise et d'exploitation contraignent fortement la conception. Par ailleurs, le retour d'expérience montre que les pratiques actuelles conduisent à des niveaux de sécurité ou de durabilité assez disparates.

Il est apparu nécessaire de proposer un document qui s'adresse tant aux maîtres d'ouvrage qu'aux maîtres d'œuvre et aux bureaux d'études pour expliciter clairement les choix du maître d'ouvrage et pour décrire de bonnes pratiques professionnelles quant à la conception et à la justification de ces ouvrages.

Le guide se limite aux écrans acoustiques implantés en rive de voiries routières. Le franchissement de brèche en rive de ponts est volontairement exclu, une étude au cas par cas étant alors nécessaire. Les contraintes particulières liées à la conception d'écrans au sein d'emprises ferroviaires ne sont pas évoquées dans le présent guide, mais le lecteur pourra y trouver utilement des éléments de réflexion. Le guide n'aborde ni la définition des zones à protéger, ni le niveau de protection souhaité, qui relèvent d'une étude acoustique.

Le guide traite de la conception de l'ossature support des écrans, point qui n'est que trop brièvement évoqué dans les documents existants, et qui est pourtant source de complexité, notamment pour son exécution dans un contexte urbain, mais aussi pour les justifications, du fait des nombreux paramètres qui interviennent dans l'évaluation des effets du vent. Ce document permet de maîtriser la conception générale du génie civil des écrans dans des situations de projet variées et de dimensionner les éléments structuraux principaux en accord avec les Eurocodes. Le guide est structuré en trois chapitres qui reprennent l'ordonnancement logique des tâches depuis la commande du maître d'ouvrage jusqu'aux études d'exécution des travaux. Ces chapitres sont les suivants :

Chapitre 1 : Généralités sur les écrans acoustiques

Chapitre 2 : Conception du génie civil des écrans acoustiques routiers

Chapitre 3 : Justification du génie civil des écrans acoustiques routiers

(1) Organisation Mondiale de la Santé.





1 Généralités sur les écrans acoustiques

1.1 - La réglementation sur le bruit des infrastructures de transport terrestre

1.1.1 - Les transports terrestres, une source de bruit

Le trafic sur les infrastructures de transport terrestre représente une part importante des nuisances sonores. Depuis de nombreuses années, les autorités françaises, puis européennes, ont pris en compte ces nuisances en adoptant un certain nombre de réglementations : loi sur le bruit en France en 1992 [8], directive européenne en 2002 [9]. En parallèle, se sont développées des normes de mesures, des méthodes de prévision du bruit routier (cf. NMPB⁽²⁾ 2008 citée en référence [29]) ainsi que des outils permettant d'évaluer ces nuisances avec des matériels de mesures (sonomètres) et des logiciels de prévision. Ces différents outils permettent d'évaluer les nuisances et l'impact acoustique des aménagements routiers, de dimensionner les moyens de protection et d'en assurer la réception acoustique. Les écrans représentent une solution pérenne et efficace pour atténuer les nuisances sonores générées par le trafic sur les infrastructures de transport terrestre et sont aujourd'hui largement utilisés.

1.1.2 - La réglementation française

1.1.2.1 - Introduction

La loi n° 92-1444 du 31 décembre 1992, dite loi « bruit », offre un cadre législatif complet à la problématique du bruit. Les dispositions prévues par cette loi :

- instaurent des mesures préventives pour limiter les émissions sonores ;
- réglementent certaines activités bruyantes ;
- fixent les normes applicables aux infrastructures de transports terrestres ;
- instaurent des mesures de protection des habitants touchés par le bruit des transports aériens financées par une taxe sur les aéroports ;
- simplifient la constatation des infractions et créent de nouvelles catégories d'agents de l'Etat et des communes habilités à les constater ;
- renforcent les mesures judiciaires et administratives pour l'application de la réglementation.

Cette loi a été intégrée dans le Code de l'Environnement [10] (partie législative : livre V, titre VII, chapitre 1^{er}).

1.1.2.2 - Bruit des infrastructures de transport terrestre

Concernant les infrastructures de transports terrestres, la réglementation demande à celui qui intervient en dernier de gérer les nuisances sonores éventuelles :

- lorsque le bâti existe et qu'une nouvelle infrastructure est créée (ou qu'une infrastructure existante subit une modification significative⁽³⁾), c'est cette dernière qui doit prendre en compte les nuisances sonores qu'elle risque de générer. Ce cas de figure est traité dans le Code de l'Environnement : articles R 571-44 à 51 complétés par les arrêtés du 5 mai 1995 [11] pour les infrastructures routières et du 8 novembre 1999 [12] pour les infrastructures ferroviaires. Ces différents textes définissent les valeurs limites de bruit que ne doit pas dépasser la contribution sonore propre à l'infrastructure. Deux périodes ont été définies pour cette analyse : période JOUR : 6h-22h et période NUIT : 22h-6h. Les valeurs limites dépendent du type de bâtiment exposé (logement, école, hôpital, etc.), de la période (jour ou nuit) et de l'ambiance sonore initiale de la zone ;

(2) Méthode de calcul de propagation du bruit incluant les effets météorologiques.

(3) Le caractère significatif est défini dans l'article R571-45 du Code de l'Environnement.



- lorsque l'infrastructure existe et qu'un bâtiment souhaite s'implanter à proximité, c'est au promoteur du bâtiment d'intégrer les nuisances sonores. Ce cas de figure est traité dans le Code de l'Environnement : articles R 571-32 à 43 complétés par l'arrêté du 30 mai 1996 [13]. La prise en compte du bruit se déroule en deux étapes : recensement départemental des voies bruyantes et exigences d'isolation acoustique du bâtiment vis-à-vis des bruits extérieurs ;
- pour les situations où les nuisances sonores existaient avant la mise en place d'une réglementation (notamment avant 1978), des procédures de traitement de points noirs bruit ont été mises en place par les autorités. Elles sont maintenant intégrées dans les plans de prévention du bruit dans l'environnement (PPBE - voir paragraphe 1.3.2) prévus par la directive européenne.

1.1.2.3 - Bruit en phase chantier

Préalablement au démarrage d'un chantier de construction, de modification ou de transformation significative d'une infrastructure de transport terrestre, le maître d'ouvrage fournit au préfet de chacun des départements concernés et aux maires des communes sur le territoire desquelles sont prévus les travaux et les installations de chantier, les éléments d'informations utiles sur la nature du chantier, sa durée prévisible, les nuisances sonores attendues ainsi que les mesures prises pour limiter ces nuisances. Ces éléments doivent parvenir aux autorités concernées un mois au moins avant le démarrage du chantier.

Au vu de ces éléments le préfet peut, lorsqu'il estime que les nuisances sonores attendues sont de nature à causer un trouble excessif aux personnes, prescrire par un arrêté motivé, pris après avis des maires des communes concernées et du maître d'ouvrage, des mesures particulières de fonctionnement du chantier, notamment en ce qui concerne ses accès et ses horaires. En l'absence de réponse dans le délai de quinze jours suivant la demande du préfet, cet avis est réputé favorable. Lorsque les travaux concernent plusieurs départements, l'arrêté est pris conjointement par les préfets de ces départements. Le maître d'ouvrage informe le public de ces éléments par tout moyen approprié.

1.1.3 - La directive européenne

La Directive n° 2002/49/CE du 25 juin 2002 vise à instaurer une approche commune de l'exposition au bruit ambiant, pour l'éviter, le prévenir ou en réduire la gêne. Les bruits concernés sont ceux des infrastructures de transport terrestre, des aéroports et des industries, auxquels sont exposés les êtres humains dans les espaces bâtis, les parcs publics, les lieux calmes, et près des bâtiments et zones sensibles (hôpitaux, écoles). En revanche, les bruits dans les lieux de travail, les bruits de voisinage, d'activités domestiques ou d'activités militaires ne sont pas visés. Les États membres doivent établir des « cartes du bruit stratégiques » et des plans de prévention du bruit dans l'environnement (PPBE).

Cette directive européenne a été transposée dans le droit français par les articles L.572-1 à L.572-11 du Code de l'Environnement, le Décret du 24 mars 2006 et l'Arrêté du 4 avril 2006 [14], relatifs à l'établissement des cartes et des Plans de Prévention du Bruit dans l'Environnement. Dans ce cadre, une carte de bruit et un plan de prévention dans l'environnement sont établis pour chacune des infrastructures routières (plus de 3 millions de véhicules par an) et ferroviaires (plus de 30 000 passages de trains par an) ainsi que pour les agglomérations de plus de 100 000 habitants. Pour les communes, toutes les sources suivantes sont prises en compte : route, fer, aérien et Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE).

1.2 - Précisions concernant le bruit des infrastructures de transport terrestre

Selon la réglementation en vigueur, différents cas peuvent conduire à dimensionner des écrans acoustiques afin de réduire les nuisances sonores :

- pour les nouvelles infrastructures ou pour les transformations significatives de voies ;
- dans le cadre de l'établissement des plans de prévention du bruit dans l'environnement.

1.2.1 - Bruit d'une nouvelle infrastructure après sa mise en service

Dans le cas d'un projet d'infrastructure routière, le maître d'ouvrage doit, dans son programme, produire une estimation fiable, 20 ans après la mise en service, des informations suivantes :

- le TMJA (Trafic Moyen Journalier Annuel) ;
- le pourcentage de poids lourds ;
- la vitesse moyenne ;
- l'allure du trafic (fluide, accéléré, décéléré, etc.).



Lorsque le projet d'infrastructure se situe à proximité de zones urbanisées, il convient de procéder à une étude d'impact acoustique spécifique, pour vérifier que les niveaux de bruit résultant de l'infrastructure resteront admissibles (*i.e.* inférieurs aux seuils réglementaires). Cette étude de bruit, basée sur les données ci-dessus, doit être conduite préalablement à l'enquête d'utilité publique.

Cette étude peut conduire à prévoir et à dimensionner des protections acoustiques afin de vérifier leur faisabilité et leur adaptation au projet. Ces performances doivent alors être spécifiées dans le programme. Le dimensionnement final de la protection est affiné en phase projet. Le choix d'une protection par écran est conforté par la réglementation qui demande un traitement à la source (par opposition à un traitement acoustique du bâtiment qui n'est possible que si les conditions d'insertion de la protection dans l'environnement ne sont pas satisfaisantes ou si les coûts ne sont pas raisonnables). Le choix d'une protection par écran est également conforté par le caractère pérenne de cette solution.

1.2.2 - Plans de Prévention du Bruit dans l'Environnement (PPBE)

Dans le cadre de la directive européenne n° 2002/49/CE, des PPBE sont établis pour les grandes infrastructures de transport terrestre ainsi que pour les grandes agglomérations. La mise en place d'un écran acoustique constitue un moyen d'action sur les nuisances sonores qui peut être proposé dans le cadre de ces plans.

1.2.3 - Bruit en phase chantier

1.2.3.1 - Cas général

Le cas de la construction des grandes infrastructures de transport terrestre fait l'objet de mesures visant à prévenir que le chantier de construction n'engendre pas de nuisances excessives (article 8 du décret n° 95-22 du 9 janvier 1995 [15]).

En pratique, la loi ne reconnaît aucun seuil acoustique auquel le chantier doit se conformer. Elle propose toutefois de sanctionner les activités pour leurs caractères anormalement bruyants. En cas d'infraction sur les émissions sonores des engins de chantier, les autorités administratives compétentes peuvent immobiliser les objets ou dispositifs non homologués ou ne présentant pas la certification prévue dans l'article L 571-2 du Code de l'Environnement. Une suspension de l'activité peut être ordonnée tant que l'exécution des mesures prescrites n'a pas été effectuée.

Pour juger du caractère bruyant d'une activité, il semble pertinent de se rapprocher des textes législatifs relatifs aux bruits de voisinage, qui fournissent des seuils sonores à partir desquels peuvent être déclenchées des procédures pénales. Le critère fondamental servant de support à la mesure de la gêne sonore est l'émergence, définie par la différence entre le niveau de bruit ambiant, comportant le bruit particulier en cause, et celui du bruit résiduel constitué par l'ensemble des bruits habituels, extérieurs et intérieurs, dans un lieu donné, correspondant à l'occupation normale des locaux et au fonctionnement normal des équipements, à l'exclusion du bruit particulier. Les valeurs admises de l'émergence sont calculées à partir des valeurs de 5 dB(A) en période diurne (de 7h à 22h) et de 3 dB(A) en période nocturne (de 22h à 7h), valeurs auxquelles s'ajoute un terme correctif fonction de la durée cumulée d'apparition du bruit particulier. Ces mesures permettent d'avoir un ordre de grandeur des seuils à partir desquels une activité peut engendrer une gêne chez le riverain.

Avant le démarrage du chantier, le maître d'ouvrage doit se conformer aux dispositions prescrites dans les articles R 571 – 50 et R 571 – 51 du Code de l'Environnement. Il doit notamment fournir au préfet et aux maires des communes concernées tous les éléments d'informations utiles :

- la nature du chantier ;
- la durée du chantier ;
- les nuisances sonores attendues ;
- les mesures éventuelles prises pour atténuer ces nuisances.

1.2.3.2 - Chantier à proximité de zones sensibles

L'analyse des enjeux et impacts environnementaux concernés par les travaux, au travers des études amont et en particulier de la Déclaration d'Utilité Publique et du dossier des engagements de l'Etat, doit permettre au maître d'ouvrage d'identifier une zone jugée sensible.



Si le chantier se trouve à proximité d'une zone sensible, le maître d'ouvrage peut au besoin mettre en place des dispositions relatives au respect de l'environnement qui se composent de :

- Notice de Respect de l'Environnement (NRE), qui est un document établi par le maître d'ouvrage, précisant d'une part la nature des démarches administratives devant être assurées par le maître d'ouvrage, le maître d'œuvre ou le titulaire du marché, d'autre part les contraintes environnementales et les sites où ces mesures doivent s'appliquer, et enfin ses exigences en matière de management et de suivi de l'environnement ;
- Schéma d'Organisation du Plan de Respect de l'Environnement (SOPRE), qui est un document établi par le soumissionnaire du marché de travaux, décrivant, en fonction des caractéristiques de terrain et de l'environnement local, les dispositions d'organisation et de contrôle que propose l'entreprise pour répondre aux prescriptions environnementales fixées par le maître d'ouvrage ;
- Plan de Respect de l'Environnement (PRE) qui est un document établi par le titulaire en période de préparation du chantier et devant être visé et suivi par le maître d'œuvre, énonçant les moyens et procédures mis en œuvre par le titulaire pour respecter les prescriptions environnementales fixées par le maître d'ouvrage et réaliser ses engagements en matière de performance environnementale ;
- Schéma d'Organisation et de Gestion des Déchets (SOGED) qui est un document établi par le titulaire en période de préparation du chantier et devant être visé et suivi par le maître d'œuvre, énonçant les moyens et procédures mis en œuvre par le titulaire en matière de suivi, de gestion, de valorisation et d'élimination des déchets.

Pour les dispositions relatives au bruit, la NRE étudie notamment le degré d'impact des sources sonores sur le milieu environnant et juge la sensibilité du site. A titre d'exemple, la proximité avec les hôpitaux, les établissements d'enseignement ou de maisons de repos constitue un critère évalué par la NRE dans le cadre du classement du site.

La phase d'exécution donne lieu à quelques procédures de la part du titulaire du marché, visant à appliquer correctement les exigences du PRE comme :

- la tenue d'un « journal environnement » du chantier ;
- la présence d'un chargé d'environnement ;
- d'éventuelles actions générales et particulières de communication.

Le chargé d'environnement peut juger du caractère anormalement bruyant du chantier et exiger de nouvelles dispositions au titulaire visant à réduire les émissions sonores. La maîtrise d'œuvre effectue un contrôle continu en :

- s'assurant du respect par le titulaire des dispositions prévues dans le cadre de la Déclaration d'Utilité Publique (DUP) et du dossier des engagements de l'Etat afin de réduire les nuisances apportées sur l'environnement en phase chantier ;
- assurant un suivi environnemental lors des travaux.

1.3 - Les écrans acoustiques

1.3.1 - Introduction

Considérons une source de bruit (le trafic), un récepteur (l'habitat), et un écran placé entre les deux.

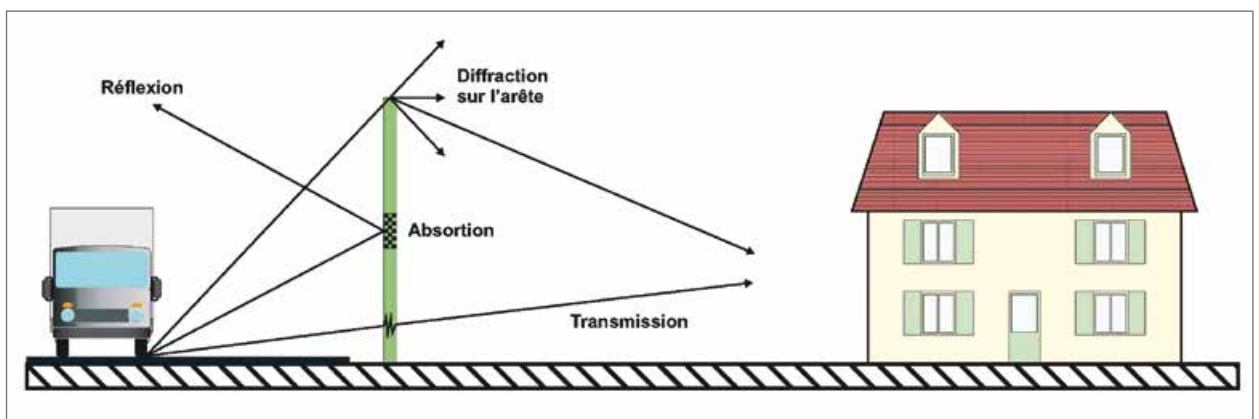


Figure 1 : Principe de protection d'une source sonore par un écran



Lorsque l'onde se propage de la source en direction du récepteur, elle peut soit contourner l'écran, soit le rencontrer. Dans ce dernier cas, plusieurs comportements de l'onde sont à distinguer. Les différents phénomènes qui apparaissent sont les suivants :

- la réflexion ;
- l'absorption ;
- la transmission ;
- la diffraction sur les arêtes de l'écran.

Par définition, la partie de l'onde qui n'est pas absorbée est réfléchi.

La transmission est un phénomène intrinsèque à l'écran de surcroît facilement maîtrisable par un choix de matériaux appropriés et par une mise en œuvre adaptée. Cette caractéristique intrinsèque est prise en compte dans la rédaction du cahier des charges du marché de travaux (voir tableau 1).

Lors de la diffraction, l'onde sonore est atténuée et continue à se propager en direction du récepteur. Les arêtes de l'écran deviennent à leur tour des sources rayonnantes à une puissance moindre. Le phénomène de diffraction est un facteur conditionnant grandement l'efficacité d'un écran.

La réflexion peut détériorer une situation existante en renvoyant une partie de l'énergie sonore sur un bâtiment augmentant par conséquent le niveau sonore. Dans le cas d'écrans implantés de part et d'autre de la voie, l'énergie sonore peut parfois être renvoyée d'un écran sur l'autre. La solution est alors de traiter la face située côté source de bruit par un matériau absorbant qui vient dissiper une partie de l'énergie de l'onde incidente, atténuant de ce fait l'énergie de l'onde réfléchi. Dans certaines configurations particulières (par exemple, lorsque l'écran est très proche des bâtiments à protéger), il peut être nécessaire de traiter à l'aide d'un dispositif absorbant la face située côté riverains.

De ce paragraphe découlent les deux grands types d'écrans rencontrés sur le marché :

- les **écrans réfléchissants** qui sont couramment utilisés pour protéger une zone située d'un seul côté de la route ;
- les **écrans ou parements absorbants** dont l'utilisation se justifie lorsqu'un risque de réflexions multiples existe entre parois proches ; ces systèmes augmenteront la dissipation de l'énergie sonore, ce qui aura pour effet de diminuer l'énergie réfléchi. A noter que l'absorption est une caractéristique intrinsèque du matériau utilisé pour l'écran et est prise en compte par une rédaction appropriée du cahier des charges du marché de travaux (voir tableau 1).

1.3.2 - Efficacité des écrans acoustiques

Les performances acoustiques des écrans ne sont pas liées au type de produit choisi pour réaliser cet ouvrage de protection, sous réserve que les performances intrinsèques requises pour le site (transmission et absorption - voir tableau 1) soient atteintes.

C'est l'énergie diffractée par les arêtes de l'écran (sommet et bords latéraux) ainsi que l'énergie provenant de la partie de la source non masquée par l'écran qui conditionnent l'efficacité finale de l'écran.

Cette efficacité acoustique au niveau du riverain est donc fonction des caractéristiques géométriques de l'écran (hauteur, longueur, forme, etc.) ainsi que de son implantation (distance à la voie, longueur de voie masquée par l'écran, etc.).

L'efficacité de ce type de protection peut être évaluée :

- par simulations acoustiques ;
- par mesures *in situ*, chez les riverains après réalisation.

A titre d'exemple, le graphique suivant (figure 2) présente l'atténuation acoustique en dB(A) derrière un écran de 4 mètres de hauteur implanté en bordure d'une route.

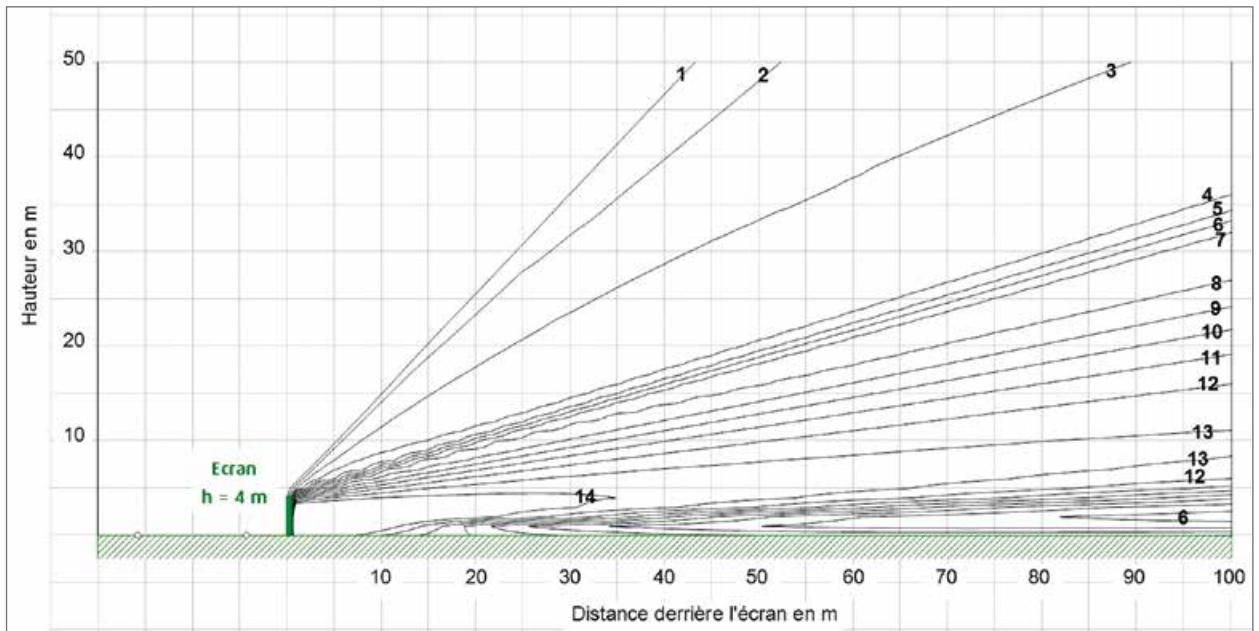


Figure 2 : Valeurs d'atténuations acoustiques en dB(A)
 (Simulations logiciel CADNA - méthode NMPB 2008 - sol absorbant $g=1$ - conditions météorologiques homogènes)

1.3.3 - Les différents types d'écrans

Pour concevoir un écran acoustique, il est nécessaire de maîtriser ses performances intrinsèques afin de garantir que le type d'écran choisi, le matériau, ou la pose n'auront pas d'incidence sur l'efficacité globale au niveau des riverains que l'on cherche à protéger. Deux performances intrinsèques sont dépendantes de l'écran lui-même ou de sa pose :

- la performance en absorption acoustique : cette performance indique la capacité de l'écran à réfléchir d'une manière atténuée les ondes sonores qui arrivent à sa surface ;
- la performance en isolation acoustique : cette performance indique la capacité de l'écran à empêcher les ondes sonores de traverser l'écran pour que ne subsistent chez les riverains que les ondes diffractées sur les arêtes de l'écran.

Ces performances doivent être justifiées lors de l'appel d'offres par les entreprises. Les méthodes d'essais permettant d'évaluer ces performances sont décrites dans une série de normes d'essais européennes présentées dans le tableau 1 :

Normes d'essais	Indicateurs mesurés	Commentaires
Performances en absorption acoustique		
NF EN 1793-1 Janvier 2013 état 2015 : en révision	DL_{α} en dB(A) α_{si} par 1/3 octave	Valeurs minimales normalement indiquées dans l'étude acoustique Cas courant : $DL_{\alpha} \geq 8$ $DL_{\alpha} \geq 12$ ou plus pour configurations particulières de site (sortie tunnel, trémie étroite, etc) ou de trafic (fort pourcentage PL).
PR NF EN 1793-5 état 2015 : à l'enquête	DL_{ri} en dB(A) RI par 1/3 octave	

Remarque : pour cette caractéristique, la distinction entre champ acoustique diffus et champ acoustique direct sera effectuée de la même manière que pour les performances en isolation : la norme 1793 partie 1 est en révision pour limiter son usage au champ diffus et une nouvelle norme 1793 partie 5 est en préparation pour le champ direct.



Performances en isolation acoustique		
NF EN 1793-2 Janvier 2013 état 2015 : en révision	DL _R en dB(A) R _i par 1/3 octave	Méthode à utiliser pour les écrans destinés à un usage en champ acoustique diffus (par exemple double couverture partielle) Cas courant : DL _R ≥ 25 DL _R ≥ 35 pour écrans de grande hauteur, ou couvertures partielles, etc.
NF EN 1793-6 Janvier 2013 état 2015 : en révision	DL _{SI} en dB(A) SI _i par 1/3 octave	Méthode à utiliser pour les écrans destinés à un usage en champ acoustique direct (par exemple un seul écran) Cas courant : DL _{SI} > 28 DL _{SI} > 36 pour écrans de grande hauteur, ou couvertures partielles, etc.

Tableau 1 : Normes d'essais pour détermination des performances d'absorption et d'isolation acoustiques

Remarque : dans la suite du document, les performances des écrans sont indiquées selon les normes 1793-1 et 2 car pour la partie 6, très récente, il y a peu d'évaluations disponibles.

L'étude acoustique peut également orienter sur la nécessité d'équiper l'écran d'un couronnement pour modifier les phénomènes de diffraction en tête de l'écran.

1.3.3.1 - Les écrans réfléchissants

En général, cette catégorie d'écran est utilisée dans des sites ne comportant pas d'habitation en vis-à-vis de la face réfléchissante de l'écran.

Dans ce cas, la caractéristique d'absorption n'a pas besoin d'être précisée et seules les performances d'isolation acoustique sont prises en compte.

Différents types de matériaux peuvent être utilisés pour réaliser des écrans réfléchissants.

Écrans en béton

Les écrans réfléchissants en béton (exemple photo 1) sont en général constitués d'un voile béton armé qui constitue la structure porteuse du panneau et de poteaux en béton ou en métal ancrés dans les fondations. Les épaisseurs des voiles varient entre 10 et 12 cm environ pour des raisons de stabilité. La masse surfacique de ce type de produit atteint 200 à 250 kg/m² (pour une masse volumique de 2500 kg/m³).

Ils peuvent aussi être constitués d'éléments autostables, de murs en L ou en coques diverses.

Concernant les propriétés mécaniques du béton, le concepteur pourra se référer aux Eurocodes 2 et à leurs annexes nationales.

En ce qui concerne les performances acoustiques, elles dépendent aussi en grande partie de la qualité des assemblages (poteaux, superposition de panneaux, etc.). En général, des valeurs DL_R supérieures à 35 dB(A) sont atteintes. Parmi les avantages de ce type de produit, on note une bonne durabilité à condition que la formulation du béton soit conforme à la classe d'exposition à laquelle il est soumis. Le concepteur devra pour cela respecter les prescriptions de la norme NF EN 206/CN [16] et des Eurocodes ([1] à [7]). L'écran peut également être autoportant, ce qui économise la phase de mise en place des supports. Il existe aujourd'hui une très grande variété de motifs et de couleurs.

L'inconvénient principal de ce produit est son poids, qui peut poser quelques difficultés lors de l'implantation sur un tablier de pont par exemple (cas non traité dans le présent guide mais qu'il convient de garder à l'esprit).



Photo 1 : Ecran en béton le long de la LGV Rhin-Rhône



Écrans en bois

Ce type d'écran (voir figure 3, photos 2 et 3) est composé d'une ou deux paroi(s) constituée(s) d'un assemblage à clins (par recouvrement des pièces en bois) et fixée(s) sur un cadre assurant la rigidité des panneaux. Ces panneaux sont en général disposés entre des supports verticaux en profilés métalliques. Le bois utilisé peut être soit du bois qui possède une durabilité naturelle suffisante soit du bois auquel on confère une durabilité suffisante par traitement. Dans tous les cas, des précautions doivent être prises dans la conception de l'écran pour éviter la stagnation de l'eau. Ce type d'écran possède une épaisseur de 10 à 15 cm.

La masse volumique du bois fluctue selon l'essence et l'humidité. On peut néanmoins retenir une valeur avoisinant 500 kg/m^3 , avec une valeur doublée en cas d'humidité importante dans le matériau. Le module d'Young fluctue suivant les essences de 10 GPa à 20 GPa.

Les performances acoustiques dépendent de la qualité des assemblages (poteaux, superposition de panneaux, etc.) ainsi que de l'épaisseur du bois utilisé pour les clins (qui ne devrait pas être inférieure à 22 mm pour des bois exotiques et de l'ordre de 30 à 35 mm pour des résineux locaux). En général, des valeurs DL_R supérieures à 30 dB(A) sont atteintes. L'atout principal de ce type d'écran est son intégration paysagère ainsi que son caractère écologique. Le principal inconvénient réside dans la pérennité de l'écran qui peut être aléatoire en cas de mauvaise conception, nécessitant notamment un entretien difficile à assurer, ou en cas de choix d'essences inadaptées.

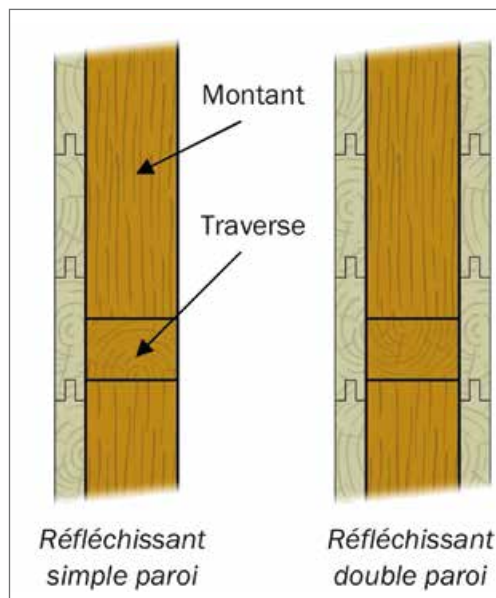


Figure 3 : Constitution des écrans bois réfléchissants à simple et double parois
(Source : Extrait du guide Arebois)





Photo 2 et Photo 3 : Écran en bois le long de la RN61 au droit de la commune de Hambach (57)

Écrans métalliques

Ces écrans sont généralement constitués d'éléments métalliques disposés horizontalement ou verticalement entre des profils supports. L'avantage principal de ce type d'écran est sa légèreté qui permet de s'adapter à une multitude de situations, avec une mise en œuvre rapide. Compte tenu des faibles épaisseurs mises en œuvre, il est important d'assurer une protection contre la corrosion des éléments en acier (système de peintures anticorrosion, galvanisation, etc.).

Du point de vue des caractéristiques mécaniques, le métal présente une masse volumique de l'ordre de 7800 kg/m^3 . Son module d'Young avoisine quant à lui 210 GPa .

Sur le plan acoustique, ces écrans présentent en général des valeurs d'isolation acoustique DL_r atteignant au moins 30 dB(A) . La figure 4 représente le schéma d'un écran métallique avec éléments disposés entre des profils supports.



Figure 4 : Constitution d'un écran métallique (Source : Mice)

Le cas d'écran en rideau de palplanches est également à signaler, cette disposition se prêtant bien à la fonction de soutènement des terres si elle est recherchée. L'inconvénient principal d'un écran de type rideau de palplanches est son exécution dans les zones urbanisées. En effet, les impacts liés au battage ou vibrofonçage des éléments métalliques peuvent être difficilement acceptables aux abords des habitations, notamment en raison des nuisances sonores et des vibrations que les travaux engendrent. La technique du vérinage par pression hydraulique se répand de plus en plus et peut constituer une alternative pertinente dans ces zones.



Ci-après (photo 4), une vue d'un écran de type rideau de palplanches.



Photo 4 : Ecran en palplanches le long de l'A35 à Strasbourg (67)

Écrans plastiques opaques

Les écrans plastiques opaques sont composés d'éléments en PVC (Polychlorure de Vinyle) disposés entre des profils supports. L'avantage de ce type d'écran est sa bonne durabilité, sa grande légèreté et son intégration paysagère aisée en raison de la grande variété des couleurs.

Du point de vue de ses caractéristiques mécaniques, le PVC présente une masse volumique de l'ordre de 1400 kg/m^3 mais la masse surfacique des écrans n'est que 30 kg/m^2 environ. Son module d'Young fluctue quant à lui de 0,35 à 2,5 GPa. Sur le plan acoustique, ces écrans présentent en général des valeurs d'isolation acoustique DL_r atteignant au moins 30 dB(A).

La photo 5 présente une vue d'un écran plastique :



*Photo 5 : Ecran en plastique - RD 6382 Le Havre (76)
(Source : Enviroprodocumentation Deceuninck)*



Écrans transparents réfléchissants

Les écrans transparents sont constitués de plaques de PMMA (polyméthylméthacrylate), de polycarbonate ou de verre, disposées entre profils supports. Ces écrans ne peuvent pas être absorbants (sauf produits atypiques) et présentent en général des valeurs d'isolation acoustique DL_R atteignant au moins 30 dB(A). L'épaisseur de l'écran varie entre 15 et 20 mm, sa masse surfacique est de l'ordre de 18 kg/m² pour une épaisseur de 15 mm et de 24 kg/m² pour une épaisseur de 20 mm. Du point de vue de ses caractéristiques mécaniques, le PMMA présente une masse volumique de l'ordre de 1200 kg/m³. Son module d'Young avoisine quant à lui 3,3 GPa.

La transparence de ces écrans constitue leur avantage majeur puisqu'ils n'obstruent pas le champ de vision de l'automobiliste et des riverains. Ils peuvent limiter la réduction de l'ensoleillement dans certaines configurations d'implantation et ils sont également souvent utilisés sur ouvrages d'art pour leur qualité d'insertion paysagère. L'intérêt de ces écrans réside également dans leur très grande légèreté favorisant leur mise en œuvre pour l'aménagement des ponts existants.

Les inconvénients principaux concernent d'une part l'entretien à assurer pour conserver la transparence (éliminations des dépôts et salissures qui obstruent la luminosité), d'autre part un coût nettement supérieur à celui des autres écrans réfléchissants. On notera également qu'une fois posé, ce type d'écran ne peut être rendu absorbant par des aménagements ultérieurs, ce qui peut par exemple poser problème dans le cadre de la requalification ultérieure du réseau routier. On peut en outre mentionner les problèmes de collisions avec la faune (qui peuvent être résolus par des produits adaptés) ainsi que dans certaines configurations, des problèmes d'éblouissement des conducteurs (soleil ou éclairage des véhicules). Certains désordres ont pu être observés pour quelques écrans : problème d'opacification pour des écrans polycarbonates, problèmes de casse ou de fissures pour des écrans avec plis, implosion de plaques en verre non traité, etc. Une attention particulière doit donc être portée au choix du matériau en fonction des contraintes techniques.

La photo 6 présente un écran constitué de plaques de PMMA.



Photo 6 : Ecran transparent le long de la RN 59 à Saint-Clément (54)

1.4.3.2 - Les écrans absorbants

Ce paragraphe présente les principaux types d'écrans absorbants rencontrés lors des projets. Pour chaque solution, quelques propriétés ainsi qu'un schéma de principe sont fournis. Les caractéristiques acoustiques sont présentées à titre indicatif et peuvent faire l'objet d'améliorations en choisissant une technologie ou/et un matériau spécifique(s). Par exemple, le choix de géométries particulières sur les écrans ou de porosité ajoutée (double porosité par exemple) influe largement sur l'efficacité des écrans.



Écrans absorbants à structure métallique

Les écrans acoustiques à structure métallique sont composés d'éléments acoustiques disposés horizontalement ou verticalement entre des profils supports.

Ces écrans sont à la fois isolants et absorbants et présentent les caractéristiques acoustiques suivantes :

- absorption acoustique : DI_a peut dépasser 12 dB(A). Cette performance est fonction du matériau absorbant utilisé (densité, épaisseur, vide d'air à l'arrière) ainsi que du taux de transparence de la grille avant et elle peut donc varier selon l'usage prévu pour l'écran ;
- isolation acoustique : en général, ces écrans présentent des valeurs d'isolation acoustique DL_r atteignant au moins 30 dB(A). Pour cette caractéristique, des précautions doivent être prises avec les produits en aluminium qui peuvent s'avérer trop légers.

Outre la structure métallique en acier ou en aluminium d'une épaisseur minimale de 1,5 mm, les éléments sont constitués d'une couche absorbante (en général en laine minérale par exemple en laine de roche d'une épaisseur de 50 mm pour une densité de 70 kg/m³) et d'une grille de protection perforée ou en métal déployé (acier ou aluminium d'une épaisseur minimale de 1,5 mm). L'épaisseur du panneau varie entre 8 et 12 cm, sa masse surfacique entre 20 et 35 kg/m² (hors éléments structuraux).

Un schéma est présenté figure 5.

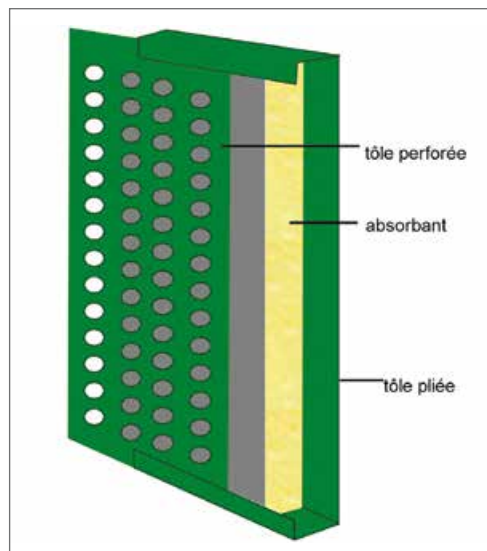


Figure 5 : Constitution d'un écran absorbant à structure métallique

Les défauts courants de ces écrans, s'ils sont trop exposés à la pluie et aux projections d'eau contenant des sels de déverglaçage sont liés à l'absorption et la rétention d'eau dans le matériau absorbant. Ceci dégrade le matériau et diminue ses qualités d'absorption. La rétention d'eau entraîne également la prolifération de mousses et de moisissures et peut provoquer la corrosion de la caisse métallique et de la grille.

Écrans absorbants en bois

Ces écrans sont composés de panneaux modulaires en bois. Ils sont à la fois isolants et absorbants et présentent les caractéristiques acoustiques suivantes :

- absorption acoustique : en général, des valeurs DI_a comprises entre 8 et 12 dB(A) sont atteintes pour ces produits ;
- isolation acoustique : en général, des valeurs DL_r supérieures à 30 dB(A) sont atteintes.

La paroi isolante (face arrière pour les écrans absorbants simple face ou partie centrale pour les écrans absorbants double face) est réalisée en bois (clins usinés). La structure portante en général en bois (ou aluminium extrudé) constitue des caissons à l'intérieur desquels se loge le matériau absorbant (laine minérale par exemple). La face avant est quant à elle ajourée et réalisée en lattage (carrelets, demi rondins ou rondins). Des précautions doivent être prises pour éviter un arrachage trop facile des lattes.

L'épaisseur du panneau varie entre 10 et 15 cm, sa masse surfacique de 50 kg/m² (hors éléments structurels) pour le bois local, et jusqu'à 100 kg/m² pour les bois exotiques.



Un schéma est présenté figure 6.

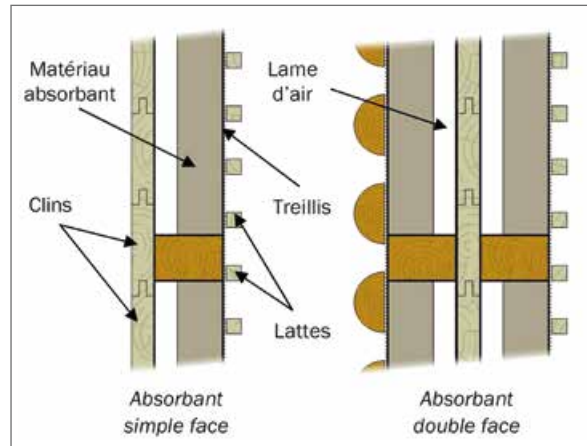


Figure 6 : Constitution d'un écran absorbant à structure bois
(Source : Extrait du guide Arebois)

Ces écrans présentent les mêmes atouts que les écrans réfléchissants en bois. Les défauts et inconvénients sont également les mêmes avec en plus des risques de rétention d'humidité dans le matériau absorbant.

Écrans absorbants en béton

Ces écrans sont composés d'une plaque en béton associée à un élément absorbant en béton de bois, de caoutchouc, de chanvre, de pouzzolane, etc. La plaque en béton assure la rigidité des panneaux, elle est généralement disposée entre des supports verticaux en profils métalliques.

La liaison se fait par contact entre le matériau absorbant et le béton frais lors d'une reprise de bétonnage. Dans le cas de panneaux double face des connecteurs métalliques peuvent être ajoutés pour augmenter l'adhérence. Les motifs de ces éléments sont variables suivant les projets, les contraintes architecturales et le niveau de performance en absorption acoustique. L'épaisseur du voile en béton varie de 10 à 12 cm environ, celle du béton absorbant de 5 à 20 cm, et sa masse surfacique avoisine les 300 kg/m² (hors éléments structurels). Les éléments dépassent de 15 à 20 cm des poteaux.

A noter que dès que cela est possible, une solution avec lamelles verticales sera privilégiée (à la place des lamelles obliques), dans le but de faciliter d'une part le calepinage, d'autre part d'éviter toute rétention d'eau due à l'obliquité des éléments.

Ces écrans sont à la fois isolants et absorbants et présentent les caractéristiques acoustiques suivantes :

- absorption acoustique : selon la composition, l'épaisseur et la forme du béton poreux constituant la face avant, la performance DI_a peut varier de 4 dB(A) dans le cas où la partie béton poreux est de faible épaisseur et sans relief à plus de 15 dB(A) pour des configurations très spécifiques (type fractale par exemple) ou/et avec des matériaux plus élaborés. Dans le cas général, DI_a atteint 8 dB(A) pour les modèles courants ;
- isolation acoustique : pour cette caractéristique, on trouve les mêmes valeurs que les écrans bétons réfléchissants. Des valeurs DL_r supérieures à 35 dB(A) sont courantes si l'étanchéité est soignée.

Différentes techniques existent pour le montage :

- solution classique de panneaux glissés entre poteaux à l'intérieur des profilés métalliques de type HEA. Cette solution est économique, stable en phase chantier mais présente quelques inconvénients : difficultés pour avoir une partie absorbante devant le poteau (matériaux absorbant en « encorbellement » devant le poteau : fragile), risque d'arrachage du joint lors de la pose (difficile à détecter pour la solution avec absorbant devant le poteau), joint difficile à traiter avec la longrine à cause du franchissement des platines des poteaux, surdimensionnement des profilés HEA dans certains cas ;
- solution de montage à l'avant des poteaux. Cette solution permet d'avoir une continuité dans les panneaux acoustiques, ne nécessite pas de soulever les panneaux au-dessus des poteaux mais elle présente quelques inconvénients : encombrement supérieur, fixation à l'arrière plus délicate et moins sûre.



Ci-dessous, la figure 7 et la photo 7 présentent un panneau en béton absorbant avec rainurage vertical :

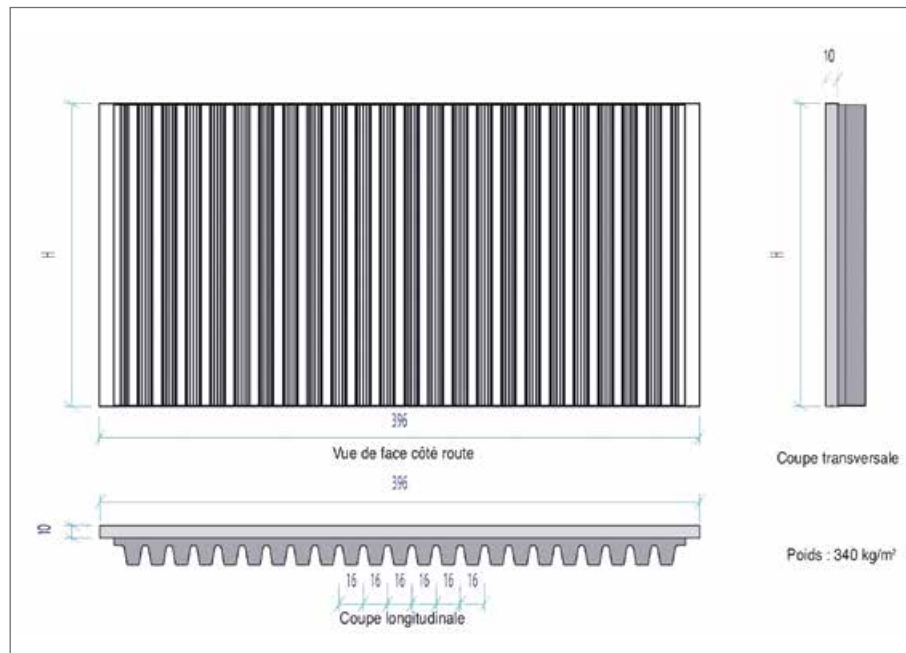


Figure 7 : Constitution d'un écran absorbant en béton (Source : PBM)



Photo 7 : Ecran absorbant en béton installé le long RD 20 à Kingersheim (68)



La figure 8 et la photo 8 ci-après présentent des dispositions pouvant être adoptées pour la fixation des panneaux aux profils supports.

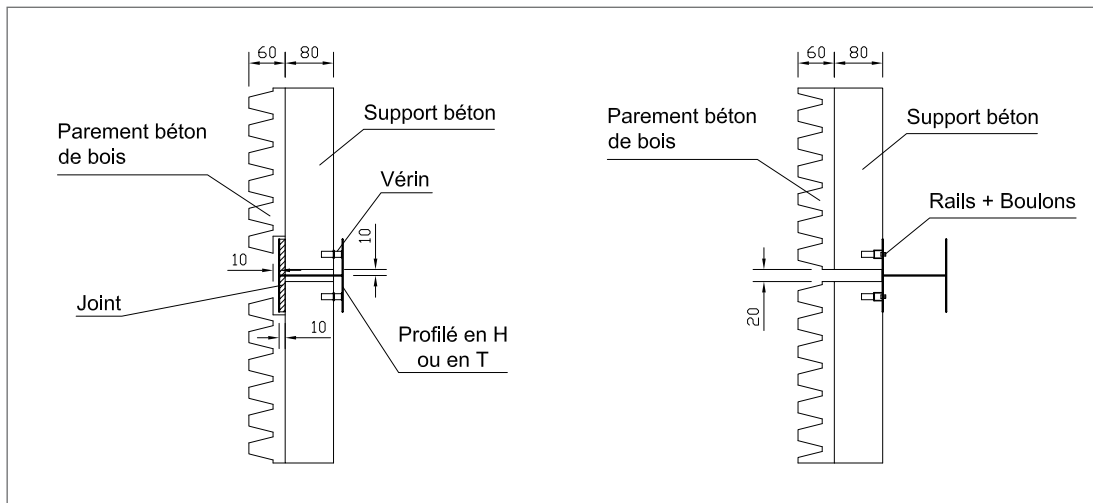


Figure 8 : Schéma de principe des fixations des panneaux béton, à gauche par l'arrière, à droite par l'avant



Photo 8 : Ecran avec fixation par l'avant le long de la RD420 au niveau de la commune de Schirmeck (67)

Par ailleurs, il existe sur le marché des panneaux de type dallettes, constituées uniquement de matériaux absorbants que l'on peut fixer sur un mur réfléchissant pour le rendre absorbant (écran absorbant double face, murs de trémie, etc.). La fixation de ces dallettes se fait par boulonnage (la solution collage n'est pas suffisante).

Ces écrans présentent généralement une bonne durabilité. Les inconvénients sont le poids et la relative fragilité du béton de bois avec risque d'épaufrures lors de la manutention et de la mise en place des panneaux.

Écrans plastiques absorbants

Les écrans absorbants en plastique sont composés d'éléments disposés entre des profils supports. Ces éléments doivent permettre le passage des ondes acoustiques sur leur face orientée vers la zone d'émission du bruit. La face avant (côté source de bruit) peut ainsi être perforée. La face arrière (côté zone à protéger) est pleine et constitue le support du matériau de remplissage absorbant présent entre les deux plaques en PVC. Le schéma ci-après (figure 9) illustre cette configuration.

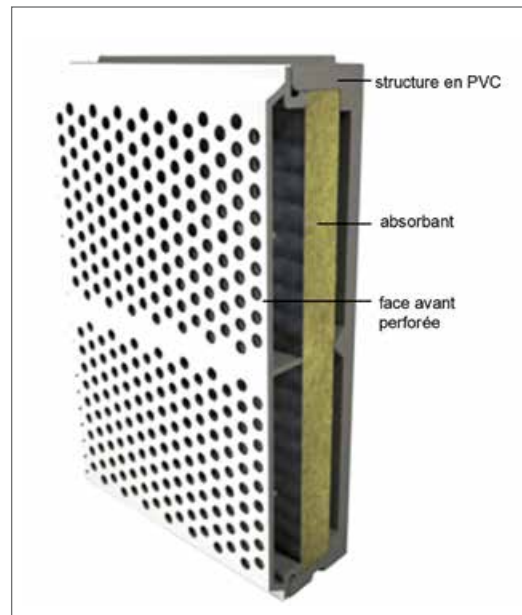


Figure 9 : Constitution d'un écran absorbant en plastique
(Source : Deceuninck)

Ces écrans sont à la fois isolants et absorbants et présentent les caractéristiques acoustiques suivantes :

- absorption acoustique : en général, des valeurs D_{10} comprises entre 8 et 12 dB(A) sont atteintes pour ces produits ;
- isolation acoustique : en général, des valeurs DL_r supérieures à 30 dB(A) sont atteintes.

L'enveloppe a une très bonne résistance à l'eau et aux sels de déverglaçage. Par contre, elle peut être sensible aux rayons ultraviolets et risque de se fragiliser. Comme les autres types d'écrans contenant des matériaux de remplissage absorbants, il existe un risque de perte des qualités acoustiques de ces matériaux avec l'humidité et de développements de mousses et moisissures.

Écrans absorbants en briques

Les écrans absorbants en briques sont constitués de briques présentant des perforations circulaires sur la face exposée au bruit. L'alvéole verticale débouchant de ces perforations est ensuite remplie par une laine absorbante.

Ci-dessous est représentée la technologie de la BMA (Briques Monolithes Acoustiques).

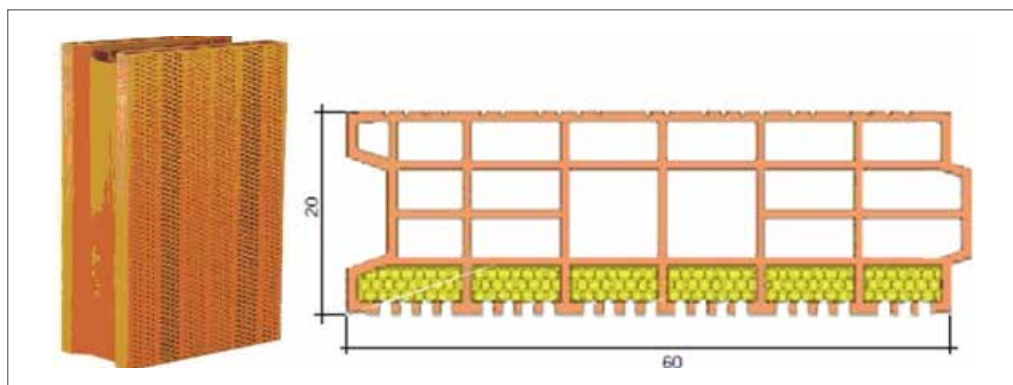


Figure 10 : Constitution d'une brique monolithique acoustique (Source : Terreal terre cuite)

Les avantages de ce type d'écran concernent principalement la rapidité de mise en œuvre.

L'inconvénient principal, qui peut se révéler très problématique aux abords des axes routiers, est la fragilité de ce type d'écran.



Ces écrans sont à la fois isolants et absorbants et présentent les caractéristiques acoustiques suivantes :

- absorption acoustique : la quantité de matériau absorbant et la taille des perforations limitent les performances et, en général, des valeurs DL_{α} comprises entre 4 et 8 dB(A) sont atteintes pour ces produits ;
- isolation acoustique : en général, des valeurs DL_R supérieures à 30 dB(A) sont atteintes.

1.3.4 - Les normes relatives aux écrans

Dans ce paragraphe sont listées les normes applicables aux produits mis sur le marché par les fabricants d'écrans acoustiques. Actuellement, toutes ces normes sont préparées par un comité européen TC 226 « Equipements de la route » et concernent donc uniquement les écrans routiers. Toutefois, un travail identique est en cours dans un comité ferroviaire (TC 256) pour les écrans ferroviaires.

1.3.4.1 - Spécifications acoustiques

Pour les spécifications acoustiques, les normes suivantes ont été publiées :

- NF EN 1793 - Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier - Méthode d'essai pour la détermination de la performance acoustique [18] :
 - Partie 1 : Caractéristiques intrinsèques relatives à l'absorption acoustique,
 - Partie 2 : Caractéristiques intrinsèques de l'isolation aux bruits aériens dans des conditions de champs acoustiques diffus,
 - Partie 3 : Spectre sonore normalisé de la circulation,
 - Partie 6 : Caractéristiques intrinsèques - Valeurs *in situ* d'isolation aux bruits aériens dans des conditions de champ acoustique direct ;
- NF EN 14389 - Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier - Méthodes d'évaluation des performances à long terme [20] :
 - Partie 1 : Caractéristiques acoustiques.

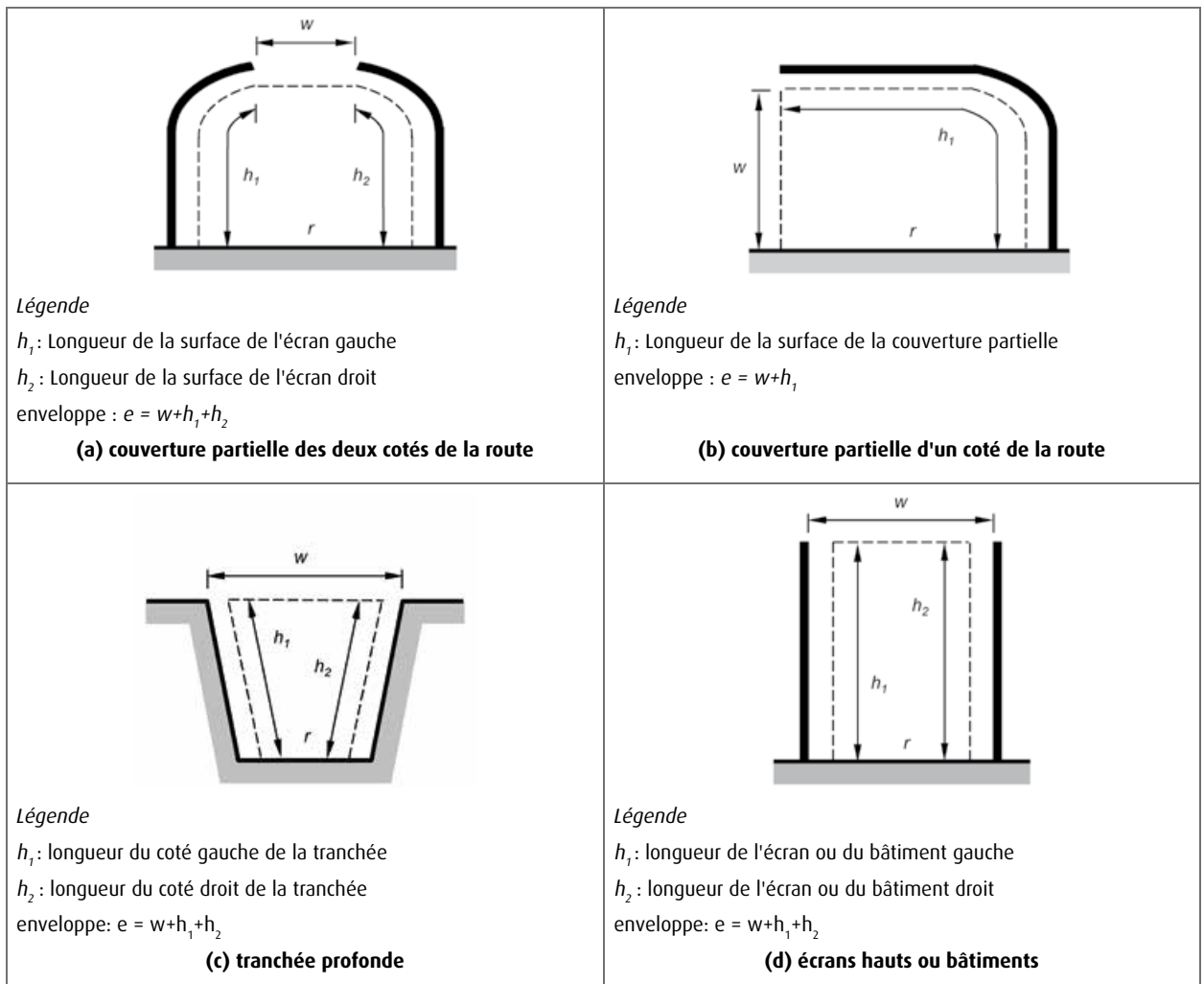
Les normes de mesures des performances acoustiques des écrans se différencient selon l'usage prévu pour l'écran :

- lorsque l'écran est destiné à être installé dans un champ acoustique diffus (couverture totale ou partielle, tranchées, etc.), l'évaluation des performances acoustiques est effectuée à l'aide des parties 1 et 2 de la norme NF EN 1793 qui fournissent une méthode de mesure en laboratoire dans un champ sonore diffus ;
- lorsque l'écran est destiné à être installé dans un champ acoustique direct (écran seul, ou écrans parallèles suffisamment éloignés), l'évaluation des performances acoustiques doit s'effectuer avec une méthode de mesure extérieure. A la date de publication de ce guide, seule l'isolation peut être évaluée selon cette procédure avec la partie 6 qui est publiée. Par contre, pour l'absorption, la partie 5 prévue est en cours de rédaction⁽⁴⁾ et, actuellement, cette performance est toujours évaluée avec la partie 1.

Par ailleurs, la partie 6 et la future partie 5 peuvent également être utilisées pour la réception acoustique à la fin des travaux. La norme NF EN 14389 partie 1 traite de la durabilité des performances acoustiques.

Les conditions sont définies comme étant réverbérantes (champ diffus) lorsque le pourcentage d'espace ouvert dans l'enveloppe est inférieur ou égal à 25 %, c'est-à-dire que les conditions réverbérantes se produisent lorsque $w/e \leq 0,25$, où $e = (w + h1 + h2)$. Des exemples de calculs de l'enveloppe sont donnés dans les schémas suivants extraits des normes NF EN 1793 parties 2 et 6 (figure 11), ils définissent les paramètres $h1$, $h2$ et w .

(4) La norme NF EN 1793-5 a été publiée le 20/05/2016.



Pour tous les cas :

r : Surface de la route ;

w : largeur de l'espace ouvert.

Figure 11 : Schéma de vérification de conditions réverbérantes pour quatre cas selon les normes NF EN 1793-2 et 6

1.3.4.2 - Autres spécifications (mécaniques, stabilité, environnement, sécurité)

Pour les spécifications non acoustiques, les normes suivantes ont été publiées :

- NF EN 1794 - Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier - Performances non acoustiques [19] :
 - Partie 1 : Performances mécaniques et exigences en matière de stabilité,
 - Partie 2 : Prescriptions générales pour la sécurité et l'environnement ;
- NF EN 14389 - Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier - Méthodes d'évaluation des performances à long terme [22] :
 - Partie 2 : Caractéristiques non acoustiques.

La norme « écrans » EN 1794-1 définit les performances mécaniques et exigences en matière de stabilité. La norme aborde les calculs et les essais justifiant les écrans. Elle prend en compte la charge due au vent, la charge statique, le poids propre, les impacts des pierres, la sécurité en cas de collision (cela concerne les cas d'utilisation de l'écran en tant que barrière de sécurité) et la charge dynamique due au déblaiement de la neige.

La norme « écrans » NF EN 1794-2 définit les prescriptions générales pour la sécurité et l'environnement. Elle prend en compte la résistance au feu de broussailles, la sécurité secondaire liée au danger des chutes de débris, la protection de l'environnement, les issues de secours, la réflexion de la lumière et la transparence.

La norme NF EN 14389-2 traite de la durabilité des performances non acoustiques.



1.3.5 - Le marquage CE

Pour mettre en place le marquage CE des éléments des écrans, la première version de la norme « produits écrans » « NF EN 14388 - Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier – Spécifications » [21] a été publiée en 2005. Une nouvelle version vient d'être publiée en janvier 2016, elle intègre le Règlement Produits de Construction.

Dans le cadre de la Directive Européenne 89/106 - Produits de Construction [24], un marquage CE des dispositifs de réduction du bruit du trafic routier commercialisés dans l'union européenne a été mis en place par l'arrêté du 24 avril 2006 (JO du 16 mai 2006) [25]. Ce marquage CE des dispositifs de réduction du bruit du trafic routier est basé sur l'annexe ZA de la norme harmonisée NF EN 14388. Il concerne un ensemble de caractéristiques acoustiques et non acoustiques. Cette norme harmonisée définit la manière de déterminer et de décrire les performances des dispositifs de réduction du bruit du trafic routier sans fixer de seuils (valeurs minimales). Pour attester de la conformité des produits aux exigences de la norme, le marquage CE est indiqué par le fabricant sous sa responsabilité, par référence aux performances validées par un ou plusieurs organismes notifiés.

Le 9 mars 2011, la « Directive Produits de Construction » (DPC) a été remplacée par le « Règlement Produits de Construction » (RPC [26]). Ce nouveau texte est entré en vigueur le 1^{er} juillet 2013, il entraîne quelques modifications dans les procédures de marquage CE.

Dans quelques cas, le marquage CE n'est pas obligatoire :

- si le produit est fabriqué individuellement ou sur mesure selon un procédé autre que la production en série, en réponse à une commande spéciale, et est installé dans un ouvrage unique identifié par le fabricant qui est responsable de l'incorporation en toute sécurité du produit dans l'ouvrage (c'est par exemple le cas d'un mur en béton armé) ;
- si le produit est fabriqué sur le site de construction en vue d'être incorporé dans l'ouvrage ;
- si le produit est fabriqué d'une manière traditionnelle ou adaptée à la sauvegarde des monuments selon un procédé non industriel en vue de rénover correctement des ouvrages de construction officiellement protégés comme faisant partie d'un environnement classé ou en raison de leur valeur architecturale ou historique spécifique.

L'attestation de conformité, base du marquage CE dans la DPC, devient l'évaluation et la vérification de la constance des performances dans le RPC.

Des procédures simplifiées sont mises en place pour un certain nombre de cas. Le fabricant peut ainsi remplacer les essais ou évaluations de types par une documentation technique appropriée. Ceci est par exemple le cas s'il met sur le marché un produit de construction réputé atteindre un certain niveau ou une certaine classe de performance sans essais ou calculs ou s'il utilise, avec son accord, les résultats d'évaluations obtenus par un autre fabricant pour le même produit.

Les micro-entreprises (10 salariés, 2 M€ de CA, 2 M€ de bilan) ont la possibilité d'utiliser des procédures simplifiées en fournissant une Documentation Technique Spécifique (DTS) au lieu des méthodes contenues dans la norme harmonisée, notamment pour les produits couverts par un « système 3 ou 4 » pour l'évaluation et la vérification de la constance des performances (système 3 pour les écrans).

Toutes les entreprises peuvent utiliser une DTS pour les produits de construction couverts par une norme harmonisée et fabriqués individuellement ou sur mesure selon un procédé autre que la production en série, en réponse à une commande spéciale, et qui sont installés dans un ouvrage de construction unique identifié.

Pour ce marquage, le fabricant a l'obligation :

- d'établir une déclaration des performances qui doivent être démontrées ;
 - par la détermination d'un produit type pour lequel une performance doit être déclarée pour chaque caractéristique harmonisée (essai de type initial) mentionnée dans le tableau ZA.1 de l'annexe ZA de la norme. Cette détermination du produit type est réalisée par un laboratoire d'essais notifié,
 - par la mise en place d'un Contrôle de Production en Usine (CPU) garantissant une constance des performances indiquées ;
- de diffuser ou tenir à disposition cette déclaration de performances et de conserver ces documents pendant une période de 10 ans ;
- d'apposer le marquage CE sur le produit ou sur les documents d'accompagnement ;



- de déclarer une performance ; l'attestation de conformité du marquage CE de niveau 3 nécessite que les performances déclarées par l'industriel doivent être validées par un ou plusieurs laboratoires d'essai européens notifiés qui sont, pour la France, le CERIB⁽⁵⁾, le FCBA⁽⁶⁾, le CSTB⁽⁷⁾ ou le CTMNC⁽⁸⁾ ;
- d'établir une notice de montage et d'entretien.

Les caractéristiques suivantes sont concernées :

- absorption acoustique ;
- isolation acoustique aux bruits aériens ;
- diffraction acoustique (pour les couronnements d'écran) ;
- résistance aux charges ;
- danger des chutes de débris ;
- réflexion de la lumière ;
- dégagement de substances dangereuses ;
- durabilité acoustique et non acoustique.

Les caractéristiques citées ci-dessus peuvent être renseignées sur la base de résultats d'essais ou de notes de calculs. Toutefois, la norme n'imposant pas de performances minimales, le fabricant peut déclarer « Aucune Performance Déterminée » (APD ou NPD) lorsque les caractéristiques n'ont pas été évaluées.

Le marquage CE étant réglementaire, l'utilisation de produits marqués CE est obligatoire. De ce fait, sa mention n'est pas nécessaire dans les CCTP (Cahier des Clauses Techniques Particulières).

Le marquage CE ne garantit pas un niveau de performance minimal sur l'ensemble des caractéristiques présentées par le fabricant. Le maître d'ouvrage doit continuer à spécifier des niveaux de performance adaptés à son ouvrage, en s'appuyant sur la réglementation nationale et sur les exigences liées à la destination de l'ouvrage. Lors de l'appel d'offres, le maître d'ouvrage peut exiger du fabricant les documents suivants :

- la déclaration de performance ;
- la détermination du produit type avec les rapports d'essais ou d'évaluations de types initiaux ;
- les instructions d'installation décrivant comment le produit (élément acoustique, etc.) doit être installé pour atteindre les performances mesurées lors des essais de type initiaux ;
- un manuel d'entretien spécifiant les actions à mener, ou à éviter, afin de maintenir la durabilité des performances acoustiques, de résistance structurelle, etc.

Au moment du choix des produits, la vérification porte uniquement sur les performances attestées dans la déclaration de performances. Lorsque le maître d'ouvrage exprime des exigences concernant les performances de l'écran, la mention « APD ou NPD » ne peut pas être acceptée.

Un exemple de rédaction du CCTP concernant le marquage CE est présenté dans le paragraphe suivant :

Il est rappelé que le règlement produits de construction exige que les écrans acoustiques soient marqués CE. En application de cette réglementation, il est donc demandé au fournisseur des panneaux acoustiques de joindre les documents suivants (conformément à la norme NF EN 14388) :

- *la déclaration de performance et la fiche marquage CE. Dans le cadre d'un appel d'offres, il est demandé qu'au minimum les caractéristiques suivantes soient évaluées :*
 - *charge verticale maximale qu'un élément peut supporter,*
 - *charge perpendiculaire (90°) qu'un élément acoustique peut supporter (due à la charge du vent et à la charge statique),*
 - *absorption acoustique : DI_{cr} , la valeur minimum exigée,*
 - *isolation acoustique aux bruits aériens : DL_{cr} , la valeur minimum exigée,*
 - *durabilité prévue des caractéristiques acoustiques ;*

(5) Centre d'Etudes et de Recherche de l'Industrie du Béton.

(6) Institut Forêt Cellulose Bois-construction Ameublement.

(7) Centre Scientifique et Technique du Bâtiment.

(8) Centre Technique des Matériaux Naturels de Construction.



- les rapports d'essais ou notes de calculs (pour les résistances aux charges) justifiant les performances obtenues ;
- des instructions d'installation des panneaux ;
- la notice d'entretien ;
- la justification de l'existence d'un contrôle de production en usine (par exemple selon NF EN ISO 9001 : 2000).

Pour le choix des valeurs minimales, on peut trouver des valeurs adaptées à l'usage des écrans dans le référentiel technique de la marque NF (voir paragraphe 1.3.6).

1.3.6 - La marque NF ECRANS ACOUSTIQUES

En 2015, une marque NF ECRANS ACOUSTIQUES a été créée par Afnor certification à la demande des acteurs professionnels du domaine. Cette marque est enregistrée sous le numéro NF320 et des informations sont disponibles à l'adresse internet suivante : <http://www.boutique-certification.afnor.org/certification/nf-ecrans-acoustiques>. On peut notamment télécharger le référentiel technique de la marque.

Cette certification NF se différencie du marquage CE sur un certain nombre de points parmi lesquels on peut citer :

- la marque NF reste volontaire contrairement au marquage CE qui est obligatoire pour la mise en circulation de produits sur le marché européen ;
- dans la marque NF, toutes les caractéristiques pertinentes pour la description du produit doivent être évaluées alors que le marquage CE autorise le fabricant à ne pas déclarer les performances pour certaines caractéristiques ;
- la marque NF impose des valeurs seuils à respecter ;
- la marque NF repose sur un contrôle régulier effectué par une tierce partie alors que pour le marquage CE des écrans, il s'agit d'une déclaration du fabricant.

1.4 - La commande du maître d'ouvrage

Le projet de construction d'un écran doit être adapté aux différentes contraintes du projet, de l'insertion paysagère et aux difficultés d'implantation. Le maître d'ouvrage est responsable de nombreux choix et notamment du niveau de service attendu dans le cadre du projet. La présente partie vise à mettre en évidence les différentes exigences du maître d'ouvrage qu'il conviendra de décliner pour aboutir à la solution technique la mieux adaptée au site. Une grande partie des exigences du maître d'ouvrage en termes de durabilité et de sécurité découle de l'application des Eurocodes à l'ensemble des éléments constituant la structure des écrans.

Dans la conception du projet, la prise en compte de la sécurité et des aspects paysager, esthétique et architectural se traduit par un travail conjoint entre architecte, paysagiste, acousticien, bureau d'études, service gestionnaire et maître d'ouvrage. Une fois que les possibilités d'alternatives à la construction d'écrans ont été écartées (décalage du tracé, protection en façades, etc.) commencent les recherches sur les différents aspects participant à l'intégration des écrans dans leur site. Les contraintes de conception sont plus particulièrement abordées dans le chapitre 2.

1.4.1 - Fiabilité

La fiabilité désigne la capacité d'une structure ou d'un élément structural à satisfaire aux exigences spécifiées, y compris la durée d'utilisation de projet, pour lesquelles il ou elle a été conçu(e). La fiabilité s'exprime habituellement en termes de probabilité. La fiabilité recouvre la sécurité, l'aptitude au service et la durabilité d'une structure.

Il convient que le choix des niveaux de fiabilité pour une structure particulière prenne en compte les facteurs appropriés, à savoir :

- la cause et/ou le mode possible(s) d'atteinte d'un état-limite ;
- les conséquences possibles de la défaillance en termes de risques pour la vie humaine, de blessures, de pertes économiques potentielles ;
- le degré d'aversion de la société à l'égard des défaillances ;
- les dépenses et les moyens nécessaires pour réduire le risque de défaillance.



1.4.1.1 - Durabilité

La structure doit être projetée de sorte que sa détérioration, pendant la durée de service du projet, n'abaisse pas ses performances en-dessous de celles escomptées, compte tenu de l'environnement et du niveau de maintenance envisagé.

Afin d'assurer une durabilité adéquate de la structure, il convient de prendre en compte les facteurs suivants :

- l'utilisation prévue ou prévisible de la structure ;
- les critères de dimensionnement requis ;
- les influences potentielles de l'environnement ;
- la composition, les propriétés et les performances des matériaux et des produits ;
- les propriétés du sol ;
- le choix du système structural ;
- la forme des éléments structuraux et les dispositions constructives ;
- la qualité de la mise en œuvre et le niveau de contrôle ;
- les mesures de protection spécifiques ;
- la maintenance escomptée pendant la durée d'utilisation de projet.

Le maître d'ouvrage doit ainsi en préalable au début des études, définir la durée de vie en service de l'écran, qui constitue une donnée d'entrée fondamentale à la réflexion sur les matériaux notamment. Afin d'illustrer l'importance de ce choix préalable, on peut par exemple noter l'impact sur l'enrobage des pièces en béton, totalement conditionné par cette durée de vie. Les pièces métalliques sont également concernées pour ce qui relève de la protection anticorrosion et de la détermination des éventuelles épaisseurs à sacrifier à la corrosion.

Il paraît judicieux d'opter pour une durée de vie en service des parties structurales en élévation égale à 50 ans, et des fondations égale à 100 ans. Ces dernières sont en effet difficiles à inspecter, à réparer et à remplacer, justifiant des contraintes plus sévères sur la durabilité.

Pour les parties acoustiques des écrans, une durée de vie de 25 ans paraît être une exigence minimale. Compte tenu de la très grande variété des technologies, qui sortent généralement du domaine d'application des codes de calcul des structures de génie civil, il est difficile d'évaluer *a priori* la durée de vie des éléments acoustiques. Les exigences du maître d'ouvrage portent alors essentiellement sur le respect de dispositions constructives robustes et sur la facilité d'entretien. Pour orienter ces exigences, le maître d'ouvrage peut se baser sur des retours d'expérience issus de l'inspection d'écrans existants.

1.4.1.2 - Sécurité

Le calcul de la fiabilité est directement corrélé aux classes de conséquences, qu'il convient de définir en amont des études.

Ainsi, aux fins de la différenciation de la fiabilité, des classes de conséquences (CC) peuvent être établies en tenant compte des répercussions de la défaillance ou du mauvais fonctionnement de la structure, telles que données dans le Tableau B.1 de l'ECO annexe B. Pour les ouvrages de génie civil tels que les ponts, la classe de conséquences est classiquement la classe CC2. Pour les écrans acoustiques, on retiendra par analogie la classe CC2 pour les écrans implantés en bord de chaussée.

Selon la position de l'écran par rapport aux voies circulées, la possibilité de présence de personnes (usagers et riverains) dans des bandes de largeur égale à sa hauteur comptée depuis sa base, son importance et les aménagements éventuels ultérieurs, le maître d'ouvrage pourra dans certains cas envisager de classer l'ouvrage en classe de conséquence CC1 dont la description est la suivante : « conséquence faible en termes de perte de vie humaine, et conséquences économiques, sociales ou d'environnement faibles ou négligeables ».

La classe de conséquences CC1 est associée à la classe de fiabilité RC1. Une méthode de différenciation de la fiabilité peut alors consister à appliquer un coefficient Kfl sur les coefficients partiels relatifs aux actions défavorables. Le tableau B3 de l'ECO annexe B fixe à 0,9 la valeur du coefficient Kfl pour la classe de fiabilité RC1.

1.4.1.3 - Aptitude au service

L'aptitude au service est démontrée en vérifiant que sur la base de la combinaison d'actions appropriée, les valeurs des effets des actions dans le critère d'aptitude ne dépassent pas la valeur limite du critère d'aptitude au service considéré. A titre d'exemple, on peut citer la limitation de la fissuration du béton comme illustration de cette notion d'aptitude au service.



1.4.2 - Classes d'exposition pour les bétons

Les classes d'exposition doivent être déterminées au début des études pour les différents éléments en béton constitutifs de l'écran et de sa fondation.

Le concepteur devra se référer à la norme NF EN 206 / CN – « Béton : Spécification, performance, production et conformité » et aux Eurocodes pour la détermination de ces classes. Il veillera à bien distinguer les écrans situés en bordure de chaussée des écrans plus éloignés des voies. En effet, les projections d'eau comprenant les sels de déverglaçage sont abondantes aux abords de la chaussée, imposant des formulations de béton plus contraignantes que dans le cas des écrans reculés.

1.4.3 - Classes de corrosivité pour les structures métalliques

Les classes de corrosivité au sens du fascicule 56 du CCTG (Cahier des Clauses Techniques Générales) [27] doivent être déterminées au début des études pour les différents éléments métalliques en fonction notamment de l'intensité du salage et de l'éloignement de l'écran à la chaussée.

1.4.4 - Robustesse des écrans acoustiques : prise en compte d'un panneau défectueux ou accidenté

La principale question à se poser concerne la prise en compte ou non d'un panneau défectueux (suite à un choc de véhicule par exemple), qui transformerait un panneau courant en panneau d'extrémité, aboutissant à un éventuel effondrement en chaîne du fait de l'augmentation des effets du vent en extrémités d'un écran. Dans le cas général, il est recommandé de considérer cette éventualité dans le cadre d'une situation de projet accidentelle.

1.4.5 - Exigences de sécurité en cas d'accident

La route doit pouvoir être évacuée rapidement en cas d'accident. Pour les écrans d'une longueur supérieure à 500 m d'un seul tenant, des issues de secours sont prévues. L'inter-distance entre les portes ou interruptions ne doit pas être supérieure à 500 m. Ainsi la première porte devrait être placée à une distance inférieure ou égale à 250 m de l'extrémité de l'écran, de façon à ce qu'un piéton n'ait pas plus de 250 m à parcourir avant de pouvoir accéder à la zone située derrière l'écran. Les caractéristiques de ces issues de secours peuvent être consultées dans la norme NF EN 1794-2 annexe D. En règle générale, l'accès doit avoir les dimensions minimales suivantes : 2,1 m (H) x 0,9 m (L). Il convient de préserver l'efficacité de l'écran soit en utilisant une porte étanche au bruit soit en utilisant un recouvrement suffisant. L'accès doit être équipé d'ouverture antipanique dans le cas d'une porte et être clairement indiqué par des panneaux de signalisation.

En cas d'accident, les dispositifs de réduction du bruit du trafic routier ne doivent pas devenir des sources secondaires de danger, par exemple par détachement de leurs éléments vers des zones sensibles à proximité. En cas de risque, des dispositifs de retenue doivent alors être envisagés. Il peut s'agir, lorsque la place est suffisante, de barrières de sécurité placées devant l'écran empêchant le choc de véhicule. Toutefois, cette disposition est souvent difficilement réalisable en zone urbaine où les emprises disponibles sont limitées. Les écrans implantés sur dispositifs de retenue peuvent être une solution dans ces configurations contraintes.

Une attention particulière doit également être apportée à l'impact de la présence de l'écran sur la visibilité. Un écran acoustique, en fonction de certaines de ses caractéristiques telles que sa hauteur, s'il est incliné ou non, peut être un masque important à la visibilité. Ceci est particulièrement le cas lors d'une implantation en courbe à droite.

1.4.6 - Exigences esthétiques

Les différents types d'écrans disponibles permettent une large gamme d'aspects architecturaux, du matriçage de parements à la transparence en passant par la possibilité de créer un aspect naturel avec des plantations. L'intégration réussie réside dans la capacité de l'écran à s'effacer ou à s'affirmer dans l'espace environnant. Ainsi, que l'on soit en site urbain ou non, la cohérence de l'ouvrage avec l'espace environnant doit être optimisée. La note d'information Sétra (Cerema ITM) n° 89 de septembre 2009 de la série « Economie Environnement Conception », intitulée « Protections acoustiques : Enjeux et modalités d'insertion dans le paysage » [30], traite des aspects esthétiques.

1.4.7 - Exigences d'entretien

L'entretien des écrans s'impose d'une part pour maintenir leur niveau de performances aussi bien acoustique que non acoustique et d'autre part pour conserver un aspect esthétique satisfaisant.



Pour que l'écran conserve au fil du temps ses performances initiales, le concepteur du projet et ensuite l'exploitant de l'infrastructure disposent du manuel d'entretien fourni par le fabricant qui indique les dispositions à prévoir en terme d'entretien.

L'entretien des écrans n'est pas toujours facile à réaliser pour les exploitants, soit pour des raisons techniques (difficulté d'accès, sécurité, gestion de la circulation, etc.) soit pour des raisons budgétaires et il est donc important d'intégrer cette problématique dès la conception de l'ouvrage en prévoyant les budgets nécessaires, en choisissant des matériaux à faible entretien et durables, en limitant les possibilités de tags (grilles, végétation devant l'écran, etc.).

1.4.8 - Utilisation durable des ressources

La politique de développement durable doit être déclinée à l'échelle du projet amenant le maître d'ouvrage à réfléchir au type d'écran qu'il juge le plus opportun sur cet aspect. Il est bien entendu difficile de choisir un écran alliant à la fois la pérennité, un prix optimal, et l'utilisation durable des ressources, constituant toute la complexité du choix. C'est pourquoi les critères financier et visuel sont souvent prédominants par rapport aux autres dans le choix de la solution projetée.

Le maître d'ouvrage peut s'appuyer sur les informations relatives aux impacts environnementaux des écrans dont la consommation de ressources, disponibles dans les Déclarations Environnementales de Produits (DEP) établies selon la norme NF EN 15804+A1 et son complément national, la norme XP P01-064/CN [23].

La mise en place d'une solution innovante (béton de chanvre par exemple) peut aussi être recherchée par le maître d'ouvrage lorsqu'il souhaite encourager la recherche.

1.4.9 - Éléments de coûts

Pour approcher le coût surfacique d'un écran acoustique, six chantiers implantés sur quatre régions différentes (Île-de-France, Champagne-Ardenne, Lorraine, Rhône-Alpes) ont été examinés et analysés. Les prestations étudiées sont les suivantes :

- prestations générales : ces prestations incluent notamment les installations de chantier, les études d'exécution, ainsi que toutes les sujétions liées au respect de la qualité des produits et de l'environnement ;
- travaux préparatoires : ces travaux intègrent la préparation du site avant construction de l'ouvrage, comme la démolition de chaussée existante ou le décapage ;
- terrassements : ils concernent essentiellement les déblais et remblais des fouilles ;
- fondations : ce poste inclut à la fois les fondations superficielles et profondes ;
- équipements et finitions : la peinture antigraffiti et les équipements tels que les portes isophoniques sont intégrés dans ce poste ;
- écran : ceci concerne l'écran en lui-même (PMMA, béton de bois, etc.), ainsi que tous les dispositifs en élévation visant à assurer sa stabilité, sa durabilité, l'esthétique, l'efficacité, etc. ;
- exploitation : ce poste, qui dépend des contraintes du site, intègre la location, la pose, l'entretien, la maintenance et la dépose de dispositifs d'exploitation (par exemple des séparateurs modulaires de voies).

Les sujétions suivantes influencent sensiblement le coût de certaines prestations définies ci-dessus :

- chantier réalisé sur site libre ou existant (distinction entre chantier réalisé sur une route nationale peu circulée en rase campagne et sur une autoroute de l'agglomération parisienne) ;
- zone d'implantation des installations de chantier (installations de chantier plus onéreuses aux abords des voies touristiques de Savoie qu'aux environs de routes peu circulées de Moselle) ;
- éloignement du chantier des zones d'approvisionnement en matériaux ;
- fondations mises en œuvre (superficielle ou profonde) ;
- type d'écran (écart de prix entre écran PMMA réfléchissant et écran métallique réfléchissant).

Il ressort de cette analyse une fourchette de coûts très large, entre 500 euros et 1500 euros H.T. par m² de parement vu d'écran (valeur 2014), la fourchette haute correspondant à un site de la région parisienne soumis à de fortes contraintes en termes d'exploitation.



2 Conception du génie civil des écrans acoustiques routiers

2.1 - Domaine d'application et généralités sur les études

2.1.1 - Domaine d'application

Les écrans acoustiques abordés dans le présent chapitre concernent les infrastructures routières et peuvent être réalisés :

- dans le cadre de la création d'une infrastructure neuve ;
- sur une infrastructure existante ;
- pour réhabiliter une protection existante, par exemple lors de la modification de l'écran proprement dit (augmentation de la hauteur, changement du type de matériau, etc.).

Le guide porte sur les conceptions classiques couramment mises en œuvre en rive des infrastructures routières. Les écrans sont ainsi généralement constitués de poteaux régulièrement espacés entre lesquels sont positionnés des panneaux assurant la fonction acoustique (figure 12). D'un point de vue structurel, l'écran phonique est un voile recevant principalement l'action du vent qu'il transmet via des éléments verticaux (les poteaux) à une fondation ou à un soutènement.

Sont exclus du champ des ouvrages traités par le guide :

- les écrans acoustiques fixés sur les tabliers de pont compte tenu des dispositions particulières à ce type de structures (photos 10 et 11) ;
- les systèmes de protection phonique constitués par un merlon ou par des structures « poids » tels que des murs en éléments préfabriqués empilés (photos 12 et 13).

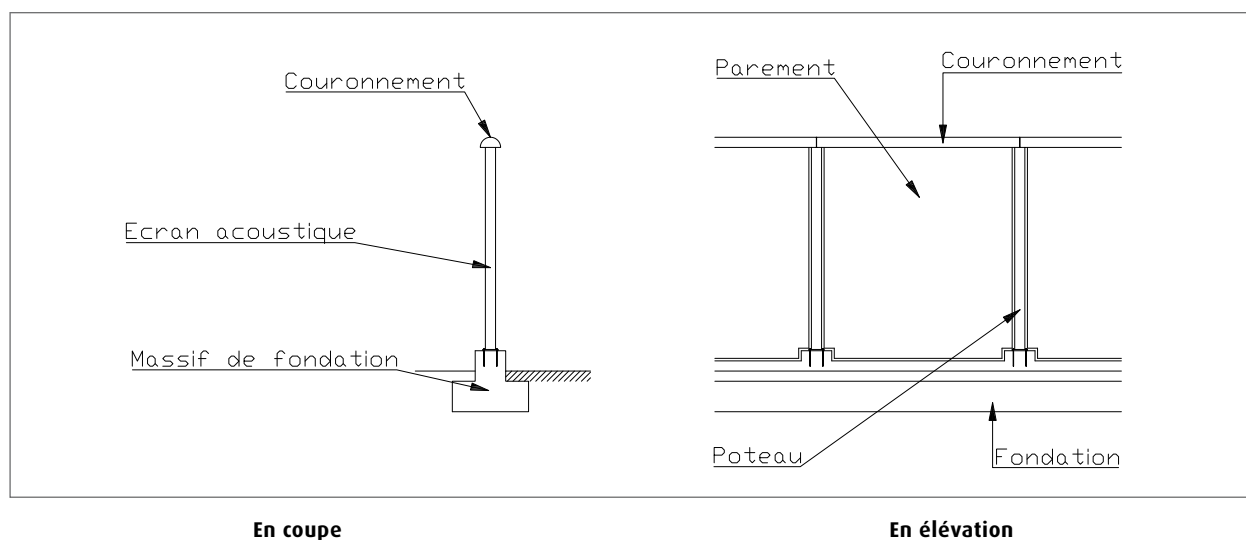


Figure 12 : Schéma de principe d'un écran acoustique

Le cas des écrans positionnés sur des murs de soutènement des terres est succinctement abordé ainsi que celui des écrans associés à un dispositif de retenue (voir photo 9).



Photo 9 : Réalisation d'une GBA élargie en vue de l'installation d'un écran acoustique



Photos 10 et 11 : Exemples d'écrans sur des tabliers de ponts



Photo 12 : Protection phonique de type massif « poids » en structure bois



Photo 13 : Au premier plan, protection phonique de type merlon prolongeant un écran acoustique

2.1.2 - Déroulement général des études de génie civil et recensement initial des contraintes de conception

La particularité des études relatives à l'implantation de protections phoniques est de nécessiter, dès les premières phases de conception, une définition relativement précise de la position et des dimensions des écrans ainsi que du type de revêtement. Ces caractéristiques influent en effet directement sur l'efficacité phonique de la protection.

La définition de ces caractéristiques nécessite une étude acoustique qui comprend notamment une caractérisation de l'état initial et une simulation sur la durée de vie escomptée de la protection tenant compte d'une augmentation prévisible du trafic routier.

Il convient d'identifier dès le stade des études préalables l'ensemble des contraintes qui peuvent avoir un impact sur la position et la géométrie des écrans phoniques, tout particulièrement dans le cadre d'aménagements sur infrastructures existantes. Parmi ces contraintes, on peut citer :

- la présence d'ouvrages d'art existants ;
- la présence de réseaux ;
- les possibilités d'accès ;
- la domanialité et la disponibilité des emprises ;
- les contraintes d'exploitation sous chantier et ultérieures ;
- les contraintes de tracé et de sécurité (largeur de fonctionnement des dispositifs de retenue, zone d'isolement, cône de visibilité, rétablissement d'accès riverains, aménagement d'issues de secours, etc.) ;
- les contraintes géotechniques ;
- les contraintes environnementales ;
- les contraintes d'urbanisme.

Les études de projet sont ensuite assez peu différentes des études habituelles réalisées pour un ouvrage de génie civil (études préliminaires, projet d'ouvrage, dossier de consultation des entreprises).

2.2 - La conception générale et les différentes parties d'un écran acoustique

2.2.1 - Conception générale

Les premiers éléments de conception générale des écrans acoustiques sont :

- la position de l'écran sur le profil transversal de l'infrastructure ;
- la longueur de l'écran ;
- la hauteur de l'écran.



Ces données sont fixées très tôt dans le déroulement des études puisqu'elles conditionnent directement l'efficacité de la protection. La position transversale de l'écran peut faire l'objet d'adaptations mineures en fonction des contraintes, mais les possibilités d'implantation sont souvent restreintes dans le cas des infrastructures existantes (propriétés riveraines, présence de réseaux, obstacles, assainissement, profil en travers routier à respecter). A ce stade sont également fixées l'inclinaison éventuelle de l'écran, voire la présence d'une casquette et la nature du revêtement (absorbant, réfléchissant, etc.).

La principale difficulté de conception est généralement liée à la conception des fondations de l'écran.

2.2.2 - L'implantation en altitude

On peut distinguer plusieurs situations types d'implantations des protections phoniques.

2.2.2.1 - Cas des écrans en section courante

A niveau (figure 13) : dans ce cas, la fondation de l'écran n'a pas de rôle de soutènement

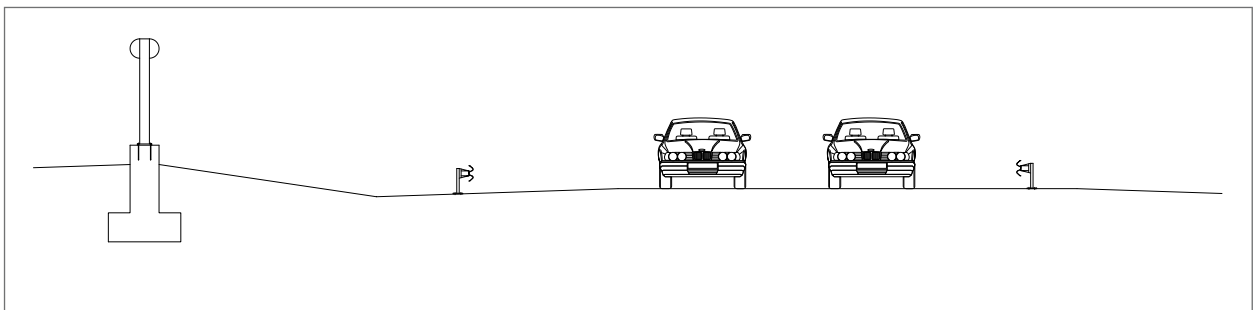


Figure 13 : Implantation d'un écran dans une zone où l'infrastructure est au niveau du terrain naturel

En remblai (figure 14) : la fondation de l'écran peut dans ce cas se trouver assez proche de la rive du remblai et jouer le cas échéant le rôle d'un mini soutènement. L'implantation de l'écran peut alors interagir avec les soutènements implantés en limite des propriétés riveraines.

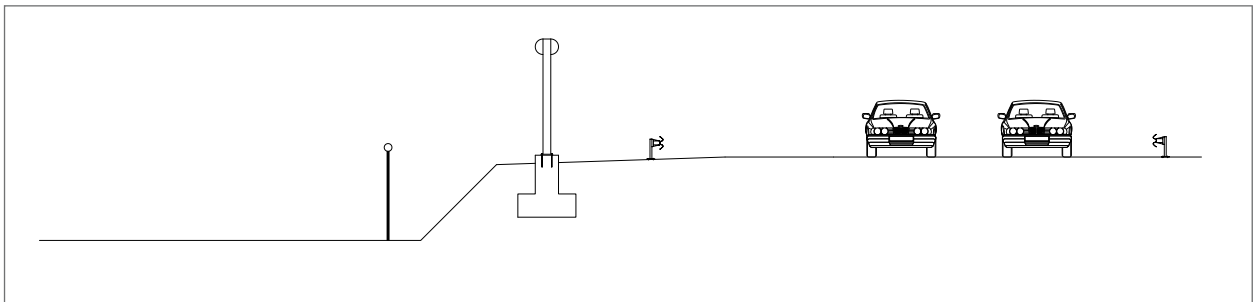


Figure 14 : Implantation d'un écran dans une zone où l'infrastructure est en remblai par rapport au terrain naturel

En déblai (figure 15) : la fondation de l'écran peut se trouver assez proche de la rive du déblai et jouer éventuellement le rôle d'un mini soutènement du fait de la proximité des limites des propriétés riveraines

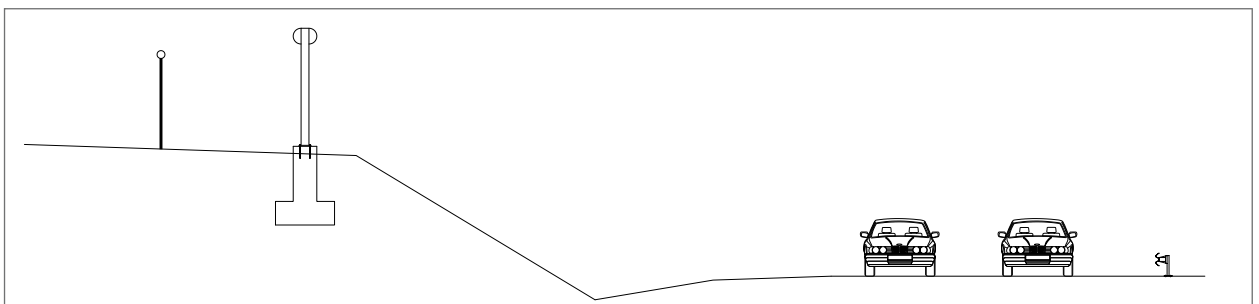


Figure 15 : Implantation d'un écran dans une zone où l'infrastructure est en déblai par rapport au niveau du terrain naturel



2.2.2.2 - Cas des écrans associés à des soutènements

On peut distinguer principalement 3 types de conception (figure 16) :

- 1^{er} type : écran fondé indépendamment du mur ;
- 2^e type : écran ancré en tête du mur ;
- 3^e type : écran ancré sur le parement du mur.

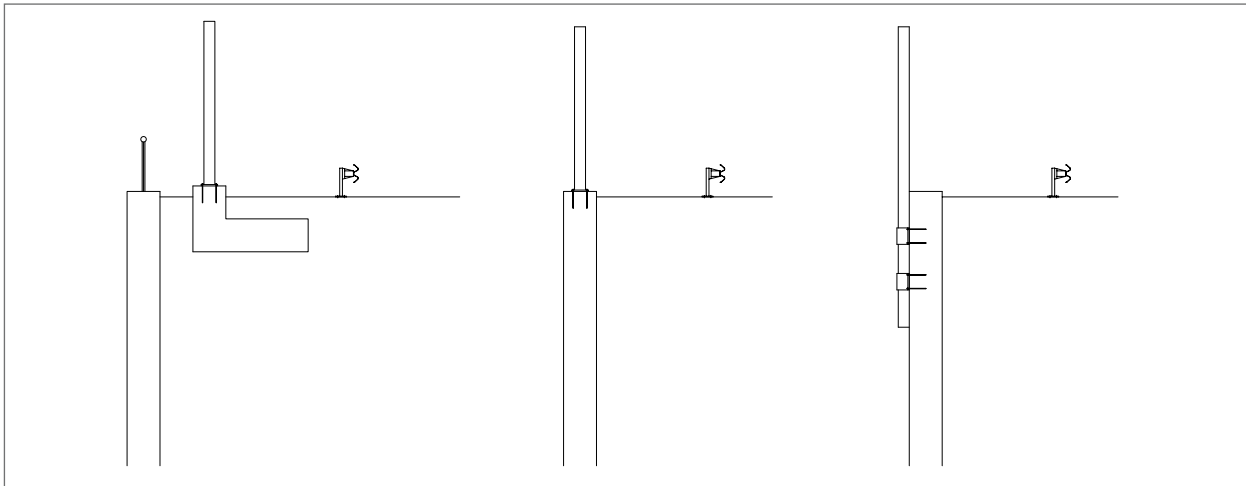


Figure 16 : Implantation d'un écran au droit d'un soutènement

Cas de l'écran fondé indépendamment du mur : cette conception est adoptée lorsque le parement du mur ne permet pas l'ancrage de l'écran (cas des soutènements en remblai renforcé, des rideaux de palplanches, de la plupart des murs poids, etc.). Elle est généralement retenue pour la mise en place d'une protection sur une infrastructure existante. Dans ce cas, on étudie l'interaction entre l'écran, et plus particulièrement sa fondation, et le soutènement existant. Au besoin, une adaptation ou un renforcement du soutènement peut s'avérer nécessaire.

Les solutions de fondation de l'écran sont alors principalement de deux types :

- fondation sur semelle superficielle ;
- fondation sur micro-pieux composée au minimum de deux files de micro-pieux (figure 17) ;

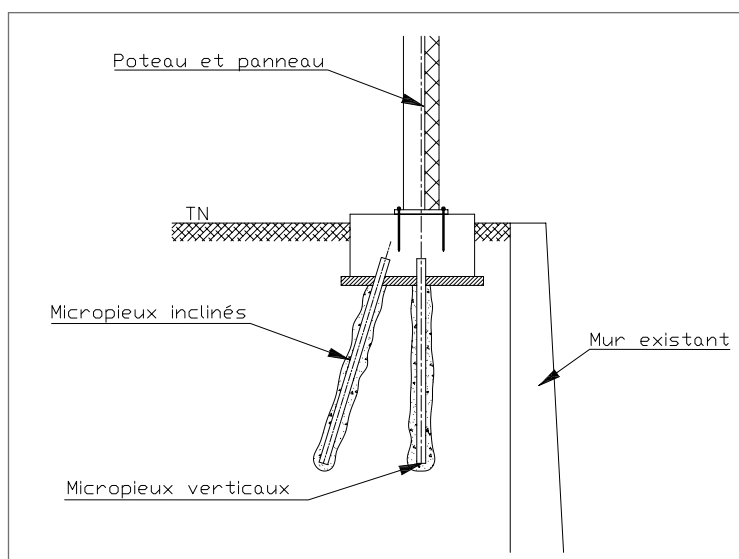


Figure 17 : Exemple d'écran fondé sur micro-pieux (Source : Guide Certu [34])

Cette technique de fondation sur micro-pieux peut également être utilisée en zone courante si les contraintes d'accès au site sont fortes, car elle nécessite des moyens de mise en œuvre plus compacts que ceux des pieux forés.



Cas de l'écran ancré en tête du mur (figure 18) : cette conception est classiquement adoptée pour les écrans sur murs de soutènement neufs de type murs avec voile béton armé, ces soutènements étant alors dimensionnés avec prise en compte de l'écran phonique. Elle peut aussi être retenue pour des écrans mis en place sur des soutènements existants, notamment si le ferrailage en partie supérieure du mur est suffisant. L'ancrage se fait alors par scellement avec au besoin création d'une longrine en tête du soutènement.

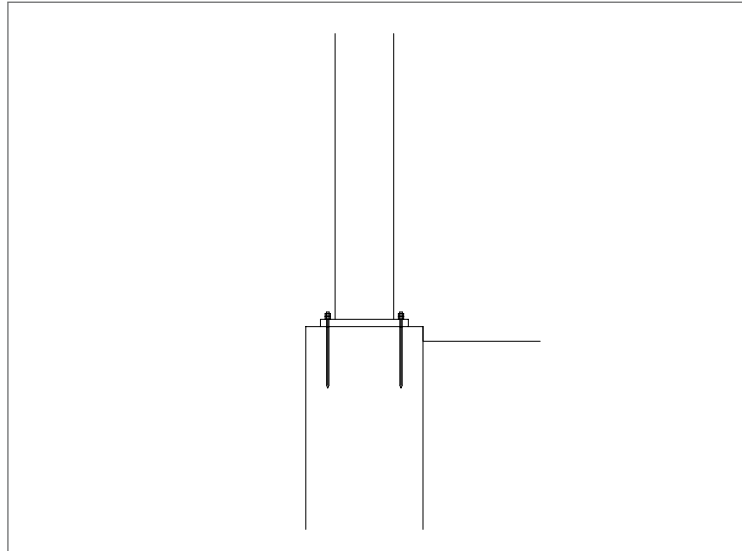


Figure 18 : Scellement d'un poteau en partie supérieure d'un voile en béton armé

Cas de l'écran ancré sur le parement du mur (photos 14 et 15 et figure 19) : cette conception est classiquement adoptée pour la fixation d'un écran sur un soutènement existant possédant un voile béton armé après justification du ferrailage. Cette solution permet notamment de positionner l'ancrage de l'écran dans une zone où le ferrailage du voile est suffisant. L'esthétique de l'écran doit être travaillée.



Photo 14 : Exemple d'implantation d'un écran en parement d'un soutènement. Le soutènement protège l'infrastructure routière



Photo 15 : Écran de la photo 14 vu depuis le côté riverain

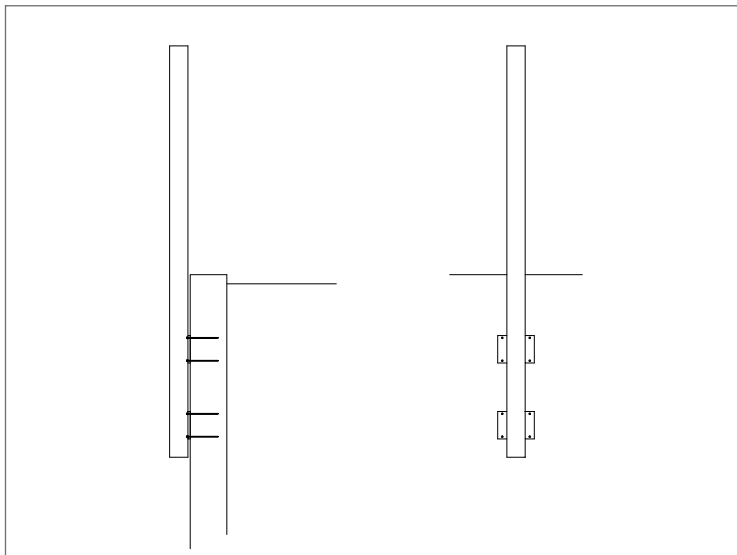


Figure 19 : Scellement d'un poteau en parement d'un voile en béton armé

Dans tous les cas, la présence de l'écran phonique doit être prise en compte pour la justification du soutènement qui supporte l'écran. Pour l'implantation d'un écran sur un soutènement existant, une évaluation de la résistance du soutènement est nécessaire. Pour fixer les ordres de grandeur, on a évalué, dans le tableau 2, la majoration du moment sollicitant la base d'un voile béton armé du fait de l'adjonction d'un écran phonique dans une situation classique (coefficient de poussée active du sol $K_a = 0,33$; masse volumique du sol $g = 20 \text{ kN/m}^3$; région de vent 2 ; catégorie de rugosité du site IIIb).



		Hauteur de l'écran H1 (m)		
		2	3	4
Hauteur du soutènement H2 (m)	2	45 %	79 %	120 %
	3	18 %	30 %	44 %
	4	9 %	15 %	23 %
	5	6 %	9 %	13 %
	6	4 %	6 %	9 %
	7	3 %	4 %	6 %
	8	2 %	3 %	5 %
	9	2 %	3 %	4 %
	10	1 %	2 %	3 %

Tableau 2 : Majoration du moment à l'Etat Limite Ultime à la base d'un mur de type « voile » due à l'implantation d'un écran acoustique ancré en tête.

On constate logiquement que l'effet du vent diminue comparativement avec la hauteur du soutènement. Pour un soutènement de 5 m et un écran de 3 m, la majoration des sollicitations à l'ELU (état limite ultime) en combinaison fondamentale à la base du mur reste inférieure à 10 % sur l'exemple.

2.2.3 - L'implantation transversale

L'implantation transversale d'un écran phonique est soumise à de nombreuses contraintes. Ces contraintes sont plus particulièrement prégnantes dans le cas d'une infrastructure existante en zone urbaine, les écrans ne devant pas représenter un obstacle à la visibilité des usagers de la route.

Profil en travers routier : l'implantation de l'écran doit se faire en dehors du profil en travers routier et autoriser le fonctionnement du dispositif de retenue (photo 16). En cas d'impossibilité de séparer les fonctions, l'écran est intégré au dispositif de retenue et l'on se reportera au 2.2.16.



Photo 16 : Exemple d'implantation d'écran à l'arrière d'une glissière de sécurité permettant le débatement du dispositif de retenue



Réseaux et assainissement : pour des raisons de propriété et d'entretien, il est d'usage de positionner l'écran à l'arrière de ces réseaux. Si certains d'entre eux peuvent être positionnés en BAU (Bande d'Arrêt d'Urgence) tels que le RAU (Réseau d'Appel d'Urgence) ou la fibre optique, l'assainissement se situe au-delà de la chaussée (figure 20).

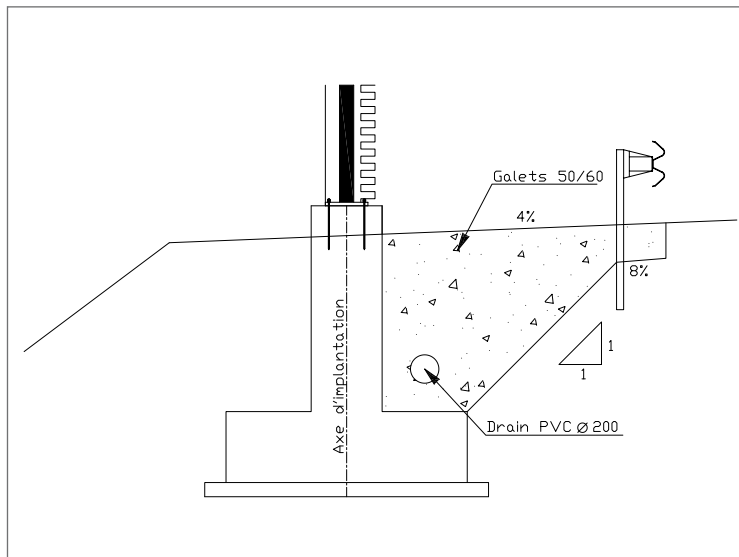


Figure 20 : Exemple de création d'un assainissement en rive d'une plateforme existante

Équipements de signalisation : la rive de la plateforme routière est notamment le lieu d'implantation de la signalisation verticale et plus particulièrement des massifs de fondation des portiques, potences et hauts-mâts (figure 21 et photo 17). Des adaptations de l'implantation de l'écran peuvent donc s'avérer nécessaires.

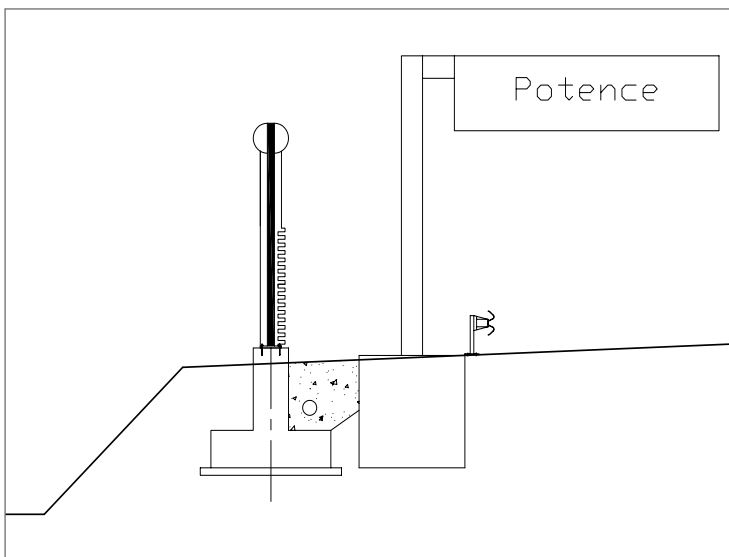


Figure 21 et photo 17 : Exemples d'implantation des massifs de fondation à l'avant de l'écran, une niche peut être localement créée pour recevoir la fondation du dispositif de signalisation

Limites de propriété : l'écran doit être implanté sur le domaine routier et les emprises peuvent s'avérer insuffisantes, des expropriations peuvent alors être nécessaires. Au besoin, la plateforme routière peut être remodelée pour permettre la fondation de l'écran (figure 22).

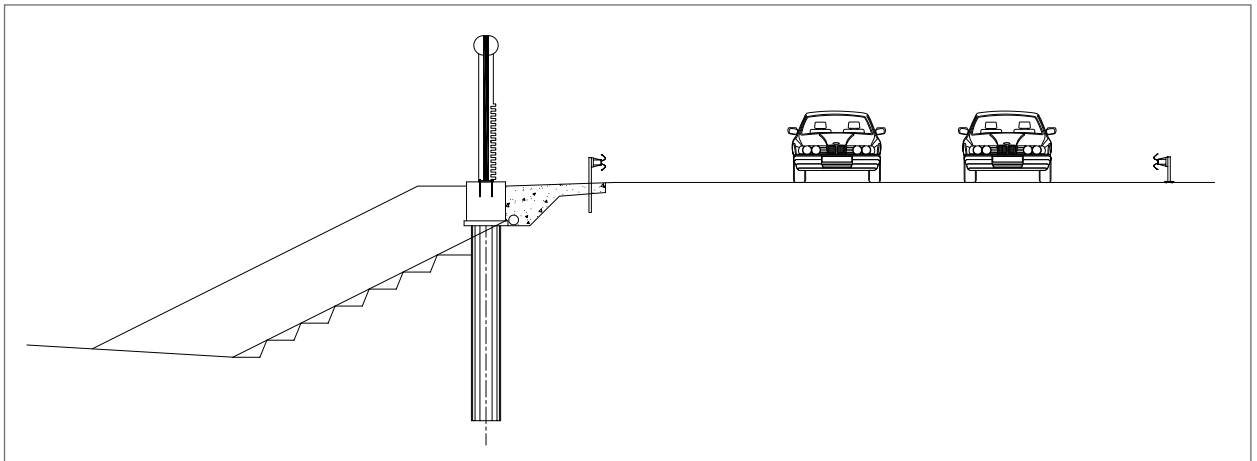


Figure 22 : Exemple d'élargissement de la plateforme routière

2.2.4 - Les fondations

Le rôle principal des fondations est de transmettre au sol l'effort horizontal reçu par l'écran, la charge verticale apportée étant faible. Ces fondations peuvent être superficielles ou profondes, discrètes ou continues.

La solution de **fondations superficielles** est généralement envisageable, car les caractéristiques de portance des remblais routiers sont le plus souvent bonnes. Ces semelles peuvent être discrètes ou continues. L'inconvénient principal de ce système de fondation est de nécessiter une emprise au sol pouvant pénaliser la réalisation des travaux, particulièrement dans le cas de semelles continues (nécessité de réalisation d'une fouille, blindage éventuel, neutralisation de la bande d'arrêt d'urgence (BAU), voire d'une voie de circulation, déplacement de réseaux, etc.). Cette semelle doit être placée sur un sol non susceptible de se liquéfier lors des phases de dégel, c'est-à-dire posée sur un sol non gélif ou en zone hors gel (de 50 cm à 1,20 m en-dessous du terrain après travaux, suivant les zones géographiques d'implantation cf. annexe 0 de la norme NF P94-261 [6]). Le bord de semelle doit être suffisamment éloigné de la pente du talus éventuel.

Ces fondations superficielles sont quasi systématiquement en béton armé.

Il peut être envisagé la préfabrication de plots de fondation superficielle en assurant une parfaite implantation et un nivellement précis de ces plots (par exemple en ayant recours à des gabarits). Dans le cas de fixation de l'écran par tiges d'ancrage, il est recommandé que la fondation émerge suffisamment du sol pour placer le système d'ancrage à l'air et hors d'eau et ainsi assurer au mieux sa surveillance et sa durabilité. Dans le cas d'une fixation de poteaux sur le dessus de la fondation, la largeur d'assise offerte par la nervure doit être adaptée aux dimensions de la platine d'ancrage.

Le recours à des **fondations profondes** peut être envisagé lorsque l'emprise au sol est très contrainte. Ces fondations peuvent être constituées de pieux forés (un diamètre 600 mm est généralement suffisant), de pieux battus généralement métalliques, de pieux scellés ou de micro-pieux (figure 24). Ces fondations sont discrètes, généralement à raison d'une fondation par poteau d'écran, et il n'est généralement pas nécessaire de réaliser une longrine de couronnement continue. Les efforts repris par l'écran solliciteront la réaction horizontale du sol en périphérie de ces fondations.

Dans le cas de pieux battus, il n'est pas recommandé, compte tenu des tolérances d'implantation et de verticalité, de prolonger ces pieux en élévation en vue de constituer les poteaux de l'écran. On peut cependant citer le cas particulier du rideau de palplanches métalliques dont la partie en fiche se prolonge en élévation pour assurer la fonction phonique.

Pour contourner ce problème d'implantation, on peut envisager de sceller les poteaux dans le béton en tête des pieux (cette opération peut par exemple être envisagée sur des pieux en béton tubés ou non en tête ou sur des tubes métalliques battus avec excavation du sol en tête puis remplissage de béton - voir figure 23). La réserve prise entre le diamètre des pieux et la géométrie des poteaux permet de corriger les tolérances d'implantation des tubes. Pour cette conception, il faut exiger que la section d'entrée du poteau dans le béton soit hors sol et que la forme du béton empêche la stagnation d'eau dans le tube. La section d'encastrement (qui constitue un point triple acier - béton - air) doit faire l'objet d'une protection anticorrosion spécifique et être dimensionnée en prenant en compte une épaisseur majorée de métal sacrifié à la corrosion (une épaisseur sacrifiée à la corrosion de 2 mm par face exposée paraît être un minimum).



Il convient d'apporter une attention particulière à la réalisation de la partie haute du pieu dans la zone de scellement du poteau et notamment à la qualité du béton ; cette exigence peut conduire à réaliser un recépage dans le cas de pieux en béton armé ou à prévoir un débordement du béton pollué avant mise en place du poteau.

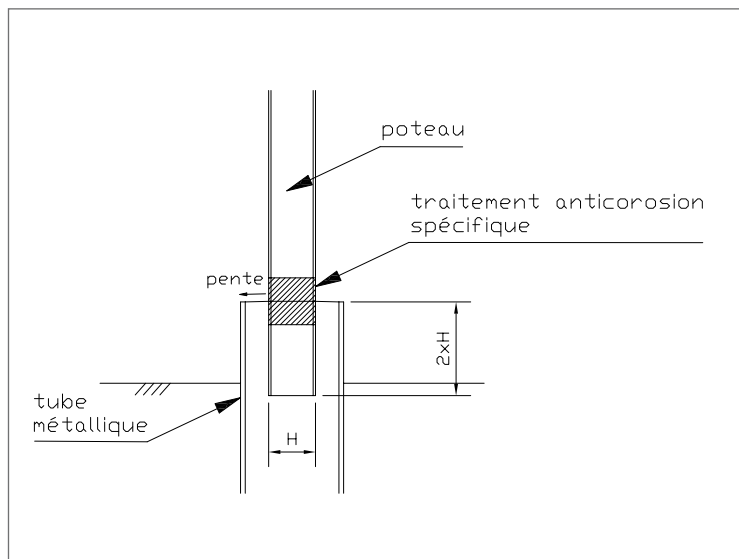


Figure 23 : Détail de la zone d'encastrement d'un poteau dans un tube métallique

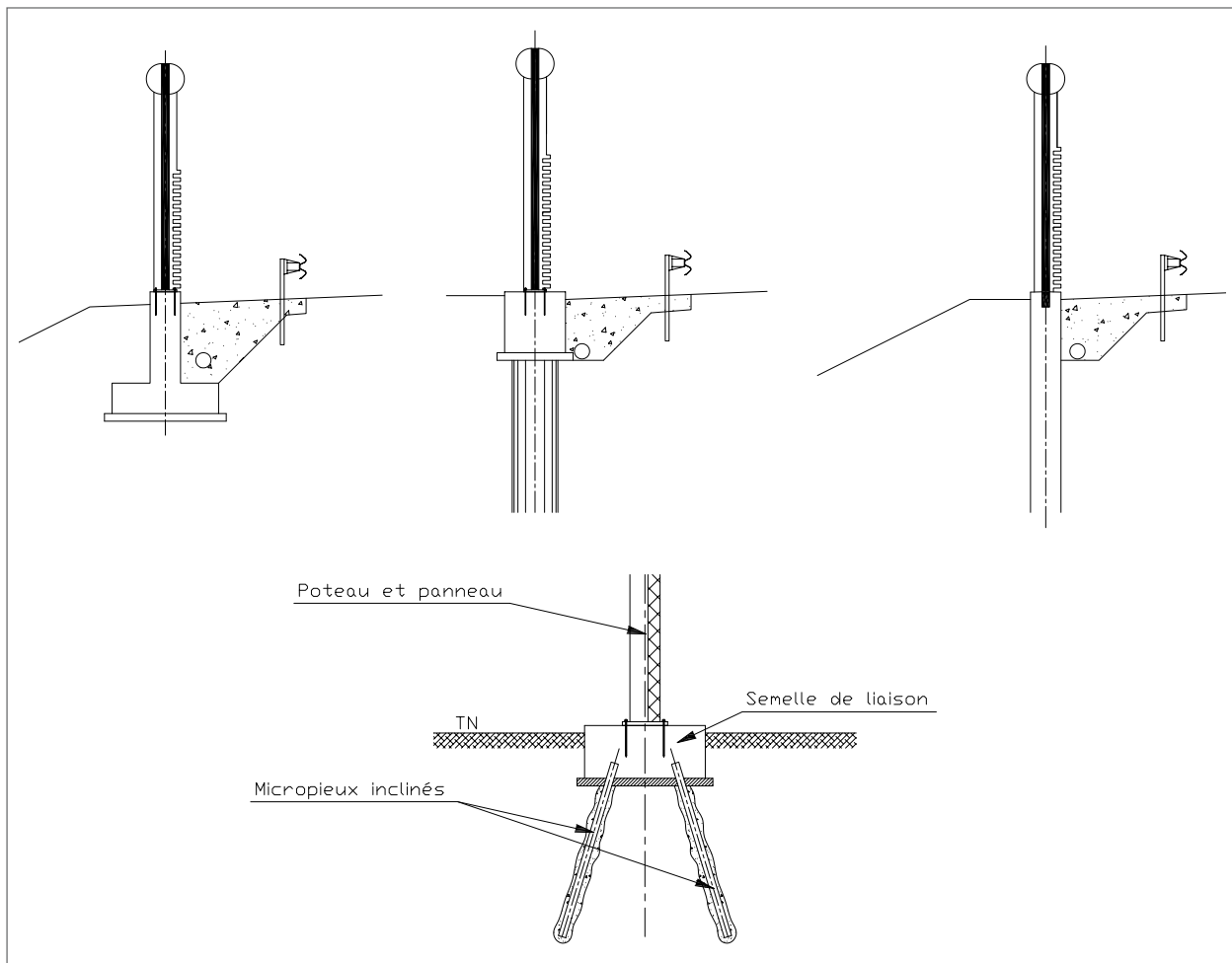


Figure 24 : Coupes types de murs - Fondations superficielles et profondes



Comparatif succinct des modes de fondation :

L'avantage de la fondation superficielle est de nécessiter des moyens de mise en œuvre plus légers. Elle nécessite cependant une emprise suffisante, un sol ayant de bonnes caractéristiques en surface et elle ne peut pas être implantée en bord immédiat de talus. Une préfabrication peut être envisagée. Les pieux forés en béton sont généralement moins économiques mais ils permettent une implantation de l'écran dans une emprise contrainte ou en bord de talus et dans le cas de sols médiocres.

Les fondations par tubes métalliques dans des forages présentent les avantages d'implantation des pieux en béton, elles nécessitent un matériel moins encombrant et permettent des gains en termes de délai. L'inconvénient de cette solution est de rendre plus difficile le remplacement d'un poteau par exemple en cas de choc, en outre la zone d'encastrement des poteaux doit faire l'objet d'une exécution soignée.

2.2.5 - L'écran

Les écrans acoustiques présentent généralement une hauteur comprise entre 2 m et 6 m. Les écrans de grande hauteur peuvent être équipés, en tête, de parties inclinées vers la route appelées « casquettes ». Cette particularité n'est pas abordée dans le guide.

Pour des raisons de standardisation et de rapidité d'exécution sur chantier, l'écran est le plus souvent constitué d'éléments modulaires préfabriqués, en bois, métal (acier ou aluminium), béton, béton de bois, méthacrylate, etc.

Il est rare que la liaison mécanique à la fondation se fasse de façon continue à la base du voile. La composante horizontale et le moment résultant dus à l'effet du vent sur l'écran sont transmis par l'intermédiaire de poteaux ancrés aux fondations et sur lesquels les modules s'appuient.

2.2.6 - Les poteaux

Ces poteaux sont dans le cas général des profilés laminés en acier (de type HEA en général de nuance S235), plus rarement ils peuvent être en béton armé. L'espacement classique est de 4 m, mais il est possible de faire varier cet espacement pour tenir compte de contraintes locales ou pour renforcer la résistance de l'écran, notamment à ses extrémités. Les poteaux d'extrémité peuvent recevoir un traitement architectural particulier pour marquer l'extrémité de l'écran. Les poteaux métalliques sont généralement ancrés à la fondation via une platine par des tiges.

2.2.7 - Les panneaux

Les panneaux qui peuvent être absorbants ou réfléchissants sont de natures très variées. Le choix se fait en fonction des performances acoustiques recherchées, des exigences en termes de durabilité, d'entretien et de résistance et du parti architectural adopté.

Ces panneaux reposent verticalement soit de façon continue sur une semelle filante, soit ponctuellement à leurs extrémités dans le cas de massifs de fondations isolés. Horizontalement, ils sont en général fixés sur les ailes des profilés H.

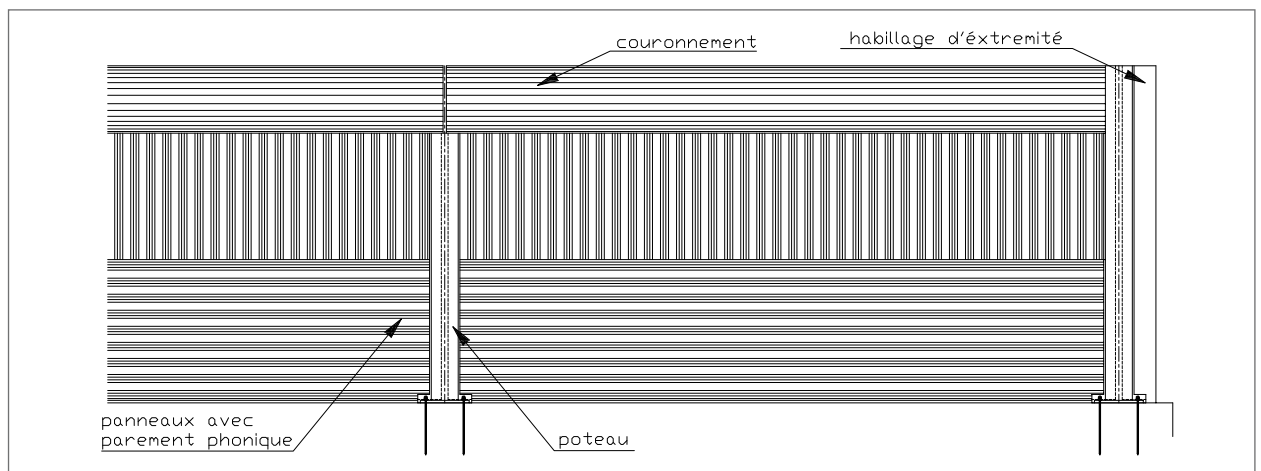


Figure 25 : Élévation type d'un panneau en béton armé reposant sur une semelle filante et maintenu entre des profilés H



2.2.8 - Les ancrages

On distingue l'ancrage des poteaux dans la fondation et la fixation des panneaux sur les poteaux.

En général le poteau est ancré sur la structure porteuse en béton armé (pieux, semelles ou longrines) par l'intermédiaire d'une platine. Celle-ci est fixée par tiges, douilles ou inserts mis en place avant coulage du béton ou par tiges scellées dans le béton après coulage (figure 26). Dans le cas du scellement, la conception du ferrailage doit tenir compte de la position des scellements ultérieurs et des précautions doivent être prises pour ne pas endommager le ferrailage en place lors de la réalisation des forages (repérage préalable par méthodes non destructives).

Les fixations sont en général sollicitées uniquement par l'effet du vent sauf si le poteau est incliné. Le nombre de tiges de fixation par poteau est en général de 4 et l'on a le plus souvent recours à des boulons normaux.

Quand le poteau est fixé directement sur des pieux de fondation, il peut être scellé directement dans le béton lors de la réalisation du pieu et l'ancrage est alors assuré par le frottement béton/acier.

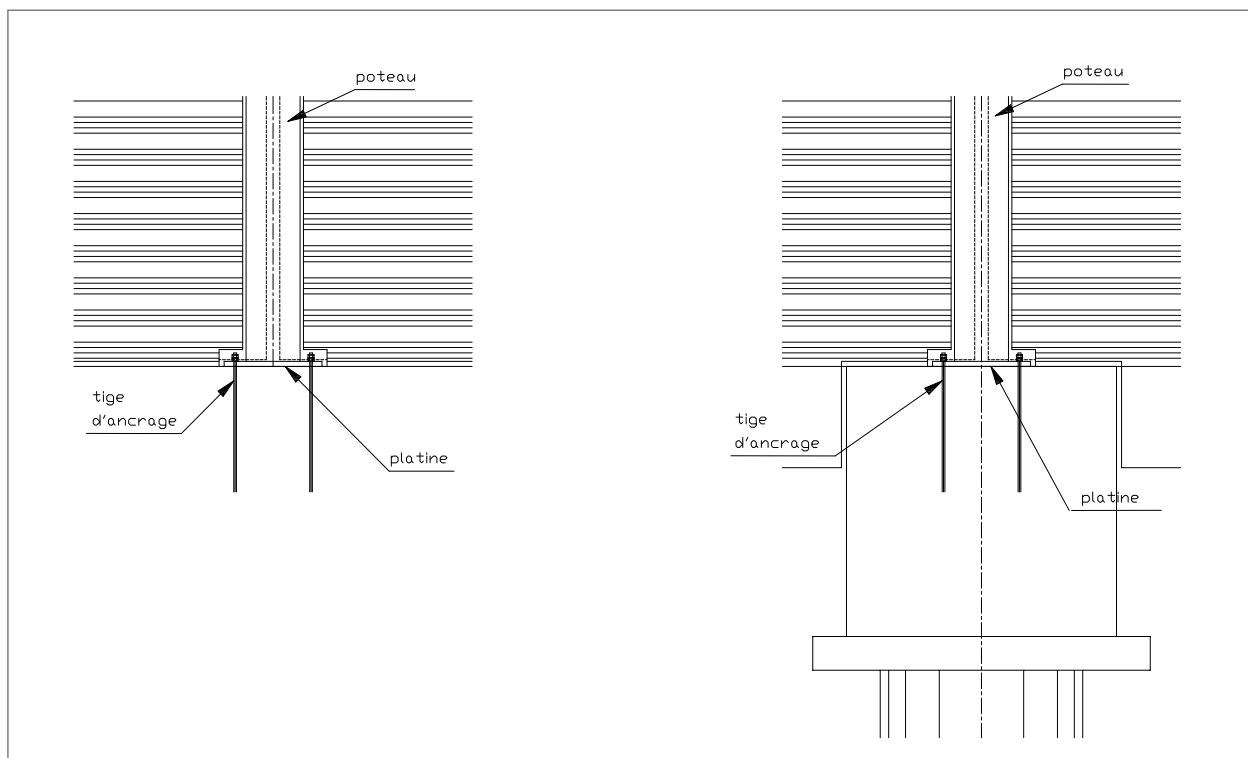


Figure 26 : Ancrage des poteaux sur le dessus d'une fondation

Lorsque l'ancrage se fait sur le parement d'un mur de soutènement existant, on dispose alors généralement deux niveaux d'ancrage. Sauf dispositions particulières, ces tiges sont sollicitées en partie en cisaillement par le poids de l'écran. Pour limiter cet effort, il peut être envisagé d'appuyer les panneaux de l'écran directement sur un couronnement en encorbellement du soutènement.

Une attention particulière doit être portée à la protection des tiges d'ancrage en vue d'assurer leur durabilité (par exemple mise en place de capuchons en plastique remplis de graisse sur les écrous et les parties émergentes des tiges).

Les panneaux, retenus par les poteaux, sont en général simplement posés sur les fondations ou longrines par l'intermédiaire d'un joint d'étanchéité compressible sans liaisons mécaniques. Ils sont enchâssés dans les profilés H puis bloqués par un système constitué, par exemple, de vérins métalliques prémontés dans les panneaux. Ce système de blocage permet également la compression du joint acoustique entre le panneau et le poteau (voir figure 27 ci-après).

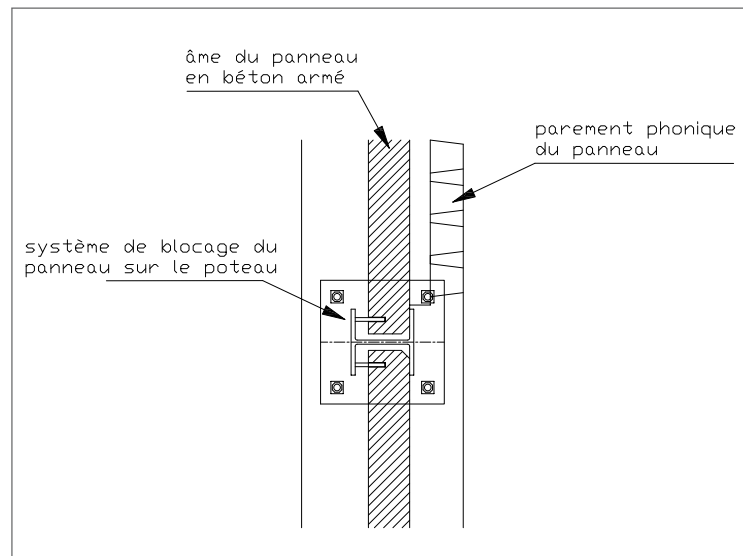


Figure 27 : Détail de la liaison panneau/poteau - Système de calage

2.2.9 - L'étanchéité acoustique

Pour assurer une parfaite étanchéité entre les éléments préfabriqués, la liaison panneau/poteau est traitée par des joints acoustiques en général en caoutchouc EPDM (éthylène-propylène-diène monomère). Il en est de même de la liaison des panneaux avec la longrine d'assise. Dans le cas de massifs de fondation isolés, la partie basse de l'écran doit être fichée dans le sol (voir figure 28).

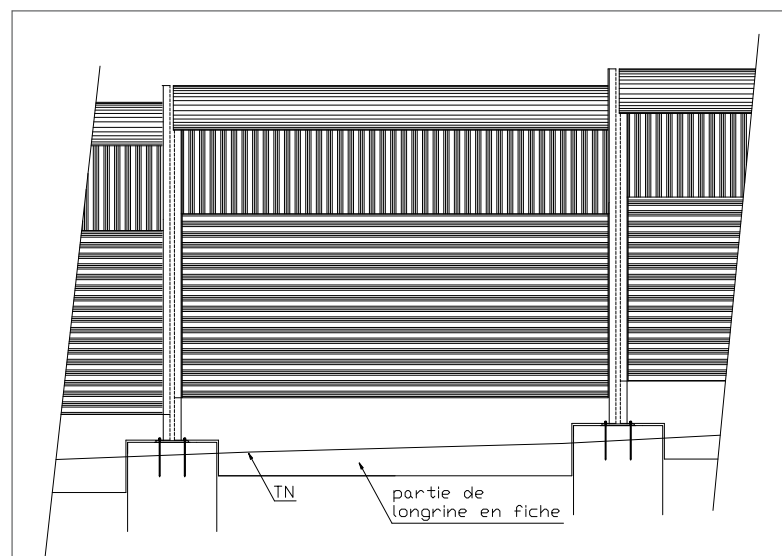


Figure 28 : Détail d'un panneau dans le cas d'une fondation sur pieu par plot - Le panneau fait office de soutènement des terres entre les plots et assure ainsi l'étanchéité acoustique

2.2.10 - Le couronnement en tête des écrans acoustiques

Pour les écrans qui ont un couronnement, celui-ci peut jouer plusieurs rôles :

- esthétique : en soulignant la partie supérieure de l'écran ;
- acoustique : en influençant les phénomènes de diffraction en tête de l'écran ;
- de protection : en protégeant le sommet de l'écran des eaux pluviales.

Le couronnement est souvent du même matériau que celui constituant les panneaux. Le choix de la forme est guidé par les exigences esthétique et acoustique (figure 29).

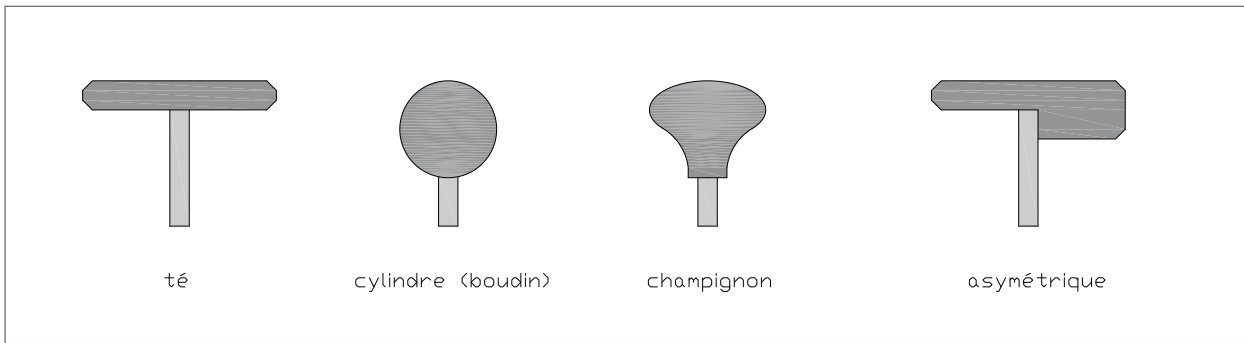


Figure 29 : Diverses formes de couronnement (selon guide Cimbéton [38])

2.2.11 - La fonction soutènement

D'une manière générale en l'absence de dénivelé entre les terres à l'avant et à l'arrière de l'écran acoustique, la fondation de l'écran ne joue pas le rôle de soutènement.

Dans le cas où le niveau des terres n'est pas le même à l'avant qu'à l'arrière, l'écran a une fonction de soutènement et la poussée des terres doit être prise en compte dans la justification de la stabilité générale de l'écran.

2.2.12 - Les équipements

Les écrans acoustiques peuvent bénéficier d'un certain nombre d'équipements :

- portes pour l'entretien ;
- portes de sécurité (tous les 500 m) ;
- bacs végétalisables ;
- treillis métalliques antigraffiti ou favorisant la végétation grimpante de type vigne vierge (figure 30), etc.

Une attention particulière est à porter sur le traitement acoustique des points singuliers tels que les portes (mis en œuvre de joints, etc.).

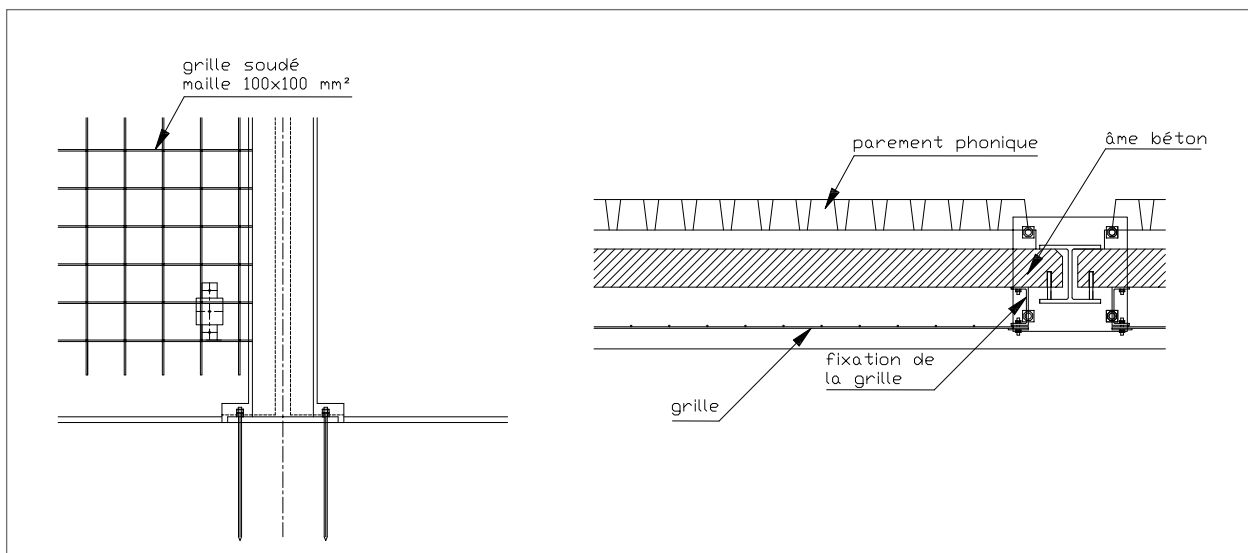


Figure 30 : Exemple de fixation d'une grille du côté des riverains pour favoriser la végétalisation

2.2.13 - L'adaptation en plan

L'adaptation de l'écran au tracé en plan de l'infrastructure ne pose en général pas de problème particulier, l'écran pouvant être technologiquement constitué de lignes brisées.



2.2.14 - L'adaptation à la pente

Les écrans acoustiques doivent s'adapter à la pente du profil en long routier. La réalisation de semelle en forte pente étant déconseillée (pente supérieure à 5 %), l'adaptation à la pente se fait en réalisant des plots de fondation à des altitudes variables (figures 31 et 32), la géométrie des panneaux devant permettre de rattraper les marches ainsi créées. Il est conseillé de limiter ces marches à des valeurs inférieures au mètre (une marche de 1 m pour un panneau de 4 m représente une pente de 25 %, ce qui est un cas de pente exceptionnel pour l'implantation d'un écran acoustique).

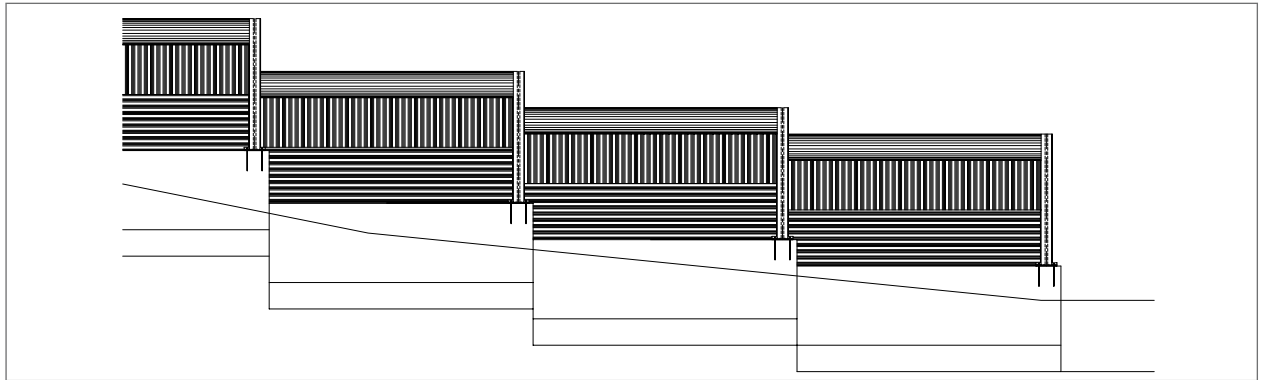


Figure 31 : Exemple de semelle superficielle en escalier - Les poteaux sont implantés à proximité de l'extrémité - la forme des panneaux assure la transition entre deux semelles et permet l'étanchéité acoustique

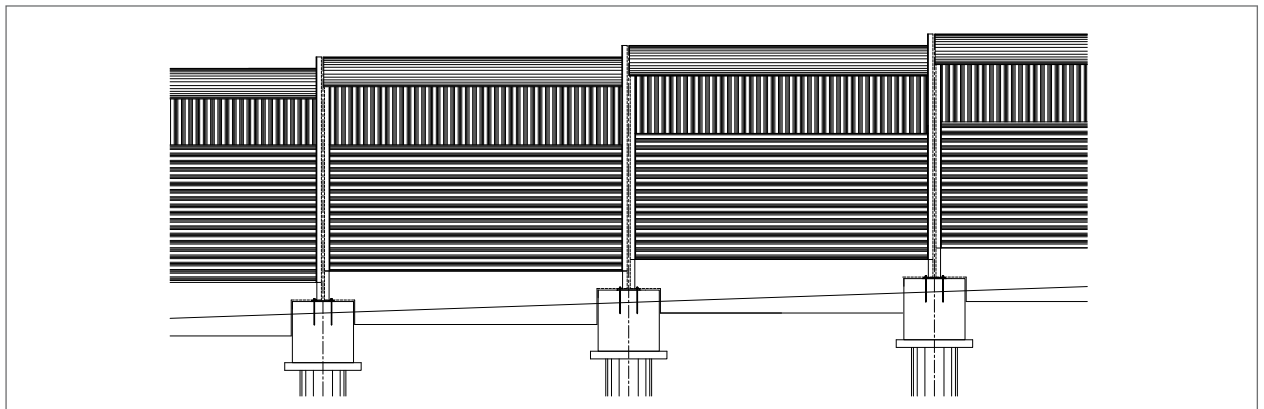


Figure 32 : Exemple de massifs de fondation isolés - La variation d'altitude se fait au droit d'un massif - La forme de l'écran permet d'absorber la différence d'altitudes entre les deux massifs (l'écran peut être composé d'une longrine de forme adaptée et d'un panneau recevant la fonction phonique de forme rectangulaire standardisée)

2.2.15 - Les extrémités / les raccordements des extrémités

L'extrémité des écrans doit être traitée dans un objectif architectural ou acoustique. Différentes possibilités peuvent être examinées :

- traitement architectural des poteaux d'extrémité ;
- création d'un mur en retour ;
- liaison de l'écran à un merlon (photo 13).

2.2.16 - Cas des écrans acoustiques intégrés à un dispositif de retenue

Il existe des procédés qui intègrent les fonctions de dispositif de retenue et d'écran phonique.

Il est rappelé que l'implantation des écrans acoustiques doit être conforme à la norme NF EN 1794-1 : l'ouvrage doit être implanté de manière à respecter la zone d'isolement du dispositif de retenue ou être considéré comme faisant partie du dispositif de retenue.

Lorsque l'écran est implanté sur un dispositif soumis au marquage CE - produits de construction, l'ensemble doit faire l'objet d'essais de choc selon la série de normes NF EN 1317 [17].



Pour les écrans sur dispositifs de retenue construits en place (en général dispositifs de retenue sans débattement), considérés comme éléments de construction et non comme produits, la position de l'écran par rapport à ce dispositif doit être conforme aux prescriptions du guide de la « Collection du guide technique GC - Barrières de sécurité pour la retenue des poids lourds - Barrières de niveau H2 ou H3 » édité par le Sétra en septembre 1999 [31]. C'est notamment le cas de l'écran acoustique implanté sur GBA élargie qui doit être incliné pour respecter la zone d'isolement (figure 33)

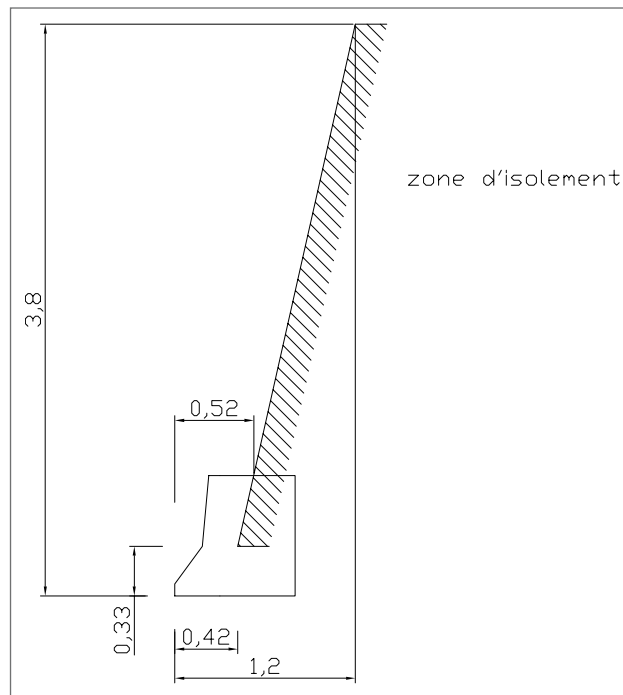


Figure 33 : Définition de la zone d'isolement d'un séparateur simple de type GBA

Il convient de vérifier la stabilité interne et externe des écrans implantés sur dispositifs de retenue vis-à-vis de l'action du vent (le comportement sous choc étant quant à lui validé par les essais de chocs). Cette vérification peut conduire à un renforcement du ferrailage interne du dispositif et à prévoir une semelle de fondation assurant la stabilité du génie civil de l'écran.

2.2.17 - Le choix des matériaux et les dispositions constructives associées

Le choix des matériaux constitutifs des écrans phoniques résulte d'une optimisation entre le coût d'investissement, la durabilité acoustique et structurale et le coût d'entretien. Ce choix doit tenir compte des particularités de l'environnement de l'écran : expositions au salage, ambiance urbaine ou industrielle, risque de vandalisme, etc.

Les prescriptions sur les matériaux alliées à des dispositions constructives adaptées doivent permettre l'atteinte de la durée d'utilisation de projet des différentes parties de l'écran, qui est généralement :

- de 100 ans pour les fondations ;
- de 50 ans pour les parties structurales en élévation des écrans (poteaux par exemple).

2.2.17.1 - Durabilité des parties en béton

La durabilité des parties en béton armé est essentiellement obtenue par le choix d'une formule de béton et d'un enrobage des aciers adaptés à la classe d'exposition. La classe de résistance du béton est davantage dictée par l'exigence de durabilité que par le besoin d'une résistance de calcul élevée. L'enrobage des éléments coffrés est généralement limité à 50 mm⁽⁹⁾ même en classe XF. Pour vérifier la condition sur l'ouverture de fissure, la combinaison quasi permanente de l'Etat Limite de Service (ELS) est utilisée, ce choix est légitimé par le fait que le vent fréquent contribue très peu à la variation d'ouverture de fissure. Ce critère est alors non dimensionnant.

(9) La mise en oeuvre du béton extrudé des glissières en béton armé peut nécessiter un enrobage de 7 cm permettant le passage des vibreurs.



Le tableau ci-dessous propose des classes d'exposition selon les normes NF EN 206/CN, NF EN 1992-1-1 et NF EN 1992-2 en fonction de la distance de l'écran au bord de la première voie et du type de salage. Il ne traite pas du cas de l'exposition aux embruns marins qui doit faire l'objet d'une analyse spécifique.

Classes d'exposition				
	XC	XD	XF	XA
Fondations enterrées				
Gel faible ou modérée	XC2	XD2*		selon analyse du sol
Gel sévère	XC2	XD2*	XF3	
Socles et structures				
Gel faible ou modérée	XC4	XD1 ou XD3*	XF1 ou XF2*	
Gel sévère	XC4	XD1 ou XD3*	XF3 ou XF4*	
Ecrans acoustiques côté route				
Gel faible ou modérée	XC4	XD1 ou XD3*	XF1 ou XF2*	
Gel sévère	XC4	XD1 ou XD3*	XF3 ou XF4*	
Ecrans acoustiques côté riverain				
Gel faible ou modérée	XC4		XF1	
Gel sévère	XC4		XF3	

* si très exposé aux sels (moins de 6 m d'une voie circulée soumise à un salage fréquent ou très fréquent)

Tableau 3 : Classes d'exposition au sens de la norme NF EN 206/CN proposées pour les différentes parties d'un écran acoustique en fonction de la distance de la voie la plus proche et du salage de la voie (hors contraintes particulières du site)

Il est nécessaire de compléter ces classes d'expositions par celles adaptées :

- à la prévention de la réaction sulfatique interne en application du guide technique « Recommandations pour la prévention des désordres dus à la réaction sulfatique interne » publié par le LCPC en août 2007 [35] ;
- à la prévention des phénomènes d'alcali-réaction en application du fascicule de documentation FD P18-464 « Béton - Dispositions pour prévenir les phénomènes d'alcali-réaction » publié en avril 2014 [28].

Vis-à-vis de la réaction sulfatique interne, les classes d'expositions retenues seront généralement XH3 pour les éléments de fondations enterrés et XH2 pour les éléments de structures en élévation.

Vis-à-vis des phénomènes d'alcali-réaction, les classes d'exposition seront généralement XAR2 ou, pour les éléments exposés aux fondants salins, XAR3.

Pour la définition du niveau de prévention contre ces désordres, le génie civil des écrans est classé en catégorie d'ouvrage II (selon les références [28] et [35]) correspondant à des ouvrages dont les conséquences d'un endommagement sont peu tolérables.

2.2.17.2 - Durabilité des parties en acier

Pour les structures de fondation en acier mises directement au contact du sol, il convient de prendre en compte, pour la justification structurelle, une épaisseur sacrifiée à la corrosion adaptée à l'agressivité du sol.

Concernant les parties en élévation en acier, les mauvais retours d'expérience des glissières sur A4 et des écrans de l'A6b en acier autopatinable poussent à refuser ce type d'acier pour les écrans acoustiques. Une mise en peinture des parties visibles en acier doit impérativement être demandée.



Le tableau ci-dessous propose des classes de corrosivité du fascicule 56 du CCTG en fonction de la distance de l'écran au bord de la première voie et du type de salage pour le choix de la protection anticorrosion. Il ne traite pas du cas de l'exposition aux embruns marins qui doit faire l'objet d'une analyse spécifique.

Distance de l'écran à la voie la plus proche	Salage peu fréquent ($n < 10$ jrs/an)	Salage fréquent ($10 \text{ jrs/an} \leq n < 30 \text{ jrs/an}$)	Salage très fréquent ($n \geq 30$ jrs par an)
< 3 m	C3	C4	C5 m
3 m < d < 6 m	C2	C3	C4
> 6 m	C2	C2	C3

Tableau 4 : Classes de corrosivité au sens du fascicule 56 du CCTG proposées pour les écrans acoustiques en fonction de la distance de la voie la plus proche et du salage de la voie (hors contraintes particulières du site)

2.2.17.3 - Durabilité des parties en bois

Concernant les parties en bois, le choix de l'essence doit permettre au minimum une utilisation en classe d'emploi 3 selon la norme NF EN 335 [22] pour une durée de vie en service visée de 25 ans. Lorsqu'une plus grande durabilité est recherchée, une aptitude à l'utilisation en classe d'emploi 4 est recommandée.

2.3 - Les contraintes du projet

2.3.1 - L'atteinte des objectifs acoustiques

Les objectifs acoustiques de la protection fixent des contraintes en termes de hauteur, de longueur, d'implantation et de choix du type d'écran (absorbant, réfléchissant).

2.3.2 - Les contraintes d'insertion architecturale et paysagère

Ces contraintes dépendent du site, de la proximité de l'habitat, du devenir de la zone située entre l'écran et l'habitat. Elles peuvent conduire à des partis différenciés entre le côté route et le côté riverains de l'écran.

2.3.3 - Les contraintes environnementales

L'évaluation environnementale réalisée lors des études doit permettre d'identifier les différentes contraintes en phase chantier et en service pesant sur la réalisation des écrans phoniques, on peut notamment citer :

- l'évaluation de la vulnérabilité des aquifères ;
- la préservation des écoulements superficiels (cours d'eau, canaux) ;
- le respect des servitudes liées à l'usage de l'eau (zones inondables, SDAGE⁽¹⁰⁾, etc.) ;
- la préservation du milieu naturel (espèces remarquables ou protégées) ;
- le respect du cadre de vie (qualité de l'air, nuisances sonores, etc.) ;
- la prise en compte de risques particuliers (installations classées, plan de prévention des risques technologiques).

2.3.4 - Les contraintes d'urbanisme et de préservation du patrimoine

Les écrans phoniques sont généralement implantés dans des zones d'habitat dense et par nature fortement contraintes. Le projet doit tenir compte des différentes contraintes patrimoniales ou liées à l'aménagement urbain, on peut citer :

- le respect ou aménagement des documents d'urbanismes (POS⁽¹¹⁾, PLU⁽¹²⁾, SCOT⁽¹³⁾, etc.) ;
- la préservation du patrimoine (potentiel archéologique, monuments historiques).

(10) Schéma Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux.

(11) Plan d'Occupation des Sols.

(12) Plan Local d'Urbanisme.

(13) Schéma de Cohérence Territoriale.



2.3.5 - Les contraintes d'implantation

Ces contraintes sont particulièrement prégnantes pour l'aménagement de protections phoniques le long des infrastructures existantes. L'implantation d'un écran est fonction des espaces disponibles dans l'emprise routière et des possibilités d'acquisition et d'expropriation. Ces contraintes peuvent directement influencer le mode de fondation des écrans.

Les écrans doivent impacter au minimum les fonctionnalités de l'infrastructure, il convient en particulier de s'assurer du respect des largeurs de fonctionnement des dispositifs de retenue, de la zone d'isolement et des cônes de visibilité.

2.3.6 - Les contraintes de réalisation

Là encore, ces contraintes concernent essentiellement les infrastructures existantes où la question des emprises, des accès et de la gêne à l'exploitation de la route est fondamentale. Elles peuvent avoir un impact sur le mode constructif de l'écran.

Concernant l'accès pour la réalisation de l'écran, il peut être réalisé depuis l'infrastructure routière ou depuis les zones riveraines et nécessiter dans ce cas la création de pistes de chantier et des occupations temporaires de ces zones. Les études de projet doivent définir les neutralisations éventuellement nécessaires, leur ampleur et leur durée.

2.3.7 - Les contraintes liées aux réseaux et aux ouvrages existants

Dans le cas des infrastructures existantes, l'implantation de l'écran doit tenir compte de la présence de réseaux et permettre le maintien de la continuité de l'éventuel assainissement. Ces contraintes peuvent influencer le choix du mode de fondation de l'écran. Les études de projet doivent évaluer les possibilités de déplacement temporaire ou définitif des réseaux. Les travaux à proximité de réseaux existants font l'objet d'une réglementation abondante dans le Code de l'Environnement (Livre V - Titre V - chapitre iv), complétée par différents arrêtés ministériels.

Au sujet des réseaux existants, le dossier de consultation des entreprises doit comprendre :

- les déclarations de projet de travaux (DT) faites par le maître d'ouvrage aux exploitants concernés et leurs réponses ;
- la catégorie du réseau (réseau sensible ou non) et les classes de précisions de leur localisation.

La présence d'ouvrages d'art (ponts, murs de soutènement, etc.) nécessite des études particulières portant sur le mode de fixation des écrans et sur le fonctionnement en interaction de l'ouvrage d'art avec l'écran phonique. La présence d'écrans phoniques préexistants peut aussi impacter l'aménagement (étude des possibilités de réutilisation des fondations, etc.).

2.3.8 - Les contraintes géotechniques

Le contexte géotechnique a un impact direct sur le mode de fondation des écrans et donc sur le coût de l'aménagement et la durée des travaux.

2.3.9 - Les contraintes d'entretien ultérieur

Ces contraintes sont notamment dictées par les choix du maître d'ouvrage exploitant de l'infrastructure routière. Elles peuvent influencer le choix des matériaux (durabilité, facilité d'entretien ou entretien limité, etc.) et des aménagements paysagers (plantations, etc.) et imposer des aménagements spécifiques (portes d'accès pour l'entretien, dispositifs antigraffitis, etc.).



2.4 - Le phasage des travaux

Cette partie présente, à titre d'illustration, un phasage type des travaux d'aménagement d'une protection phonique en rive d'une infrastructure routière existante :

- 1) Période de préparation - installation de chantier :
 - Études
 - Préparation des accès chantier
 - Réalisation des zones d'installation de chantier clôturées
- 2) Travaux préparatoires :
 - Protection, signalisation vis-à-vis des voies circulées, neutralisations éventuelles
 - Dépose éventuelle de clôtures, glissières, etc.
- 3) Déboisement :
 - Abattage, dessouchage, débroussaillage
 - Décapage de la terre végétale, création des rampes d'accès et des plateformes de travail
- 4) Réalisation des fondations :
 - Déplacement des réseaux (provisoire ou définitif)
 - Réalisation des fouilles, des forages, des blindages éventuels
 - Réalisation des fondations (pieux, semelles filantes, plots préfabriqués, etc.)
- 5) Réalisation des parties en élévation et des aménagements de raccordement :
 - Fixation des poteaux, des panneaux, du couronnement
 - Réalisation des talutages, reprofilages
- 6) Suppression des plateformes et aménagements
 - Déblai de la plateforme et des rampes
 - Suppression des blindages
 - Aménagement côté routier : plateforme, réseaux, équipements, dispositifs de retenue, aménagements paysagers, réalisation de tranchées drainantes
 - Aménagement côté riverains : végétalisation, aménagements paysagers, etc.
- 7) Repli des installations de chantier
 - Dépose des installations et clôtures chantier et des protections
 - Remise en place des clôtures routières
 - Nettoyage du site



3 Justification des écrans acoustiques routiers

3.1 - Généralités et principales règles spécifiques

Les écrans acoustiques doivent faire l'objet de justifications au même titre que les autres structures de génie civil. Le principe de ces justifications est basé sur la fiabilité des structures vis-à-vis de différents critères :

- les états limites ultimes qui concernent la sécurité des personnes et de la structure et qui pour un écran acoustique correspondent essentiellement à la limite d'équilibre statique et à la limite de résistance ;
- les états limites ultimes accidentels qui concernent la robustesse des structures et correspondent essentiellement dans le cas des écrans acoustiques à la prise en compte de situations accidentelles avec des parties d'écran absentes ;
- les états limites de service qui concernent surtout le fonctionnement de la structure et sont définis par diverses limitations appropriées telles que la limitation des déformations de l'écran ou la limitation de la largeur d'ouverture des fissures pour la maîtrise de la fissuration des éléments en béton armé.

Les Eurocodes s'appliquent à l'ensemble des éléments constituant les écrans acoustiques. Ces écrans ne sont pas considérés comme des ponts. Il convient d'appliquer les parties 1 - 1 : « Règles générales et règles pour les bâtiments » de chaque Eurocode concerné.

Le présent guide propose des règles de justification spécifiques aux écrans qui sont résumées ci-dessous, elles sont détaillées dans la suite du chapitre.

Règles spécifiques aux écrans acoustiques :

Pour les écrans implantés dans des remblais routiers, en l'absence d'essais, on considère une pression limite nette égale à 1 MPa pour les remblais routiers neufs et égale à 0,5 MPa pour les remblais routiers existants. Les merlons ne sont pas considérés comme des remblais routiers mais une valeur de 0,5 MPa pourra néanmoins être retenue.

Pour les justifications des fondations superficielles, des adaptations à la norme NF P94-261 [6] sont proposées, elles concernent les coefficients partiels pour la résistance en portance et au glissement et le critère de vérification de la limitation de l'excentrement de la charge à l'ELS quasi permanent.

	Norme NF P94-261	Adaptations proposées pour le génie civil des écrans acoustiques
Facteur partiel de résistance $\gamma_{R,v}$ sur la portance à l'ELU pour les situations durables et transitoires	1,4	1,2
Facteur partiel de résistance $\gamma_{R,v}$ sur la portance à l'ELU pour les situations accidentelles	1,2	1,0
Facteur partiel de résistance $\gamma_{R,v}$ sur la charge transmise à l'ELS pour les combinaisons quasi permanentes et caractéristiques	2,3	2,0
Facteur partiel de résistance $\gamma_{R,h}$ sur le glissement à l'ELU pour les situations durables et transitoires	1,1	0,9
Facteur partiel de résistance $\gamma_{R,h}$ sur le glissement à l'ELU pour les situations accidentelles	1,0	0,85
Critère sur l'excentrement de la charge à l'ELS pour les combinaisons quasi permanentes	1-2. e / B \geq 2/3	1-2. e / B \geq 1/2

Tableau 5 : Synthèse des adaptations à la norme NF P94-261 pour la justification des semelles superficielles des écrans acoustiques



Pour la justification des parties en élévation, il est recommandé de limiter, dans les calculs, la limite élastique des poteaux et des platines à 235 MPa. Pour la justification des tiges d'ancrage dans le béton, il est recommandé de limiter dans les calculs la résistance à la rupture à 500 MPa et la limite élastique à 400 MPa pour se prémunir des risques de fatigue même en cas d'utilisation de classes de qualité supérieures. En pratique, il est recommandé, pour ces tiges, l'utilisation de classes inférieures ou égale à la classe 5.6 ou l'utilisation de la classe 8.8 en limitant les paramètres de calcul aux valeurs citées ci-avant.

3.2 - Hypothèses générales

La note d'hypothèses relative à la justification d'un écran acoustique aborde le plus généralement les points suivants :

a) Description de l'écran - Géométrie de calcul

La géométrie de calcul de l'écran doit être décrite, il s'agit de définir la coupe transversale étudiée en précisant :

- la hauteur de l'écran ;
- la géométrie générale de l'écran (inclinaison essentiellement) ;
- la géométrie des panneaux notamment épaisseurs des éléments constitutifs ;
- l'espacement des poteaux et leur géométrie ;
- la géométrie de la fondation et sa profondeur d'assise ;
- le niveau du terrain naturel après travaux et la présence éventuelle d'un talus (distance de la fondation au bord de talus et pente du talus) ;
- le niveau du terrain naturel dans l'environnement du mur (donnée permettant de déterminer la hauteur de référence de l'écran pour la détermination de l'action du vent) ;
- la distance de l'écran aux voies circulées.

b) Référentiel et données du projet

Le référentiel des justifications est basé sur les Eurocodes, la norme NF EN1794-1 et les recommandations du présent guide. Les principales données du projet sont généralement fixées dans le programme de l'opération, elles concernent :

- la durée d'utilisation de projet des différentes parties de l'écran, il est possible de retenir des durées différentes par partie ;
- la région de vent ;
- la rugosité du terrain ;
- la zone de neige ;
- les classes d'exposition (ou les éléments permettant leur détermination comme le niveau de salage, la zone de gel, l'agressivité atmosphérique voire l'agressivité des sols) ;
- les charges d'exploitation circulant à proximité du mur (désignation du modèle de charge, distance des voies à l'écran, vitesse de référence des véhicules).

c) Matériaux

Les caractéristiques des matériaux nécessaires à l'établissement des calculs de justification sont :

- pour les bétons : la classe de résistance et l'enrobage des armatures compte tenu des classes d'exposition ;
- pour les armatures : la limite élastique, (armatures de nuance B500B dans le cas général), les limitations de contrainte en lien avec les ouvertures de fissures retenues selon les classes d'exposition définies dans la norme NF EN 1992 1 - 1 « règles générales » ;
- pour les aciers de charpente des poteaux : le type de profilés (HEA, etc.), l'acier utilisé (en général S235) ;
- pour les tiges et les platines d'ancrage : désignation du diamètre (ex : M 20), de la classe de qualité (ex : 5.6) ;
- pour les platines : définition de la nuance, en général S235, de l'épaisseur, de l'entraxe des trous ;
- pour le sol : il s'agit de préciser les paramètres permettant de justifier les fondations :
 - catégorie de sol,
 - caractéristiques de résistance du terrain : pression nette limite équivalente, facteur de portance k_p , hauteur d'encastrement équivalente dans le cas de l'adoption d'une méthode pressiométrique,
 - raideur sous sollicitation axiale,
 - agressivité du sol : à préciser selon la nature du matériau mis en œuvre au contact de la fondation.



Pour tous ces matériaux, la masse volumique est précisée pour permettre l'estimation de l'effet des actions permanentes. Pour les matériaux de l'écran, le poids mouillé doit être précisé.

d) Actions et combinaisons d'actions

Les actions à prendre en compte sont principalement les actions de poids propre et de vent. Pour les actions permanentes, il s'agit essentiellement de déterminer les effets pondéraux à partir des volumes mis en jeu et des masses volumiques. Pour le vent, il s'agit de déterminer la pression caractéristique appliquée à l'écran en fonction de la hauteur de référence. Cette détermination est à faire pour chaque zone de l'écran en fonction des facteurs de forme qui sont variables sur la longueur de l'écran. La pression obtenue est comparée à la pression dynamique liée à la circulation des véhicules à proximité de l'écran.

Pour un écran acoustique ne jouant aucun rôle de soutènement, on pourra considérer que les charges d'exploitation n'ont pas d'effet sur les fondations (corps de chaussée relativement rigide limitant les poussées).

Les combinaisons d'actions considérées pour le projet sont les situations durables et transitoires, déclinées en combinaisons ELS quasi permanent, ELS fréquent, ELS caractéristique et ELU fondamental et les situations accidentelles déclinées en combinaisons ELU accidentel. On considérera notamment pour les situations transitoires, la situation où tout panneau peut être un panneau d'extrémité et sollicité par un vent associé à une durée et une période de retour en cohérence avec la durée du chantier et pour les situations accidentelles, le cas où tout panneau en service peut devenir un panneau d'extrémité (défaillance d'un panneau quelconque) pour éviter une défaillance en chaîne.

e) Modélisation et justifications

La note d'hypothèses précise la méthode retenue pour l'analyse de la structure. Dans le cas classique d'écrans rigides sur semelle de fondation superficielle, le modèle d'analyse est simple, le système mécanique étudié pouvant être décomposé en systèmes isostatiques simples. Pour la détermination des contraintes sous la fondation, la semelle peut généralement être considérée comme rigide et il est alors possible d'envisager une répartition des contraintes de forme trapézoïdale. Dans le cas de fondation sur pieux, le modèle doit mettre en œuvre des lois d'interaction sol/pieux sous l'action des sollicitations axiales.

La méthode de justification, d'une manière générale, consiste d'abord à effectuer l'analyse structurale pour déterminer les sollicitations de calcul, mais aussi d'autres grandeurs caractéristiques comme les contraintes, les déformations, etc. Ceci s'effectue avec l'introduction dans les modèles de calcul de la structure, des actions et des combinaisons d'actions définies pour l'état limite considéré et le phénomène dont on souhaite étudier l'influence. On compare ensuite les résultats obtenus à partir de cette analyse à des valeurs qui caractérisent l'atteinte de l'état limite associé au phénomène étudié.

3.3 - Actions et combinaisons d'actions sur les écrans acoustiques

3.3.1 - Les actions permanentes

Les actions permanentes ou quasi permanentes sont « de longue durée ». D'une façon générale, elles regroupent les actions imposées ayant un caractère permanent. Nous présentons ci-après les principales actions s'appliquant au génie civil des écrans acoustiques.

3.3.1.1 - Les actions de poids propre de la structure

Les actions proviennent du poids des éléments résistants (ossature) et des éléments pesants n'intervenant pas systématiquement dans la résistance (équipements, poids des terres, action de l'eau, etc.).

Les charges de poids propre sont évaluées à partir des densités des matériaux de construction par référence aux tables officielles et aux fiches des fournisseurs, notamment pour les matériaux acoustiques spécifiques aux écrans. Lorsque des éléments constituant l'écran peuvent absorber de l'eau, le poids mouillé constitue une donnée importante dans la conception à la fois des éléments et des structures de soutien (NF EN 1794-1 Annexe B B.1).

Les charges permanentes sont calculées suivant les principes ci-dessus à partir des dimensions nominales et des poids volumiques ρ_v moyens. La variabilité de l'action de poids propre liée aux incertitudes sur la géométrie, sur la densité et à la variation dans le temps de cette densité est prise en compte par l'intermédiaire de coefficients de pondération χ_{sup} et χ_{inf} . Certaines valeurs sont prédéfinies par l'EC1-1-1, annexe A :



Matériau	pv en kN/m ³	Références	χ_{sup}	χ_{inf}	Références
Béton non armé	24,00	EC1-1-1 A	1,00	1,00	EC1-1-1 5.2.3
Béton armé	25,00		1,00	1,00	
Béton armé frais	26,00		1,00	1,00	
Acier de charpente	77,00		1,00	1,00	
Enrobés	24,00		1,40	0,80	
Etanchéité	24,00		1,40	0,80	
Autres équipements	-		1,00	1,00	

Tableau 6 : Valeurs caractéristiques des charges permanentes.

On rappelle l'ordre de grandeur du poids volumique de quelques matériaux d'écran :

- béton de bois : de 650 à 950 kg/m³ (poids secs), mais il convient également de connaître la densité saturée en eau ;
- méthacrylate : 1200 kg/m³.

3.3.1.2 - Charges et interactions sol-structure

Les actions dues au sol peuvent se traduire par :

- des effets pondéraux ;
- des effets de poussée (rupture du sol) ;
- des effets liés à des déplacements d'ensemble du sol (poussée latérale ou frottement négatif).

3.3.1.2.1 - Actions de poids du sol

D'une manière générale, les actions du sol d'origine pondérale sont évaluées à partir des volumes de sol mis en jeu et du poids volumique de celui-ci. Le poids volumique du sol est déterminé de la façon suivante :

- pour les sols rapportés, sauf circonstances particulières, leur poids volumique est de l'ordre de 20 kN/m³ (il varie généralement de 18 kN/m³ à 22 kN/m³) ;
- pour les sols en place, les poids volumiques peuvent être évalués à l'aide de différentes mesures *in situ* ou en laboratoire (après prélèvements).

On adopte en général une valeur unique pour le poids volumique :

Action	pv en kN/m ³	χ_{sup}	χ_{inf}	Références
Poids des remblais	20	1,00	1,00	AN ECO A2

Tableau 7 : Valeur caractéristique de la masse volumique du sol et coefficients d'incertitude pour le calcul de l'effet des terres

3.3.1.2.2 - Actions de poussée du sol

Sauf cas particulier où l'écran joue le rôle de soutènement (dénivelé entre les niveaux de terre à l'avant et à l'arrière de l'écran), il n'y a pas lieu de considérer d'action de poussée du sol sur les fondations des écrans acoustiques.

3.3.1.2.3 - Actions dues aux déplacements du sol

Les déplacements du sol sous une sollicitation quelconque entraînent des efforts sur l'ouvrage. Deux types d'actions sont distingués : d'une part, les poussées latérales dues à un déplacement horizontal du sol et, d'autre part, les frottements négatifs dus à un tassement du sol. Ces actions sont à déterminer selon le contexte local d'implantation de l'écran, elles n'interviennent pas dans les cas les plus courants.

3.3.1.2.4 - Actions dues à l'eau

Dans les méthodes classiques de dimensionnement, l'eau contenue dans les sols est supposée être en équilibre ou quasi-équilibre hydrostatique. Les actions de l'eau sur un écran acoustique peuvent alors être représentées sous la forme de pressions statiques appliquées directement sur la structure en fonction des niveaux d'eau de projet. Dans la majeure partie des cas, cette action n'intervient pas.



3.3.2 - Les actions variables

3.3.2.1 - L'action calculée du vent

L'Eurocode 1 partie 1-4 (noté EC1-1-4 dans la suite du texte) permet de calculer les effets du vent sur les structures. Les effets des cyclones tropicaux sont couverts par les règlements dans les DOM ; en revanche, les effets des tornades en France métropolitaine ne sont pas couverts, il se produit environ une tornade destructrice par an en France, mais la probabilité d'occurrence en un lieu donné est négligeable.

La norme NF EN 1794-1 spécifie que le vent doit être déterminé selon l'EC1-1-4 à partir des cartes nationales donnant les vitesses de base du vent ou de données plus précises en utilisant une période de référence de 50 ans.

3.3.2.1.1 - Description de l'action vent et principes de détermination des efforts

L'action du vent est définie comme une action variable « fixe » (EC1-1-4 3.3(1)). Autrement dit, l'EC1-1-4 définit une distribution spatiale fixée de l'action du vent sur la structure. Contrairement aux charges de trafic par exemple, il n'y a donc pas lieu de chercher la position la plus défavorable des charges de vent, on les positionne directement selon les indications de l'Eurocode, en pratique pour les écrans, l'action du vent s'applique sur toute la surface exposée, l'action du vent étant orientée perpendiculairement au plan de l'écran.

La détermination des efforts dus au vent sur une structure se fait en trois étapes :

- Étape 1 : Détermination de la vitesse moyenne du vent au niveau de la structure $v_m(z)$ fonction de la localisation de l'ouvrage, des conditions de site, de la rugosité, du bâti environnant, de la période de retour considérée et bien sûr de l'altitude de la structure ;
- Étape 2 : Détermination de la pression de pointe $q_p(z)$, pression qu'exerceraient les rafales de vent sur une plaque de petites dimensions maintenue immobile perpendiculairement à la direction du vent moyen ;
- Étape 3 : Détermination de la force exercée sur la structure, en tenant compte de la forme de la structure (coefficients aérodynamiques), de sa réponse dynamique, de ses dimensions.

3.3.2.1.2 - Étape 1 : Détermination de la vitesse moyenne au niveau de l'écran

La formule donnant la vitesse moyenne du vent au niveau de l'écran est de la forme :

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_o(z) \cdot c_{prob} \cdot c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0}$$

avec :

- $v_{b,0}$: valeur de base de la vitesse de référence du vent ;
- $c_r(z)$: coefficient de rugosité qui dépend de la catégorie de rugosité du site ;
- $c_o(z)$: coefficient d'orographie tenant compte de la topographie du terrain environnant, z est l'altitude à laquelle l'action du vent est calculée ;
- c_{prob} : coefficient de probabilité prenant en compte la période de retour considérée ;
- c_{dir} : coefficient de direction tenant compte de l'orientation de la structure par rapport aux vents dominants ;
- c_{season} : coefficient de saison lié à la période de réalisation de la situation de projet, en pratique ce coefficient est égale à 1 pour les situations de projet durables.

Le produit $c_{prob} \cdot c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0}$ représente la vitesse de référence du vent notée v_b .

Valeur de base de la vitesse de référence du vent « $v_{b,0}$ »

Une carte définit les vitesses moyennes sur le territoire de France métropolitaine et des Départements d'Outre-Mer. Il s'agit de vitesses moyennées sur 10 minutes, mesurées à 10 m du sol dans une zone de terrain plat dégagé correspondant à une catégorie de rugosité II (typiquement : les stations météo situées sur les aérodromes).

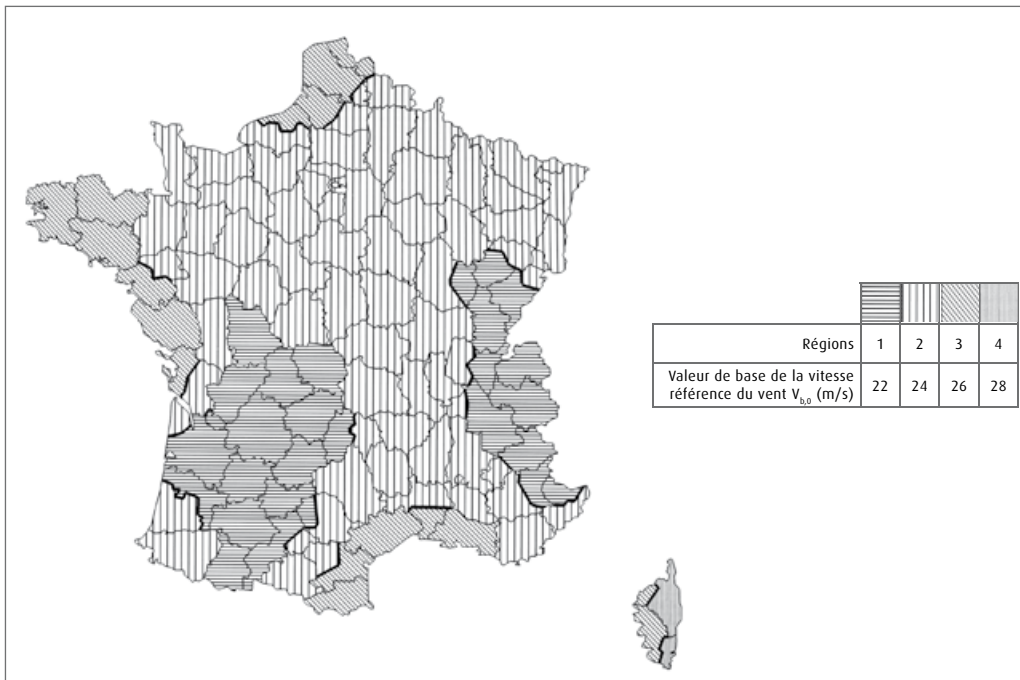


Figure 34 : Carte des vents en France métropolitaine

La carte de la France métropolitaine contient quatre zones, avec des valeurs variant de 22 m/s (80 km/h) à 28 m/s (100 km/h). Il faut donc préciser la localisation d'un ouvrage dans l'une de ces zones. (voir annexe A.1).

Vitesse de référence du vent « v_b »

La valeur de base de la vitesse de référence est ensuite modifiée pour obtenir la vitesse de référence v_b à l'aide de la relation : $v_b = c_{prob} \cdot c_{dir} \cdot c_{season} \cdot V_{b,0}$

Le coefficient « c_{prob} » prend en compte la période de retour. Il vaut 1,0 pour une période de retour de 50 ans. C'est la valeur utilisée pour les vérifications des ouvrages d'art en situation durable. En situation transitoire de construction de l'écran, ce coefficient c_{prob} peut être abaissé à une valeur de 0,88 correspondant à une durée de phase comprise entre 3 jours et 3 mois, soit une période de retour de l'action climatique comprise entre 2 ans et 5 ans (cf. 3.3.2.1.5 ci-après).

Le coefficient « c_{season} » n'est applicable qu'aux phases de durée inférieure à 3 mois [EC1-1-6 tableau 3.1 note b)]. Pour un écran acoustique, on retient donc $c_{season} = 1$.

Il convient de noter que le coefficient c_{season} et le coefficient c_{prob} sont cumulables entre eux, conformément à la note sous la figure 4.5(NA) de l'EC1-1-4/NA.

Le coefficient « c_{dir} » tient compte de l'orientation de la structure par rapport aux vents dominants. Pour un écran acoustique, aucune réduction n'est envisagée et $c_{dir} = 1$.

On peut alors associer à la vitesse v_b une pression dynamique de référence, $q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2$, où ρ est la masse volumique de l'air définie à la clause 4.5(1) Note 2 de EC1-1-4/NA : $\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$.

Avec $c_{dir} = c_{season} = c_{prob} = 1$, le tableau suivant donne la valeur de q_b pour les différentes régions de France.

	Région	$V_{b,0}$	q_b
France métropolitaine	1	22 m/s	296 N/m ²
	2	24 m/s	353 N/m ²
	3	26 m/s	414 N/m ²
	4	28 m/s	480 N/m ²
DOM	Guadeloupe	36 m/s	794 N/m ²
	Martinique	32 m/s	627 N/m ²
	Réunion	34 m/s	708 N/m ²
	Guyane	17 m/s	177 N/m ²

Tableau 8 : Valeurs des pressions dynamiques de référence en France



Catégorie de rugosité du site

La détermination de la pression dynamique du vent nécessite de fixer un paramètre essentiel : la catégorie de rugosité du site (ou catégorie de terrain), en effet la vitesse du vent est freinée par la rugosité du site. La catégorie de rugosité du site est définie par le tableau 4.1(NA) et les figures 4.6(NA) à 4.14(NA) de l'EC1-1-4/NA (voir annexe A.1).

Catégorie de rugosité du site	Type de terrain
0	Mer ou zone côtière exposée aux vents de mer ; lacs et plans d'eau parcourus par le vent sur une distance d'au moins 5 km
II	Rase campagne, avec ou non quelques obstacles isolés (arbres, bâtiments, etc.) séparés les uns des autres de plus de 40 fois leur hauteur
IIIa	Campagne avec des haies ; vignobles ; bocage ; habitat dispersé
IIIb	Zones urbanisées ou industrielles ; bocage dense ; vergers
IV	Zones urbaines dont au moins 15 % de la surface sont recouvertes de bâtiments dont la hauteur moyenne est supérieure à 15 m ; forêts

Tableau 9 : Descriptions des catégories de rugosité du site

La détermination de la catégorie de rugosité est délicate. Cette catégorie peut être différente en fonction de la direction de vent considérée. Les écrans sont généralement situés dans des zones urbaines (catégorie de terrain IIIb, voire IV). En cas de doute, il sera toujours sécuritaire de sous-estimer la rugosité.

Variation de la vitesse moyenne « v_m » en fonction de l'altitude

Connaissant la vitesse de référence v_b et la catégorie de terrain, on peut calculer la vitesse moyenne au niveau de l'écran par la relation :

$$v_m(z) = v_b \cdot c_r(z) \cdot c_o(z)$$

Le coefficient de rugosité « $c_r(z)$ » décrit le profil logarithmique de variation de la vitesse avec l'altitude. Il est donné par la clause 4.3.2(1) de l'annexe nationale EC1-1-4/NA. Sa valeur est :

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln \left[\frac{\max(z; z_{\min})}{z_o} \right]$$

avec :

z : l'altitude à laquelle l'action du vent est calculée, il s'agit de la hauteur de référence de l'écran z_e définie ci-après à l'étape 3 du calcul ;

z_o : la longueur de rugosité ;

z_{\min} : la hauteur en dessous de laquelle on considère une vitesse de vent constante ;

k_r : le facteur de terrain :

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_o}{z_{o,II}} \right)^{0,07}$$

où $z_{o,II}$ est la longueur de rugosité en catégorie de terrain II à savoir 0,05 m.

La valeur du coefficient de rugosité est donc constante pour $z < z_{\min}$.

L'annexe nationale (tableau 4.1(NA) EC1-1-4 NA) donne la valeur des paramètres de calcul selon la catégorie de terrain :

Catégorie de rugosité du site	Type de terrain	Longueur de rugosité z_o	Hauteur z_{\min}	Facteur de terrain k_r
0	Mer ou zone côtière exposée aux vents de mer ; lacs et plans d'eau parcourus par le vent sur une distance d'au moins 5 km	0,005 m	1,0 m	0,162
II	Rase campagne, avec ou non quelques obstacles isolés (arbres, bâtiments, etc.) séparés les uns des autres de plus de 40 fois leur hauteur	0,05 m	2,0 m	0,190
IIIa	Campagne avec des haies ; vignobles ; bocage ; habitat dispersé	0,20 m	5,0 m	0,209
IIIb	Zones urbanisées ou industrielles ; bocage dense ; vergers	0,50 m	9,0 m	0,223
IV	Zones urbaines dont au moins 15 % de la surface sont recouvertes de bâtiments dont la hauteur moyenne est supérieure à 15 m ; forêts	1,00 m	15,0 m	0,234

Tableau 10 : Valeurs des paramètres en fonction des catégories de rugosité de site



Le tableau suivant donne la valeur de c_r pour les différentes catégories de terrain et pour différentes hauteurs de référence d'écrans allant de 2 m à 10 m. c_r est le coefficient correcteur applicable à la vitesse de base qui traduit l'effet d'un changement de rugosité sur une structure située à 10 m de hauteur. On retrouve bien sûr une valeur de 1,0 pour la catégorie de référence II et pour une altitude de 10 m.

Coefficient c_r	Altitude z de calcul de l'action du vent (m)				
Catégorie de rugosité du site	2	4	6	8	10
0	0,969	1,081	1,147	1,193	1,229
II	0,701	0,833	0,910	0,964	1,007
IIIa	0,674	0,674	0,712	0,772	0,819
IIIb	0,645	0,645	0,645	0,645	0,669
IV	0,635	0,635	0,635	0,635	0,635

Tableau 11 : Effet d'un changement de rugosité pour une altitude z allant de 2 à 10 m

Le coefficient d'orographie « $c_o(z)$ » tient compte de la topographie du terrain environnant : pente du terrain naturel, présence d'obstacles isolés ou répartis, etc. Son évaluation, difficile, reste limitée au cas des infrastructures franchissant des collines ou des escarpements. Dans le cas général des écrans acoustiques implantés en rive d'une infrastructure routière, un coefficient de 1,0 correspondant à l'implantation d'un écran dans un terrain plat est considéré. L'implantation de l'écran au sommet d'un talus routier est alors prise en compte par le biais de la hauteur de référence de l'écran (cf. Étape 3 ci-après).

3.3.2.1.3 - Étape 2 : Détermination de la pression dynamique de pointe

Démarche complète

Les paragraphes précédents ont permis de déterminer la vitesse moyenne à l'altitude de référence sur l'ouvrage. Il faut ensuite prendre en compte la turbulence du vent pour calculer la pression dynamique. Dans le sens du vent moyen, la vitesse du vent se décompose en une partie fixe et une partie fluctuante :

$$V(t) = v_m + v(t)$$

La partie fluctuante a une valeur moyenne nulle et un écart type noté σ_v et appelé turbulence. On note $I_v(z)$ le rapport entre la turbulence et la valeur moyenne : c'est l'intensité de turbulence. Elle traduit l'importance de la turbulence du vent dans le sens de la direction moyenne du vent. Elle est nulle dans le cas d'un vent laminaire.

$$I_v(z) = \frac{\sigma_v}{v_m(z)}$$

Le passage de la vitesse moyenne à la pression dynamique de pointe se fait par la relation :

$$q_p(z) = [1+7 \cdot I_v(z)] \cdot 1/2 \cdot \rho \cdot v_m(z)^2$$

Cette expression n'est autre qu'une estimation de la valeur extrême q_{\max} de la variable aléatoire $q(t)$ pression dynamique « instantanée » du vent :

$q(t) = 1/2 \rho V(t)^2 \approx 1/2 \rho v_m^2 + \rho v(t) \cdot v_m$, fonction dont l'écart type σ_q est égal à $\rho \cdot v_m \cdot \sigma_v$ car la valeur moyenne de $v(t) \approx 0$ ($1/2 \rho v(t)^2 \approx 0$)

En supposant un facteur de pointe g égal à 3,5, comme indiqué dans la clause NF EN 1991-1-4 4.5(1) note 3, on obtient bien l'expression voulue :

$$q_{\max} = \bar{q} + g \cdot \sigma_q = \frac{1}{2} \rho \cdot v_m^2 + 3,5 \rho \cdot v_m \cdot \sigma_v = (1 + 7 \cdot \frac{\sigma_v}{v_m}) \cdot \frac{1}{2} \rho \cdot v_m^2$$



La turbulence du vent sv est définie dans le paragraphe 4.4 de l'EN 1991-1-4 et son annexe nationale :

$$\sigma_v = (k_r \cdot v_b) k_t$$

Le premier terme ($k_r \cdot v_b$) est la valeur de turbulence proposée par l'EC1-1-4. On constate que dans ce modèle la turbulence est indépendante de l'altitude car le coefficient de turbulence k_t vaut 1 dans la norme EC1-1-4. Or, comme la vitesse moyenne augmente avec l'altitude, l'intensité de turbulence diminue avec l'altitude.

L'annexe nationale a apporté deux corrections à cette valeur :

- par la réduction du coefficient de turbulence $k_t = 1 - 2 \cdot 10^{-4} (\log_{10}(z_0) + 3)^6$ où la longueur de rugosité z_0 dépend de la catégorie de terrain ;
- par la prise en compte de l'influence de l'orographie sur l'intensité de turbulence : en cas d'orographie complexe, la turbulence et la vitesse moyenne augmentent d'un même facteur $c_0(z)$, ce qui fait que l'intensité de turbulence est inchangée. Par contre en orographie marquée, la vitesse moyenne augmente d'un facteur $c_0(z)$, mais la turbulence est inchangée, d'où une réduction de l'intensité de turbulence.

L'expression de l'intensité de turbulence est donc la suivante :

$$I_v(z) = \frac{k_t}{c_0(z) \cdot \ln \left[\frac{\max(z; z_{\min})}{z_0} \right]}$$

Cette expression se simplifiant dans le cas d'une orographie « complexe » (ou en terrain plat avec $c_0(z) = 1,0$) en :

$$I_v(z) = \frac{1 - 2 \cdot 10^{-4} \cdot (\log_{10}(z_0) + 3)^6}{\ln \left[\frac{\max(z; z_{\min})}{z_0} \right]}$$

Démarche simplifiée

L'EC1-1-4 introduit un coefficient d'exposition $c_e(z)$, défini de façon conventionnelle comme le rapport entre la pression dynamique de pointe $q_p(z)$, et la pression dynamique de référence, $q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2$. L'intérêt de ce coefficient est qu'on peut le représenter sous forme d'abaque ; on peut alors obtenir directement la pression dynamique de pointe en multipliant le coefficient lu sur l'abaque par la pression de référence donnée précédemment dans le tableau des valeurs de pressions dynamiques de référence en France. Ceci n'est toutefois valable que pour $c_{dir} = c_{prob} = c_{season} = 1,0$ et $c_0(z) = 1,0$, mais ce qui reste le cas général pour les écrans. L'abaque est donné dans la figure 4.2(NA) de l'EC1-1-4/NA et est également reproduit ci après.

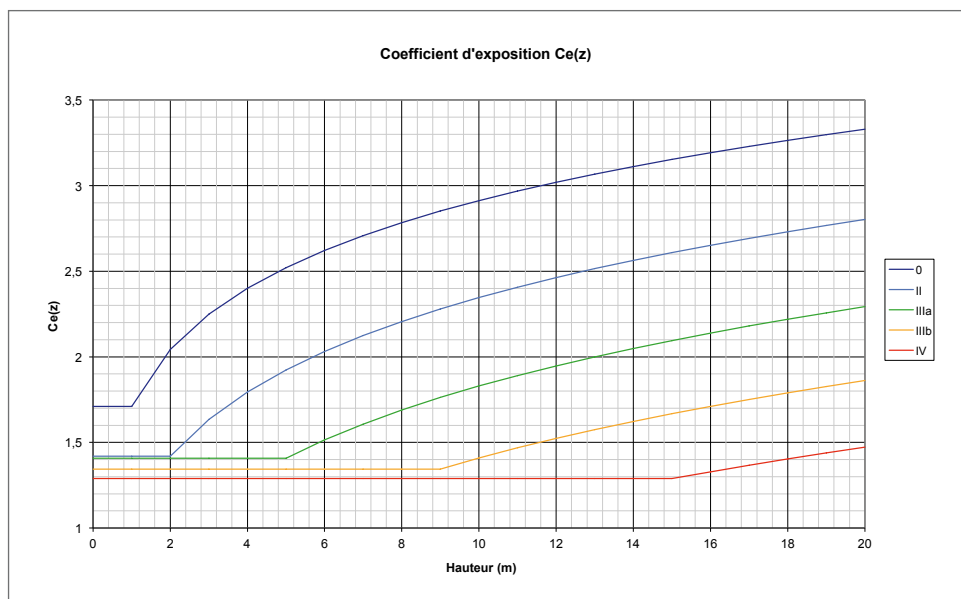


Figure 35 : Coefficient d'exposition en fonction de la catégorie de rugosité de site et de la hauteur de référence de l'écran - Valable pour $c_0(z) = 1,0$



3.3.2.1.4 - Étape 3 : Détermination des efforts sur les différentes zones d'exposition de l'écran

Au sens de l'Eurocode, les écrans peuvent être assimilés à des murs isolés (section 7.4 de l'EC1-1-4).

La valeur de la pression uniforme s'appliquant sur la hauteur de l'écran $q(z_e)$ est donnée par :

$$q(z_e) = c_s c_d \cdot c_f \cdot q_p(z_e)$$

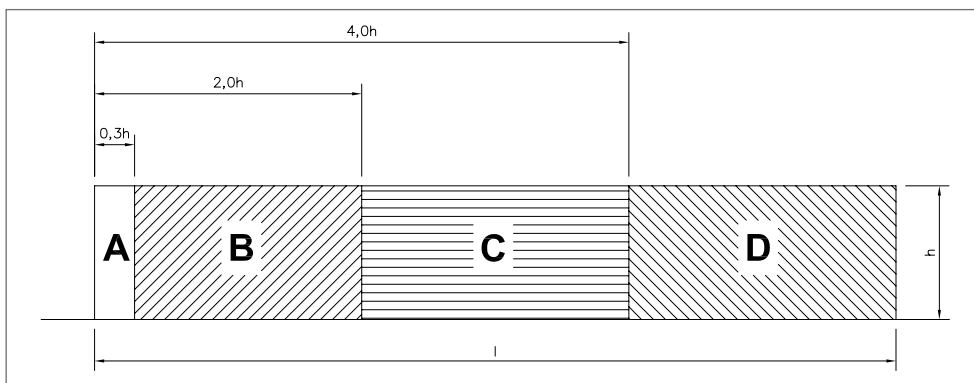
avec :

- $c_s c_d$: coefficient structural de l'écran ;
- c_f : coefficient de pression résultante (trainée) ;
- q_p : pression dynamique de pointe ;
- z_e : hauteur de référence de l'écran.

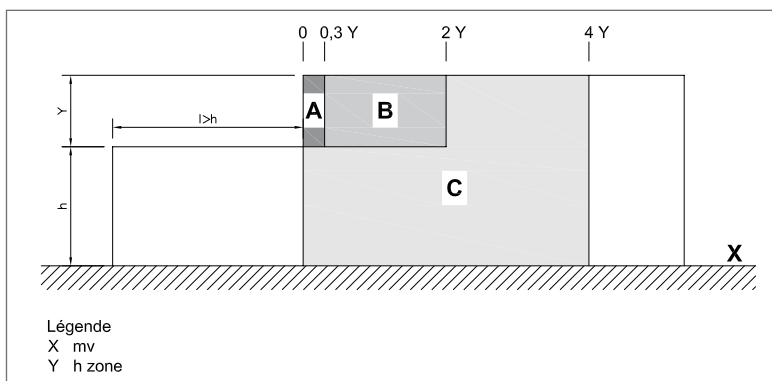
Pour déterminer les paramètres du calcul, on adopte les principes suivants :

Pour le coefficient structural de l'écran $c_s c_d$: on retient $c_s c_d = 1$ (écran rigide) dès lors que les critères de déformation de l'écran sous vent calculé respectent les exigences de la norme NF EN 1794-1.

Pour le coefficient de pression résultante (trainée) c_f : quelle que soit l'implantation du mur, on retient les principes de la norme EN 1794-1 annexe A qui sont cohérents avec la clause 7.4.1(1) de la EC1-1-4 pour le cas d'un écran dont la longueur est au moins égale à 10 fois la hauteur, ce qui est le cas le plus général des écrans acoustiques. La norme NF EN1794-1 définit ainsi un facteur de forme noté c_{index} correspondant au coefficient de pression $c_{p,net}$ de l'EC1-1-4. Ce facteur est fonction des dimensions de l'écran et de la position des panneaux dans l'écran. On prend donc : $c_f = c_{index}$. Les figures A.1 et A2 et le tableau A.1 de la norme NF EN 1794-1 donnent le principe de détermination de c_{index} .



Dimensions des zones pour un dispositif de réduction du bruit de hauteur constante (figure A1 de EN 1794-1)



Dimensions des zones pour un dispositif de réduction du bruit dans lequel il y a des différences de hauteur sur la longueur (figure A2 de EN 1794-1)

Figure 36 : Dimensions des zones d'un écran acoustique selon figures A.1 et A.2 de EN 1794-1



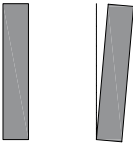
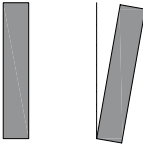
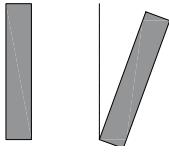
Zone d'écran	c_{index} pour les écrans verticaux	Ajouts à c_{index} pour les écrans non verticaux	
			
	Pour $\alpha < 5^\circ$	Pour $5^\circ < \alpha < 10^\circ$	Pour $\alpha = 20^\circ$
A	3,4	0,1	0,2
B	2,1		
C	1,7		
D	1,2		

Figure 37 : Facteur de forme selon tableau A.1 de EN 1794-1

Pour des angles d'inclinaison α compris entre 10° et 20° , une interpolation linéaire est faite sur les valeurs données par le tableau.

Si l'écran est en forme de T (présence d'un large couronnement), il convient de rajouter 0,1 aux facteurs de forme du tableau.

Nota : Pour la zone B, on retient un coefficient de 2,1 conformément à l'EN 1991-1-4 7.4.1 tableau 7.9 au lieu du coefficient erroné de 2.8 donné par l'EN 1794-1.

Pour la hauteur de référence z_e de l'écran : il est proposé d'appliquer la clause 7.4.1(2) de l'EC1-1-4. Cette hauteur de référence est la distance entre le niveau du sol environnant et le dessus de l'écran (cas des acrotères de bâtiment traité par la figure 7.6 de la clause 7.2.3 de l'EC1-1-4). Elle est utilisée pour la détermination de la pression dynamique de pointe.

Par tronçon homogène d'écran, défini par le projeteur, on retient la plus grande hauteur de référence pour déterminer l'action sur l'ensemble du tronçon.

Les figures ci-après proposent des exemples de détermination simplifiée de z_e pour différentes implantations types :



- cas d'un écran implanté en terrain plat



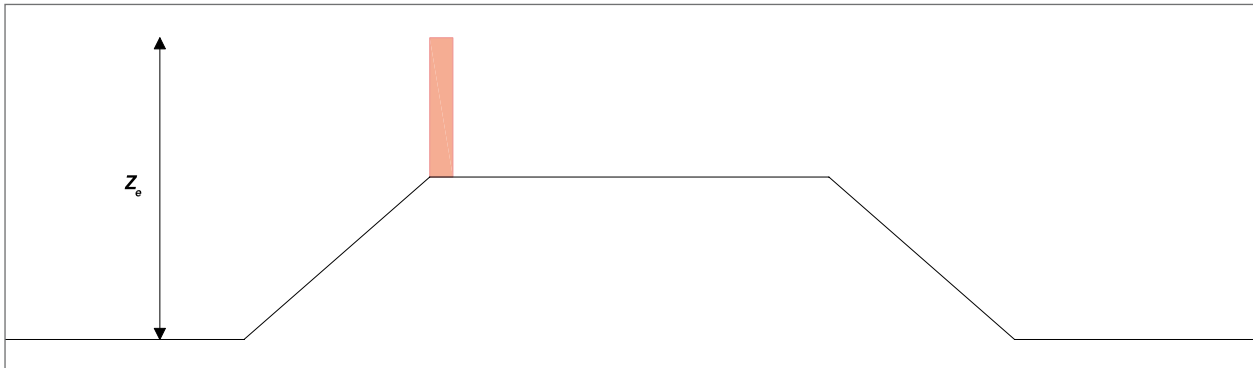
- cas d'un écran en rive de chaussée dans une section routière en déblai par rapport au terrain environnant



- cas d'un écran implanté en crête de talus dans une section routière en déblai par rapport au terrain environnant



- cas d'un écran implanté en crête de talus dans une section routière en remblai par rapport au terrain environnant



- cas d'un écran implanté sur un mur

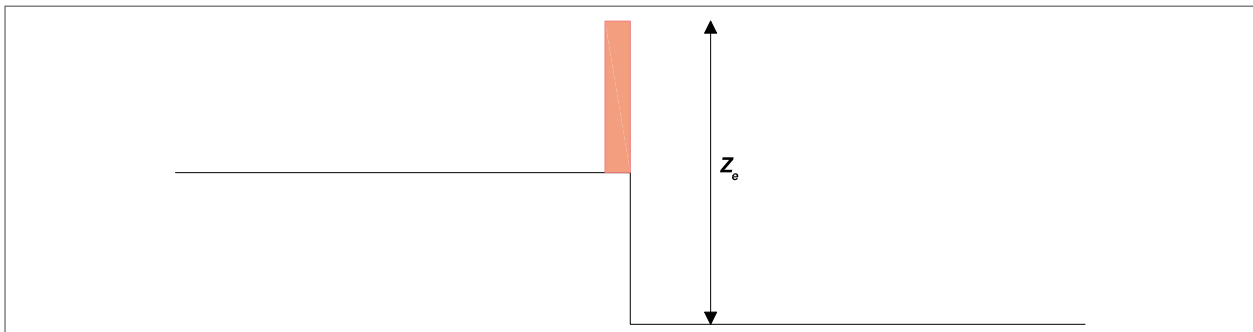


Figure 38 : Détermination de z_e pour différentes configurations d'implantation d'écrans acoustiques



En fonction de la géométrie de l'écran, le projeteur détermine la répartition des effets du vent sur les différentes parties structurales de celui-ci. L'annexe A1 fournit des abaques donnant la valeur de pression du vent pour les différentes zones d'un écran en considérant différents sites d'implantations. Les abaques sont fournis pour un écran implanté au niveau du terrain naturel et pour un écran implanté en crête d'un remblai routier de 7 m de haut. Un exemple de détermination de l'action du vent sur un écran constitué de poteaux régulièrement espacés est proposé en annexe A3.

3.3.2.1.5 - Prise en compte du vent pendant la phase de construction de l'écran

Pour les phases provisoires de construction, il convient d'utiliser une valeur réduite de l'action du vent fonction de la durée de la phase considérée en modulant le coefficient c_{prob} . On utilise alors le tableau 4.5 (NA) de l'EC1-1-4/NA ainsi que le tableau 3.1 de l'EC1-1-6 pour relier la période de retour à la durée de la phase. Pour la construction de l'écran, il paraît raisonnable de retenir un coefficient c_{prob} correspondant à une durée de phase comprise entre 3 jours et 3 mois (soit une période de retour de l'action climatique comprise entre 2 ans et 5 ans) soit $c_{prob} = 0,88$.

Probabilité p de dépassement	0,02	0,04	0,10	0,20	0,50
Période de retour (années)	50	25	10	5	2
c_{prob}	1,00	0,97	0,92	0,88	0,82

Tableau 12 : Coefficient de probabilité selon EC1-1-4 Tableau 4.5 (NA)

Lors de cette phase de construction, tout panneau courant peut se retrouver panneau d'extrémité ce qui influence la valeur des coefficients de pression résultante.

3.3.2.2 - Les effets dynamiques dus aux véhicules

L'intensité de l'action aérodynamique des véhicules routiers sur un écran acoustique dépend :

- du carré de la vitesse du véhicule ;
- de la forme aérodynamique du véhicule ;
- de la forme de l'écran ;
- de sa position, notamment de l'espace entre le véhicule et la structure.

La norme NF EN 1794-1 de mars 2004 propose des valeurs de pression pour certaines configurations types d'implantation d'écrans acoustiques et recommande un calcul spécifique pour les cas non couverts. Selon les éléments portés à notre connaissance, la révision de cette norme recommande de déterminer l'intensité de l'action aérodynamique des véhicules routiers par application des principes de la norme NF EN 1991-2 6.6.2 qui traite du cas des trains. Ce choix est très vraisemblablement fait en l'absence de règles spécifiques aux véhicules routiers

L'intensité de la pression aérodynamique peut ainsi être évaluée à partir de la figure 6.22 de la norme NF EN 1991 2 6.6.2, cette intensité est fonction de la distance de l'écran à l'axe de la voie circulée, elle est décrite par une loi de la forme :

$$q_{dyn}(d) = K \cdot d^a$$

avec

$q_{dyn}(d)$: pression aérodynamique exprimée en N/m^2 ;

d : distance de l'axe de la voie circulée à l'écran exprimée en mètre ;

K : pression pour une distance d égale à 1 m exprimée en kN/m^2 et fonction du carré de la vitesse ;

a : puissance à appliquer à la distance d .

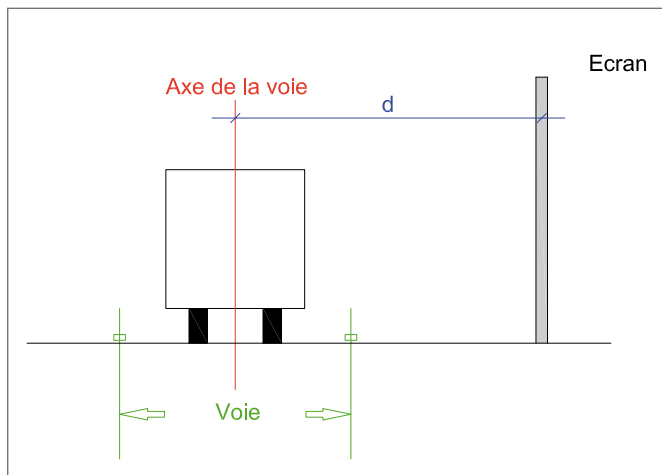


Figure 39 : Définition de la distance d

L'interprétation de la figure 6.22 de la norme NF EN 1991-2 permet de caler, pour une vitesse de véhicules de 120 km/h (valeur de vitesse la plus faible donnée par la figure), les paramètres K et a aux valeurs suivantes :

$$K_{120} = 1000 \text{ N/m}^2 \text{ et } a = -1,54$$

Pour un écran de protection phonique en bord d'une infrastructure routière, nous pouvons considérer que ce sont les poids lourds et les bus qui conditionnent l'intensité de la pression aérodynamique des véhicules routiers. En considérant une **vitesse de véhicules de 100 km/h** et en supposant que **la forme des véhicules est proche de celle d'un train**, on obtient les paramètres suivants pour décrire l'intensité de la pression aérodynamique des véhicules routiers :

$$K_{100} = 1000 \times 100^2 / 120^2 = 694 \text{ N/m}^2 \text{ et } a = -1,54$$

Le graphique suivant donne l'allure la pression aérodynamique des véhicules routiers pour une vitesse de 100 km/h en fonction de la distance d de la figure 39.

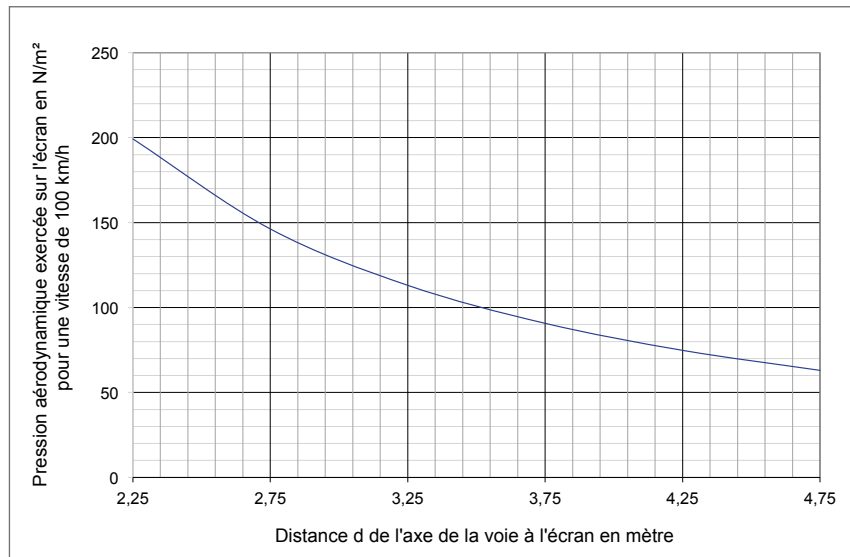


Figure 40 : Pression aérodynamique exercée sur l'écran - vitesse de 100 km/h

Pour les vérifications à l'ELS et à l'ELU de résistance, il convient de prendre en compte un décalage des véhicules de 50 cm par rapport à l'axe de la voie. Pour les vérifications en fatigue, il est possible de considérer que les véhicules sont centrés sur leur voie et qu'ils roulent à une vitesse de 90 km/h (les paramètres pour décrire l'intensité de la pression aérodynamique des véhicules routiers sont alors $K_{90} = 1000 \times 90^2 / 120^2 = 562,5 \text{ N/m}^2$ et $a = -1,54$).



Deux situations typiques d'implantation d'écrans acoustiques en bord d'infrastructures routières peuvent être détaillées :

- cas d'un écran implanté à 1 m du bord d'une voie circulée de 3,5 m de large, vitesse de véhicules de 100 km/h :

$$d = 2,75 - 0,50 = 2,25 \text{ m}$$

$q_{\text{dyn}}(2,25 \text{ m}) = 199 \text{ N/m}^2$ (on obtient une pression de 118 N/mm^2 pour un véhicule routier circulant à 90 km/h centré sur la voie)

- cas d'un écran implanté à 3 m du bord d'une voie circulée de 3,5 m de large, vitesse de véhicules de 100 km/h :

$$d = 4,75 - 0,50 = 4,25 \text{ m}$$

$q_{\text{dyn}}(4,25 \text{ m}) = 75 \text{ N/m}^2$ (on obtient une pression de 51 N/mm^2 pour un véhicule routier circulant à 90 km/h centré sur la voie)

La norme NF EN 1991-2 6.6.1 (5) précise en outre qu'il convient de multiplier la pression aérodynamique par un coefficient de majoration dynamique égal à 2,0 aux extrémités de l'écran sur une longueur de 5 m.

Une valeur de pression de 400 N/m^2 , soit 40 daN/m^2 , constitue donc un majorant de l'action aérodynamique des véhicules dans la majorité des situations d'implantation en rive des infrastructures routières. Il en découle que cette action n'est en général pas prépondérante.

3.3.2.3 - La charge de déblaiement de la neige

La valeur de l'action des charges dues au déneigement est à évaluer dans le cadre du projet en s'appuyant sur la norme EN 1794-1 5.7 et son annexe E. Sauf site particulier, cette action n'est généralement pas à considérer.

3.3.2.4 - Les actions variables sur le remblai

Les Eurocodes ont généralisé l'application des charges LM1 pour les ponts aux charges sur les remblais. La classe de trafic utilisée est celle de l'itinéraire. Les charges d'exploitation du LM1 appliquées sur les remblais sont décomposées en 2 catégories :

- des charges uniformes (charge UDL) ;
- des charges de type essieux (charge TS) représentées par des impacts de sections rectangulaires, un impact pouvant modéliser tout un camion par simplification comme l'autorise le règlement (impact de 3 m de largeur et de 2,20 m de longueur EC1-2 4.9.1 Note 2).

Les valeurs des charges réparties et concentrées sont cependant réduites de 30 % de celles appliquées sur les ouvrages pour tenir compte de la réduction des amplifications dynamiques par rapport aux charges sur l'ouvrage [EC1-2/NA 4.9.1].

Sauf cas particulier où l'écran joue le rôle de soutènement (dénivelé entre les niveaux de terre à l'avant et à l'arrière de l'écran), il n'y a pas lieu de considérer d'action de poussée des surcharges transmise par le sol sur les fondations des écrans acoustiques.

3.3.2.5 - Effet de la température et du retrait

Les effets des variations de température et du retrait doivent être pris en compte au travers d'une conception adaptée consistant par exemple :

- à prévoir des joints de pré-fissuration et à disposer un ferrailage spécifique pour ce qui concerne le retrait ;
- à ménager des jeux suffisants entre panneaux pour ce qui concerne la température, en s'assurant de leur étanchéité phonique.

3.3.2.6 - Effet de la charge de neige

La charge de neige est susceptible d'intervenir lorsque que l'écran présente des parties subhorizontales où la neige est susceptible de s'accumuler. Cette disposition est *a priori* peu fréquente et la charge de neige ne sera généralement pas dimensionnante. Le cas échéant les sollicitations dues à la neige seront déterminées selon la norme EN 1991-1-3.



3.3.3 - Les actions et situations accidentelles

Les actions accidentelles sont de type aléatoire. Elles proviennent de phénomènes qui se produisent exceptionnellement.

Dans le cas des écrans, les actions accidentelles « provoquées » sont principalement dues à des chocs de véhicules ou à des impacts de pierres.

La principale situation accidentelle à considérer est la disparition d'un quelconque panneau.

En général, il n'est pas exigé que des dispositifs de réduction du bruit supportent l'impact de véhicule. Ces impacts sont susceptibles d'être évités soit en disposant un dispositif de retenue soit en ménageant une distance suffisante par rapport à la route.

Lorsque l'écran acoustique est intégré à un dispositif de retenue, l'intensité de l'action de choc est issue des essais de choc réalisés sur le dispositif de retenue. Cet essai valide le comportement du dispositif de retenue sous choc.

Aucun calcul n'est réalisé pour justifier l'écran vis-à-vis des impacts de pierres. Pour s'assurer que l'écran résiste à ces impacts (il s'agit d'impacts modérés assimilables à l'impact de gravillons) en ne subissant que des dommages superficiels, il convient de spécifier cette exigence en application des critères de l'EN 1794-1 5.5 et son annexe C.

La situation accidentelle de disparition d'un panneau quelconque de l'écran prend en compte la situation où un panneau quelconque de l'écran serait absent (suite à un choc ou un acte de vandalisme par exemple). La justification doit montrer que cette situation n'entraîne pas d'instabilités en chaîne de l'écran du fait de la modification locale des coefficients de pression.

3.3.4 - Les charges de fatigue

Tout comme les portiques, potences et hauts-mâts, les écrans acoustiques de grande hauteur ont un risque non négligeable de développer des problèmes de fatigue au cours de leur vie en service. La principale action cyclique que vont subir ces écrans est l'action du vent.

La norme NF EN 1991-1-4 donne, dans son annexe B3, le nombre de chargements à considérer pour une réponse dynamique. Le principe consiste à modéliser la fatigue due au vent par l'action d'un « vent de fatigue », égale à une fraction de celle du vent caractéristique, qui est le vent de période de retour 50 ans, correspondant à l'habituel ELS (état limite de service). L'hypothèse est faite que la structure résiste à 2 millions de cycles du vent de fatigue.

Ainsi, pour une durée de vie en fatigue de 50 ans, l'action du vent de fatigue est prise égale à 26 % de celle du vent caractéristique (cf. article n° 49 du Bulletin Ouvrages d'Art du Sétra « Proposition pour la vérification à la fatigue des portiques, potences et hauts-mâts » [32] et article du congrès AIPCR de 2007 à Paris « Signalisation verticale : amélioration de sa résistance au vent » [33]).

La durée de vie peut être éventuellement adaptée par le maître d'ouvrage selon l'importance de l'ouvrage. Le tableau suivant fournit, en fonction de la durabilité souhaitée T en années, le coefficient P_{vf} à appliquer au vent caractéristique pour obtenir le vent de fatigue.

T (ans)	25	50	100
P_{vf}	0,22	0,26	0,31

Tableau 13 : Coefficient P_{vf} selon la durée de vie

Plus généralement, pour une durée de vie de T années, la contrainte due à l'effet du vent de fatigue $\sigma_{fat,T\text{ans}}$ peut être évaluée de la façon suivante en fonction de la contrainte à l'état limite de service en combinaison caractéristique $\sigma_{ventCARA}$:

$$\sigma_{fat,T\text{ans}} = \left(\frac{T}{50}\right)^{4,14} \cdot 0,26 \cdot \sigma_{vent\ CARA}$$

Par ailleurs, lorsqu'un écran est implanté à proximité immédiate d'une voie circulée, il convient de considérer la fatigue liée aux effets dynamiques des véhicules. Selon les éléments portés à notre connaissance, le projet de révision de la norme NF EN1794-1 aborde ce phénomène de fatigue pouvant donner lieu à des cycles de différences de pression. Le phénomène est lié à la combinaison des facteurs suivants :

- nombre, forme et vitesse des véhicules ;
- distance au dispositif de protection phonique et forme du dispositif.



Dans les cas courants, il sera possible de se dispenser des deux vérifications en fatigue (sous l'action du vent et sous l'action aérodynamique des véhicules) pour des hauteurs d'écran inférieures ou égales à 6 m et pour des écrans implantés à plus de 3 m du bord d'une voie circulée, sous réserve de respecter les dispositions précisées au 3.4.1.2.

Des justifications particulières peuvent être nécessaires pour des écrans souples présentant des géométries sensibles, comme par exemple des panneaux PMMA thermopliés.

3.3.5 - L'aléa sismique

Aucune exigence réglementaire n'impose la prise en compte de l'aléa sismique pour les écrans acoustiques. Aucune justification vis-à-vis de l'aléa sismique n'est donc exigée sur ces structures qui ne revêtent pas un caractère stratégique. On notera que le poids de l'écran reste modéré ; dans les cas courants d'écrans acoustiques, les effets du séisme sont couverts par la justification vis-à-vis du vent. Ce n'est pas nécessairement le cas dans les départements d'outre mer.

3.3.6 - Combinaisons d'actions

La norme NF EN 1990 (notée EC0) « Bases de calcul des structures » décrit les bases de calculs selon les Etats Limites pour le dimensionnement des structures. Le document NF EN 1990/A1 constitue l'amendement numéro 1 à la norme NF EN 1990. Il regroupe les spécifications particulières aux ponts routiers, aux passerelles et aux ponts ferroviaires. Les deux normes NF EN 1990 et 1990/A1 comportent des annexes nationales. Les règles et les méthodes adoptées pour l'établissement des combinaisons d'actions sont définies dans ces documents. En particulier, l'annexe A2 de la norme NF EN1990/A1 détermine les coefficients de combinaisons pour les ouvrages d'art.

Ces normes sont destinées à la conception structurale des bâtiments et des ouvrages de génie civil. Les écrans acoustiques sont considérés comme étant des ouvrages de génie civil.

Les valeurs de calcul des actions s'obtiennent par combinaisons en fonction des situations de projet à examiner qui sont principalement de trois sortes :

- situation de projet durable : principalement, l'ouvrage à sa mise en service et en fin de durée d'utilisation ;
- situation de projet transitoire : par exemple, l'ouvrage en cours d'exécution ou de réparation ;
- situation de projet accidentelle : principalement la situation accidentelle où un panneau quelconque de l'écran est absent.

3.3.6.1 - Notations

Les actions principales considérées s'appliquant sur l'écran sont les suivantes :

G_e : poids de l'écran ;

G_s : poids des terres (non déjaugées dans le cas courant présenté ici) ;

F_w : action calculée du vent ;

F_{dyn} : action due aux effets dynamiques des véhicules (pression appliquée sur l'écran) ;

Q_{remb} : action sur le sol de fondation due aux véhicules circulant sur l'infrastructure ;

R_{sol} : réaction du sol sous la fondation (contraintes effectives) ;

$F_{w,c}$: action du vent de chantier ;

$Q_{remb,c}$: action sur le sol de fondation due aux véhicules pendant la construction.

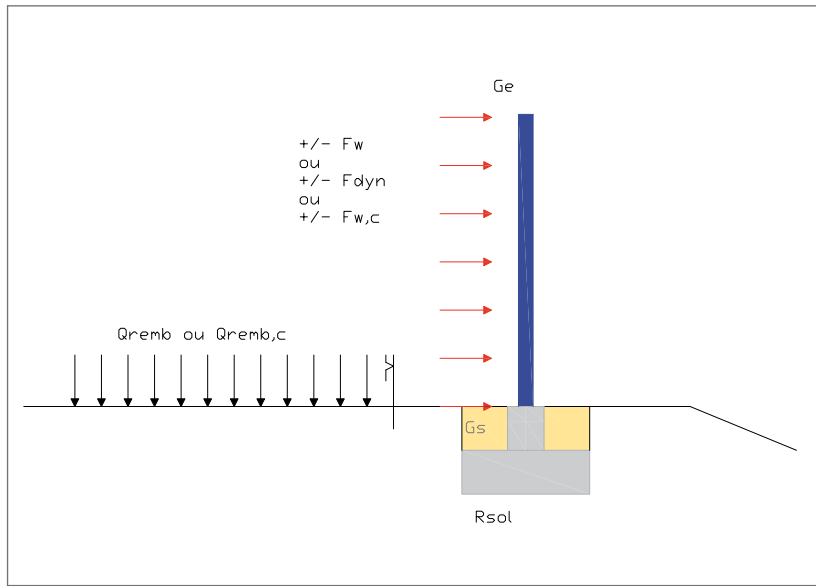


Figure 41 : Actions s'appliquant sur un écran acoustique

Le symbole \oplus correspond à la combinaison linéaire de deux effets.

L'indice k permet d'identifier la valeur caractéristique d'une action.

Les indices sup et inf permettent d'identifier respectivement le caractère défavorable ou favorable d'une action vis-à-vis de la justification considérée.

3.3.6.2 - Combinaisons d'actions

Nous donnons dans ce paragraphe les combinaisons d'actions de type STR-GEO pour les cas courants d'écrans verticaux en considérant successivement les états limites de service et les états limites ultimes. Ces combinaisons doivent être complétées, si nécessaires, en fonction des particularités du projet.

Nota : Dans le cas général (absence de fonction soutènement), l'action Q_{remb} n'est pas considérée dans les combinaisons d'actions.

3.3.6.2.1 - Situation durable

L'écran est en service sans dégradation de ses fonctions. On utilise les combinaisons suivantes :

Combinaison ELS caractéristiques en exploitation (situation durable)

$$(G_{e,k,sup}; G_{e,k,inf}) \oplus (G_{s,k,sup}; G_{s,k,inf}) \oplus \begin{cases} Q_{remb,k} \oplus F_{dyn,k} \\ Q_{remb,k} \oplus 0,60.F_{w,k} \\ F_{w,k} \end{cases}$$

Combinaison ELS quasi permanente en exploitation (situation durable)

$$(G_{e,k,sup}; G_{e,k,inf}) \oplus (G_{s,k,sup}; G_{s,k,inf})$$

Combinaison fondamentale ELU en exploitation (situation durable)

$$(1,35.G_{e,k,sup}; G_{e,k,inf}) \oplus (1,35.G_{s,k,sup}; G_{s,k,inf}) \oplus \begin{cases} 1,35.Q_{remb,k} \oplus 1,5.F_{dyn,k} \\ 1,35Q_{remb,k} \oplus 1,50.0,60.F_{w,k} \\ 1,50.F_{w,k} \end{cases}$$



3.3.6.2.2 - Situation accidentelle

En service, un panneau quelconque peut avoir été endommagé et tout panneau courant de l'écran peut alors devenir panneau d'extrémité et subir l'action accidentelle correspondante du vent.

Combinaison ELU en situation accidentelle

$$(G_{e,k,sup}; G_{e,k,inf}) \oplus (G_{s,k,sup}; G_{s,k,inf}) \oplus \begin{cases} Q_{remb,k} \oplus F_{dyn,k} \\ Q_{remb,k} \oplus 0,60.F_{w,k} \\ F_{w,k} \end{cases}$$

3.3.6.2.3 - Situation transitoire

Lors de la construction de l'écran, tout panneau courant de l'écran peut être panneau d'extrémité et subir l'action du vent avec une période de retour de l'action cohérente avec la durée de la phase de construction.

Combinaisons ELS caractéristiques en construction (situation transitoire)

$$(G_{e,k,sup}; G_{e,k,inf}) \oplus (G_{s,k,sup}; G_{s,k,inf}) \oplus \begin{cases} Q_{rembc,k} \oplus F_{dyn,k} \\ Q_{rembc,k} \oplus 0,60.F_{wc,k} \\ F_{wc,k} \end{cases}$$

Combinaison ELU fondamental en construction (situation transitoire)

$$(1,35.G_{e,k,sup}; G_{e,k,inf}) \oplus (1,35.G_{s,k,sup}; G_{s,k,inf}) \oplus \begin{cases} 1,35.Q_{rembc,k} \oplus 1,5.F_{dyn,k} \\ 1,35.Q_{rembc,k} \oplus 1,50.0,60.F_{wc,k} \\ 1,50.F_{wc,k} \end{cases}$$

3.4 - Justification des parties en élévation

Les justifications concernant les parties d'écran situées au-dessus de la fondation doivent être conduites conformément aux instructions des normes Eurocodes relatives à leur matériau constitutif et à la norme NF EN 1794-1. Les règles à utiliser sont celles des parties 1-1 des Eurocodes considérés, à savoir les règles générales et les règles pour les bâtiments.

3.4.1 - Justification des éléments structuraux

Les justifications présentées dans ce paragraphe sont basées sur la norme sur les dispositifs de réduction du bruit du trafic routier (NF EN 1794-1) ainsi que sur les Eurocodes. Le formalisme de cette norme étant différent de celui proposé par les Eurocodes, nous présentons les critères de justification que le guide propose de retenir.

Il est important de rappeler que certains éléments des écrans sont susceptibles d'absorber de l'eau et qu'il convient de prendre en compte le cas échéant le poids mouillé des matériaux dans les justifications s'il est plus défavorable pour certaines combinaisons d'actions.

3.4.1.1 - Critères portant sur la déflexion

Les justifications sont réalisées à l'Etat Limite de Service. Pour la détermination des déflexions des éléments structuraux, il ne faut pas tenir compte de la rotation ni des déplacements provenant des fondations. Les critères à respecter sont donnés par la norme NF EN 1794-1. Nous rappelons ci-après les principaux critères relatifs à la déflexion des écrans verticaux.

Sous l'action du vent et de la neige, la déflexion élastique horizontale maximale d_{hmax} , en millimètres, d'un élément de longueur L doit être inférieure à :

$$\begin{array}{ll} d_{hmax} < L/100 & \text{lorsque } H \leq 3 \text{ m} \\ dh_{max} < 30 & \text{lorsque } 4,5 \text{ m} \geq H > 3 \text{ m} \\ d_{hmax} < L/150 & \text{lorsque } H > 4,5 \text{ m} \end{array}$$

où H représente la hauteur de l'écran au-dessus de la fondation.

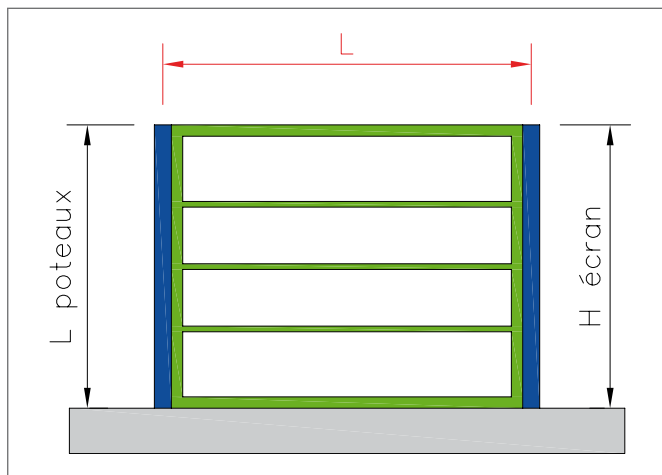


Figure 42 : Grandeurs géométriques pour le calcul des déflexions

Nota : Le projet de révision de la norme NF EN 1794-1 n'introduit plus de critères distincts suivant la hauteur de l'écran pour la valeur maximale de la déflexion horizontale, il propose un unique critère égal à $L/100$.

3.4.1.2 - Justification de la résistance des parties structurales en élévation

Nous considérons le cas classique des écrans acoustiques constitués de panneaux maintenus dans des poteaux de type H ancrés dans la fondation par des tiges via une platine d'extrémité. En règle générale, la liaison en pied de poteaux est réalisée à l'aide de 4 tiges non précontraintes. Cette liaison doit être apte à reprendre la flexion engendrée essentiellement par l'action du vent et l'effort tranchant correspondant qui est généralement modéré. L'effort normal peut le plus souvent être négligé.

Les justifications à produire portent principalement sur :

- les profilés ;
- les tiges d'ancrage ;
- la platine d'ancrage.

Ces justifications sont conduites à l'Etat Limite Ultime, selon les formats de la norme NF EN 1993 et notamment de la norme NF EN 1993-1-8 pour ce qui concerne les assemblages. La figure ci-dessous résume les principales données géométriques du calcul.

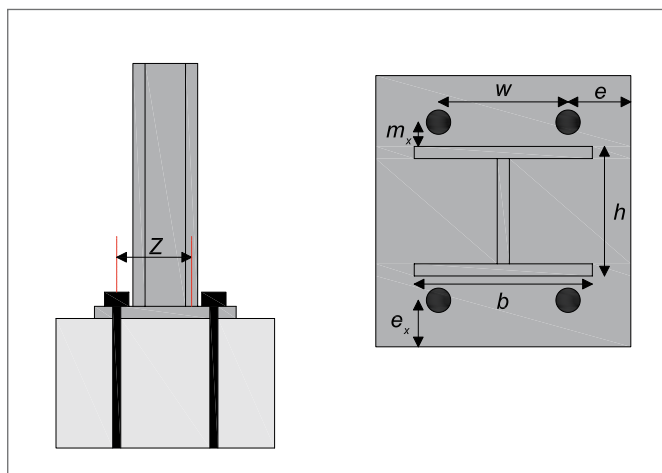


Figure 43 : Schématisation de l'ancrage type d'un poteau



Des justifications sont également nécessaires pour vérifier les panneaux, notamment selon les principes de la norme NF EN 1794-1. Elles dépendent de la nature des matériaux constitutifs. Dans le cas de panneaux en béton armé, l'attention est attirée sur le fait que les situations transitoires de décoffrage et de manutention des panneaux peuvent se révéler dimensionnantes.

Pour la justification de la petite boulonnerie (qui sera marquée NF), par exemple pour la boulonnerie de fixation des panneaux sur les poteaux, il convient de dégager un coefficient de sécurité de 1,4 à l'ELU afin de prendre en compte des défauts de pose et autres effets dynamiques. Cette recommandation simplifie les différentes vérifications demandées sur les fixations par la série de normes NF EN 1794. La prise en compte d'un coefficient de sécurité de 1,4 ($F_{résistant}/F_{solicitant} = 1,4$) permet de respecter la pondération la plus défavorable de la norme ($1,4 \times 1,35 = 1,89$).

Justification des poteaux

Les poteaux sont justifiés en contraintes normales et en cisaillement, comme des poutres en console encastrées à leur base. La justification est faite dans le domaine élastique, elle permet de déterminer le module minimal élastique W_{min} du profilé :

$$W_{min} = \frac{M_{ELU}}{\frac{f_{yka}}{\gamma_{M0}}}$$

avec :

- M_{ELU} : moment sollicitant ELU ;
- f_{yka} : limite élastique de l'acier du profilé ;
- γ_{M0} : coefficient partiel de sécurité (égale à 1,00).

Les poteaux sont justifiées :

- en situation de projet durable en combinaison fondamentale ;
- en situation de projet transitoire correspondant à la phase de réalisation en combinaison fondamentale ;
- en situation accidentelle en combinaison accidentelle.

Dans le cas général, on distingue deux types de profilés :

- un profilé de plus grandes dimensions pour les 5 à 6 premiers poteaux ;
- un profilé pour les poteaux courants.

Le recours à un unique modèle de profilé ne se justifie que pour les écrans de très courte longueur.

L'annexe A.2 fournit des abaques permettant de déterminer les profilés HEA des poteaux pour différents sites d'implantation.

Justification des tiges d'ancrage

Le tableau ci-dessous rappelle les caractéristiques mécaniques des tiges correspondant aux différentes classes :

Classe des boulons	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9
f_{yb} (N/mm ²)	240	320	300	400	480	640	900
f_{ub} (N/mm ²)	400	400	500	500	600	800	1000

Tableau 14 : Valeurs nominales de limite d'élasticité et de résistance ultime à la traction pour les boulons

Les assemblages sont passifs. Pour éviter les problèmes de fatigue, **il est recommandé d'utiliser des classes inférieures ou égale à 5.6 ou la classe 8.8. en limitant, dans le calcul, la résistance à rupture à 500 MPa et la limite élastique à 400 MPa, dans ce dernier cas.**

Les classes inférieures ou égale à 5.6 s'apparentent à de l'acier doux, avec notamment un allongement à rupture garanti de 20 %. Les classes 5.8 et 6.8 correspondent à des aciers durcis à froid, elles possèdent de fortes contraintes résiduelles et un allongement à rupture de 8 % garanti (classe fragile avec risque de fatigue accru). La classe 8.8 subit un traitement thermique, réduisant les contraintes résiduelles et garantissant un allongement à rupture de 12 %.



Les vérifications sont réalisées à l'ELU, elles concernent :

- la résistance individuelle en traction ;
- la résistance individuelle au cisaillement ;
- la résistance sous efforts combinés de traction-cisaillement.

Pour déterminer l'effort tranchant $F_{v,Ed}$ repris par une tige, l'effort tranchant global repris par un poteau est divisé par le nombre N de tiges, en général 4. Pour déterminer la traction reprise par une tige, on considère que le moment M_{Ed} est repris par un couple de force dont le bras de levier Z est la distance entre l'axe de la semelle comprimée du profilé et l'axe de la rangée de tiges tendues. Ainsi la traction $F_{t,Ed}$ reprise par une ligne de tiges vaut $F_{t,Ed} = M_{Ed} / Z$.

Notons que dans les conceptions les plus courantes les sollicitations en cisaillement sont négligeables devant les sollicitations en traction. Les résistances individuelles des tiges en cisaillement et / ou traction sont données par le tableau 3.4 de la norme NF EN 1993-1-8.

	Mode de ruine	Résistance
Cisaillement	Résistance au cisaillement par plan de glissement	$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}}$ <ul style="list-style-type: none"> • lorsque le plan de cisaillement passe par la partie filetée du boulon (A est l'aire de la section résistante en traction du boulon A_s) : <ul style="list-style-type: none"> - pour les classes 4.6, 5.6 et 8.8 : $\alpha_v = 0,6$; - pour les classes 4.8, 5.8, 6.8 et 10.9 : $\alpha_v = 0,5$; • lorsque le plan de cisaillement passe par la partie non filetée du boulon (A est l'aire de la section brute du boulon) : $\alpha_v = 0,6$. <p>Le coefficient γ_{M2} est égal à 1,25. f_{ub} est la résistance à rupture des tiges d'ancrage.</p>
	Résistance en pression diamétrale	$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$ <p>où α_b est la plus petite des valeurs de α_d ; $\frac{f_{ub}}{f_u}$ ou 1,0 avec f_u la résistance à rupture de la platine d'assemblage et t est l'épaisseur de la platine ;</p> <p>Dans la direction des efforts :</p> <ul style="list-style-type: none"> • pour boulons de rive : $\alpha_d = \frac{e_1}{3 \cdot d_0}$ où e_1 est la pince selon la direction de l'effort (EN1993-1-8 3.5) ; • pour boulons intérieurs : $\alpha_d = \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}$ où p_1 est l'espacement selon la direction de l'effort ; <p>Perpendiculairement à la direction de l'effort :</p> <ul style="list-style-type: none"> • pour les boulons de rive : k_1 est la plus petite valeur de $(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7)$; $(1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7)$ et 2,5 où e_2 est la pince perpendiculairement à la direction de l'effort et p_2 l'espacement perpendiculairement à la direction de l'effort ; • pour les boulons intérieurs : k_1 est la plus petite valeur de $(1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7)$ et 2,5.
Traction	Résistance à la traction	$F_{t,Rd} = \frac{k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}}$ <p>où $k_2 = 0,63$ pour les boulons à tête fraisée, sinon $k_2 = 0,9$</p>
	Résistance au poinçonnement	$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$ <p>où d_m est le diamètre moyen calculé entre les cercles inscrit et circonscrit de la tête de l'écrou.</p>
Efforts combinés	Cisaillement et traction combinés	$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} \leq 1,0$

Tableau 15 : Tableau 3.4 de la norme NF EN 1993-1-8 – Résistance individuelle pour les fixations



Justification de la platine

La platine doit être apte à transmettre le moment de flexion M et l'effort normal N (négligeable dans le cas général) apportés par les poteaux dans les fondations. Cette flexion se traduit par un effort de compression F_c d'un côté et par un effort de traction F_T repris par les tiges de l'autre côté. La compression est supposée transmise sur une surface efficace de longueur l_{eff} et de largeur b_{eff} .

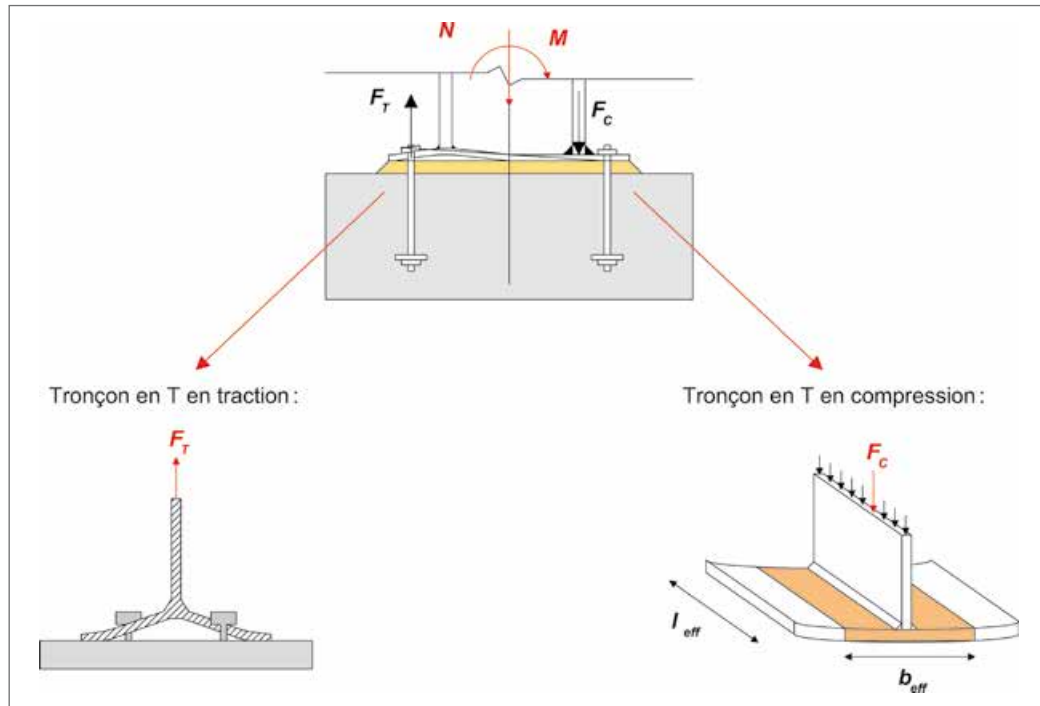


Figure 44 : Schéma de fonctionnement d'une platine

Le bras de levier à considérer entre l'effort de compression et l'effort de traction est la distance entre l'axe du boulon en traction et l'axe de la semelle comprimée du profilé, même si les poteaux sont montés sur contre-écrous. Ceci permet de diminuer notamment le risque de fatigue.

La platine diffuse l'effort de compression dans le béton. La norme NF EN 1993-1-8 (6.2.5) propose une méthode pour déterminer la surface efficace de diffusion de la platine sur la base d'une largeur de diffusion notée c . La résistance en compression $F_{c,Rd}$ est déterminée à partir de cette surface. La vérification vis-à-vis de la reprise de l'effort de compression n'est pas dimensionnante dans les cas courants. Les paramètres géométriques du calcul de la diffusion sont donnés par la figure ci-après.

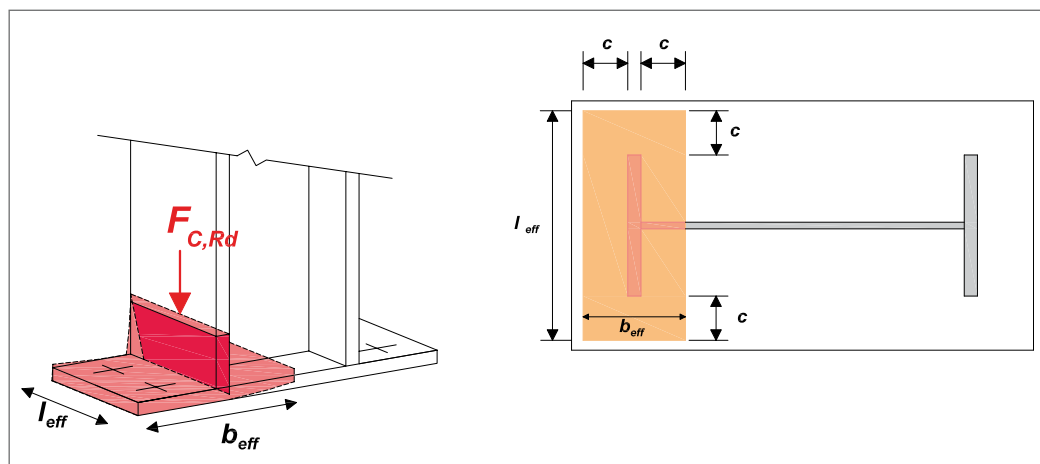


Figure 45 : Principe de diffusion de l'effort de compression



Vis-à-vis de la traction, il convient de vérifier que l'effort de la semelle tendue arrive à transiter dans les boulons par flexion de la platine. Les pieds de poteaux des écrans acoustiques sont le plus souvent boulonnés aux massifs de fondation via une seule rangée de tiges extérieures aux poteaux. La norme NF EN 1993-1-8 6.2.6.5 traite le cas de la platine d'about fléchie, pour ce qui concerne la reprise de la traction, comme celui d'une platine symétrique soumise à un effort de traction centré : la platine avec une seule rangée de 2 tiges positionnées au-delà de la semelle du profilé est équivalente à une platine avec 2 tiges positionnées symétriquement de part et d'autre de la semelle tendue du profilé. L'Eurocode fournit la méthode de détermination de la résistance en traction $F_{t,Rd}$. La figure ci-après précise le principe de traitement de la platine d'about fléchie, elle introduit la notion de longueur efficace l_{eff} .

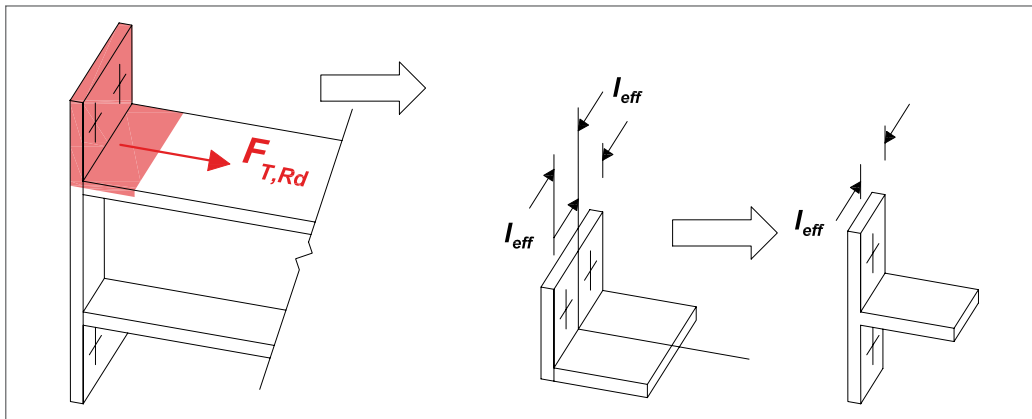


Figure 46 : Principe de fonctionnement de la platine dans la partie en traction

Vis-à-vis de la résistance en traction, la norme NF EN 1993-1-8 6.2.4.1 envisage 3 modes de rupture qui dépendent de la rigidité relative de la platine et des boulons. Ces 3 modes sont :

- mode 1 : plastification totale de la platine ;
- mode 2 : ruine de boulons avec plastification de la semelle ;
- mode 3 : ruine de boulons.

Pour les modes 1 et 2, la résistance dépend de la possibilité ou non d'apparition d'un effet levier (dû à l'appui de l'extrémité de la platine). En l'absence d'effet levier, le mode de ruine est dénommé mode 1-2.

La justification doit être menée selon la norme NF EN 1993-1-8 6.2.4, le tableau 6.2 donne en particulier le principe de détermination de la résistance de calcul d'une semelle de tronçon en T tendu.



Mode de rupture	Des effets leviers peuvent apparaître		Pas d'effet levier	
Mode 1 : Plastification de la semelle		$F_{t,1,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,Rd}}{m_x}$ $\text{où } M_{pl,Rd} = \frac{t^2 \cdot f_{yp} \cdot I_{eff}}{4 \cdot \gamma_{MO}}$ <p>avec I_{eff} longueur efficace selon tableau 6.6 de NF EN 1993-1-8, t épaisseur de platine et f_{yp} limite élastique de l'acier de la platine</p>		$F_{t,1-2,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,Rd}}{m_x}$
Mode 2 : Ruine de boulons avec plastification de la semelle		$F_{t,2,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,Rd} + 2 \cdot n \cdot F_{t,Rd,ancre}}{m_x + n}$ <p>où $n = \min(e; 1,25 \times m_x)$ et $F_{t,Rd,ancre}$ la résistance ultime d'un boulon</p>		
Mode 3 : Ruine de boulons			$F_{t,3,Rd} = \sum F_{t,Rd,ancre}$	

Tableau 16 : Résistance de calcul d'une semelle de tronçon en T selon tableau 6.2 de NF EN 1993-1-8 - Platine avec 2 files de 2 boulons

Un exemple de calcul de platine est donné en annexe A.3 et l'annexe A.4 propose une géométrie de platine en fonction du type de profilé du poteau pour des poteaux allant du HEA120 au HEA260.

Le graphique ci-dessous illustre l'évolution de l'effort de traction résistant de la platine ($F_{t,Rd}$ en kN) en fonction de l'épaisseur de la platine pour le cas de la platine type d'un HEA200.

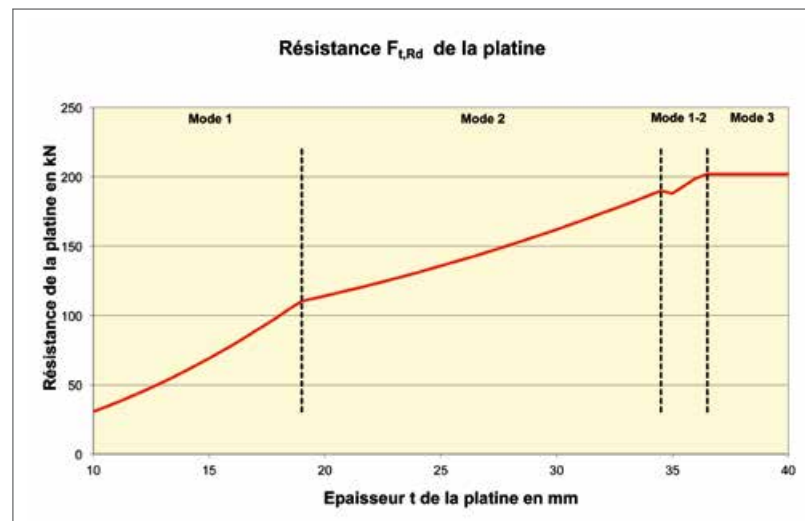


Figure 47 : Exemple de résistance d'une platine en fonction de l'épaisseur de tôle

La platine est la zone de transfert de charge entre la partie en béton armé et la partie en acier. Elle demeure ainsi le point faible structural de l'ouvrage étant données les concentrations de contraintes qui peuvent se développer, en particulier :

- dans la platine, autour des tiges d'ancrages et à proximité des angles extérieurs de la semelle tendue ;
- dans les tiges d'ancrage.



Pour plus d'information sur le calcul des pieds de poteaux, le lecteur peut se référer aux fiches jointes en annexe A.3 et télécharger les documents « Calcul des pieds de poteaux » du projet Européen de formation SKILLS disponibles sur : <https://www.cticm.com/content/projet-skills> [39].

La justification du pied de poteau vis-à-vis de la transmission de l'effort tranchant doit être faite en évaluant la résistance de calcul au cisaillement d'une tige d'ancrage qui est donnée par la norme NF EN1993-1-8 6.2.2 (7) :

$$F_{b,Rd} = \alpha_{bc} f_{ub} A_s / \gamma_{M2}, \text{ avec } \alpha_{bc} = 0,44 - 0,0003f_{yb}$$

Justification des soudures du profilé sur la platine

La platine est liaisonnée au profilé par des soudures en cordon d'angle. Il est conseillé de reconstituer la matière du profilé assemblé en retenant un cordon de soudure au minimum de 5 mm de façon à limiter le risque de fatigue de l'assemblage.

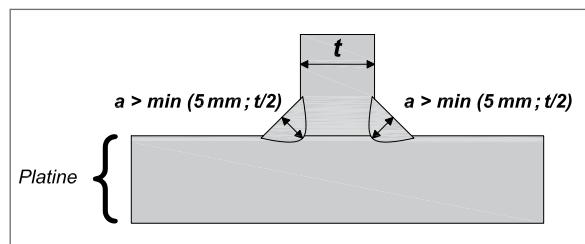


Figure 48 : Principe de dimensionnement de la gorge des soudures platine/poteau

En pratique, un cordon de gorge supérieure à 5 mm n'est requis qu'à partir d'un profilé HEA220 pour ce qui concerne la continuité de semelle et d'un profilé HEA400 pour ce qui concerne la continuité de l'âme. Ces cas demeurent donc très rares.

Compte tenu des éléments présentés dans ce paragraphe, il est fortement conseillé :

- de limiter la nuance d'acier des platines à S235 (ou de limiter dans les calculs f_y à 235 MPa) ;
- de ne pas concevoir une platine trop souple (pour éviter le mode de rupture 1 correspondant à une plastification totale de la platine) ;
- pour les profilés de type HEA, de recourir à un acier S235 et de réaliser un dimensionnement élastique à l'état limite ultime (ELU) en combinaison fondamentale ;
- de limiter dans le calcul des tiges d'ancrage, la résistance à rupture f_{ub} à 500 MPa (même en utilisant une classe 8.8) ou d'utiliser des tiges de classe inférieure ou égale à 5.6 ;
- de monter les poteaux avec platines sur les tiges avec contre écrous de réglage plutôt que d'utiliser des cales dont la pérennité n'est pas assurée et de mettre en œuvre un mortier de remplissage entre la platine et le béton pour améliorer la tenue en fatigue et la durabilité ;
- de recentrer au maximum les tiges vers l'âme du profilé (implanter les tiges dans l'emprise de la largeur de semelle des poteaux).

3.4.1.3 - Justification vis-à-vis de la fatigue

Fatigue liée à l'action du vent

Le calcul consiste à vérifier que la structure résiste à 2 millions de cycles du vent de fatigue pendant la durée de vie escomptée, à savoir généralement 50 ans pour les écrans acoustiques routiers.

Pour une durée de vie de 50 ans, le critère à vérifier est :

$$\gamma_{Ff} \cdot 0,26 \cdot \sigma_{\text{vent CARA}} \leq \frac{\Delta \sigma_c}{\gamma_{Mf}}$$



avec

$\Delta\sigma_c$: classe de détail en fatigue ;

$\sigma_{\text{vent CARA}}$: contrainte sous vent caractéristique ;

γ_{ff} : coefficient partiel de sécurité relatif au chargement de fatigue ;

γ_{mf} : coefficient partiel de sécurité pour la résistance à la fatigue.

Pour les écrans classiques d'une hauteur inférieure à 6 m, la vérification en fatigue n'est pas requise sous réserve de respecter les conseils ci-avant.

Pour les écrans de grande hauteur (à partir de 6 m) ou présentant soit un enjeu particulier soit une conception la justifiant, une analyse complète vis-à-vis de la fatigue est à mener.

Le coefficient γ_{mf} est pris généralement égal à **1,15** pour les poteaux et leurs assemblages en application de la norme NF EN 1993-1-9 en raison de leur tolérance à l'endommagement. Dans le cas d'éléments sans redondance γ_{mf} est pris égal à **1,35** pour une durée de vie sûre.

Le coefficient γ_{ff} est généralement pris égal à **1,00** en application de l'Annexe Nationale de la norme NF EN 1993-3-2 (clause 9.5.1).

Le choix de ne pas réaliser de vérifications formelles pour les écrans d'une hauteur inférieure ou égale à 6 m est étayé par les considérations présentées ci-après

• **Fatigue de l'assemblage poteau / platine :**

Le tableau 8.5 de la norme NF EN 1993-1-9 donne une classe de détail en fatigue de la jonction HEA/platine de 71 MPa (assemblage en T). La nuance d'acier utilisée étant S235 et le dimensionnement ELU restant dans le domaine élastique, la variation de contrainte sous vent de fatigue σ_{fat} vaut au plus :

$$\sigma_{\text{fat}} = \frac{0,26 \cdot 235}{1,5} = 41 \text{ MPa}$$

Dans ces conditions, l'assemblage présente une marge suffisante vis-à-vis de l'endommagement en fatigue.

• **Fatigue des tiges d'ancrage :**

Le tableau 8.1 de la norme NF EN 1993-1-9 donne une classe de détail en fatigue pour une tige filetée de 50 MPa, l'étendue de contrainte étant déterminée à partir de la section calculée sur la base du diamètre extérieur de la partie filetée. La résistance à rupture étant au plus de 500 MPa, la variation de contrainte sous le vent de fatigue σ_{fat} vaut au plus :

$$\sigma_{\text{fat}} = \frac{0,26 \cdot F_{t,Ek}}{A} = 0,26 \cdot \frac{F_{t,Ed}}{1,5 \cdot A} \leq 0,26 \cdot \frac{F_{t,Rd}}{1,5 \cdot A} \leq \frac{0,26 \cdot 0,9}{1,5 \cdot 1,25} \cdot 500 \cdot \frac{A_s}{A}$$

avec :

$F_{t,Ek}$: effort de traction sollicitant une tige à l'ELS caractéristique ;

$F_{t,Ed}$: effort de traction sollicitant une tige à l'ELU fondamental ;

$F_{t,Rd}$: effort de traction résistant de calcul ;

A_s : section de la tige calculée sur le diamètre intérieur de la partie filetée ;

A : section de la tige calculée sur le diamètre extérieur de la partie filetée.

Pour des boulons M10 à M30, le rapport A_s/A est inférieur ou égal à 0,8, il est possible d'écrire :

$$\sigma_{\text{fat}} \leq \frac{0,26 \cdot 0,9 \cdot 0,8}{1,5 \cdot 1,25} \cdot 500 = 49,9 \text{ MPa}$$

La vérification en fatigue des tiges d'ancrage est assurée, avec $\gamma_{\text{ff}} = \gamma_{\text{mf}} = 1$, lorsque le calcul de résistance à l'ELU fondamental est basée sur une résistance à la rupture des tiges de 500 MPa.



A noter, concernant les tiges et la boulonnerie, que la norme NF EN 1993-1-9 prévoit un effet de dimension pour les diamètres supérieurs à 30 mm et par conséquent la classe de détail en fatigue $\Delta\sigma$ de 50 MPa est à moduler de la façon suivante en fonction du diamètre Φ :

$$\Delta\sigma_{\text{classe à 2Mcycles}} = (30 / \Phi)^{0,25} \cdot 50 \text{ MPa}$$

Fatigue liée à l'action aérodynamique des véhicules routiers

Une analyse en fatigue sous l'effet des actions aérodynamiques des véhicules routiers peut être nécessaire pour des configurations d'implantations particulières (écrans à proximité immédiate des voies circulées, écrans en tunnel, etc.). Il est possible de se dispenser d'une telle vérification pour des écrans implantés à plus de 3 m du bord d'une voie circulée sous réserve de respecter les conseils précisés à la fin du 3.4.1.2.

Pour illustrer l'effet en fatigue des actions aérodynamiques des véhicules routiers nous donnons ci-après deux exemples d'application, en considérant des véhicules circulant à 90 km/h centrés sur leur voie, ce qui est adapté pour une vérification en fatigue.

Exemple 1 : Détermination de l'intensité de l'action aérodynamique correspondant à la limite de troncature pour l'étendue de contrainte dans les tiges d'ancrage

Nous considérons des tiges ayant une résistance à rupture de 500 MPa et dimensionnées au plus juste à l'ELU fondamental et par conséquent également en fatigue sous l'effet du vent. Nous cherchons à déterminer à quel pourcentage X % du vent caractéristique correspond l'action aérodynamique des véhicules entraînant une contrainte dans les tiges égale à la limite de troncature pour la classe de détail en fatigue des tiges.

La limite de troncature est donnée par : $\Delta\sigma_L = 0,405 \Delta\sigma_c = 0,405 \times 50 = 20 \text{ MPa}$

avec :

$\Delta\sigma_L$: limite de troncature ;

$\Delta\sigma_c$: classe de détail égale à 50 MPa pour les tiges.

La condition s'écrit :

$$\sigma_{\text{dyn}} = \frac{F_{t,Ek,dyn}}{A} \leq \Delta\sigma_L = 20 \text{ MPa}$$

avec :

$F_{t,Ek,dyn}$: effort de traction caractéristique sollicitant les tiges sous l'action aérodynamique des véhicules routiers ;

σ_{dyn} : contrainte de traction caractéristique sollicitant les tiges sous l'action aérodynamique des véhicules routiers.

Il est possible d'écrire :

$$X\% = \frac{F_{t,Ek,dyn}}{F_{t,Ek}} \leq \frac{20.A}{\frac{0,9.500.A_s}{1,5.1,25}} \leq \frac{20}{\frac{0,9.500.0,8}{1,5.1,25}} = 0,10$$

En conséquence, la limite de troncature n'est pas dépassée lorsque les effets des actions aérodynamiques des véhicules routiers représentent moins de 10 % de ceux du vent caractéristique. Dans ces conditions, la résistance en fatigue des tiges d'ancrage sous cette action aérodynamique est assurée.

Par exemple, pour un écran de 4 m de haut implanté en terrain plat, en région de vent 2 et en catégorie de rugosité de site IIIa, la pression de vent caractéristique sur un panneau courant est de 600 N/m². La pression due à l'action aérodynamique des véhicules routiers circulant à 90 km/h pour un écran implanté à 3 m du bord de chaussée a été estimée à 51 N/m² (cf. 3.3.2.2). Dans cette configuration, la vérification en fatigue sous l'action aérodynamique des véhicules routiers est donc acquise.

Exemple 2 : Détermination de la distance dv entre le bord de voie et l'écran correspondant à une étendue de contrainte égale à la classe de détail dans les tiges d'ancrage

Comme précédemment, nous considérons des tiges ayant une résistance à rupture de 500 MPa et dimensionnées au plus juste à l'ELU fondamental et par conséquent également en fatigue sous l'effet du vent.



La condition s'écrit :

$$\sigma_{\text{dyn}} = \frac{F_{t,Ek,\text{dyn}}}{A} = \Delta\sigma_C = 50 \text{ MPa} \approx 0,26 \cdot \frac{F_{t,Ek}}{A} = 0,26 \cdot \sigma_{\text{ventCARA}} \cdot \frac{A_s}{A} \approx 0,21 \cdot \sigma_{\text{ventCARA}}$$

Il est alors possible de déterminer pour une situation d'écran donnée, la distance recherchée pour une largeur de voie standard de 3,50 m.

$$d_v = d - \frac{3,50}{2} = \left(\frac{0,21 \cdot q_{\text{ventCARA}}}{562,5} \right)^{-1,54} - \frac{3,50}{2}$$

où q_{ventCARA} est la pression de vent caractéristique sur un panneau courant.

Pour l'exemple de l'écran précédent, présentant une pression de vent caractéristique sur un panneau courant de 600 N m^2 , on obtient $d_v = 0,90 \text{ m}$. Dans cette situation, le dimensionnement en fatigue de l'écran sous l'effet du vent garantit donc la tenue en fatigue sous deux millions de cycles de l'action aérodynamique des véhicules routiers pour des écrans implantés à au moins $0,90 \text{ m}$ du bord de voie. La vérification en fatigue nécessite alors de définir le nombre annuel de véhicules routiers à l'origine d'un cycle de contrainte.

3.4.2 - Justification des éléments acoustiques

Comme pour les éléments non acoustiques, la norme NF EN 1794-1 définit un certain nombre de critères relatifs à la résistance et à la déflexion des éléments acoustiques. Les limites fixées pour les déflexions sont nécessaires afin d'éviter des fuites acoustiques, la diminution de la hauteur ou la surcharge de la structure de soutien. Nous rappelons ci-après les principaux critères relatifs à la déflexion des écrans verticaux, **les valeurs données sont issues du projet de révision de la norme NF EN 1794-1 et sont susceptibles d'évoluer.**

La déflexion élastique horizontale maximale $d_{h\text{max}}$ en millimètres, due à la flexion sous la charge du vent doit être inférieure à :

$$d_{h\text{max}} = \min\left(\frac{L_A}{40}; 50\text{mm}\right) \text{ pour } L_A \leq 5 \text{ m}$$

$$d_{h\text{max}} = \frac{L_A}{100} \text{ pour } L_A > 5 \text{ m}$$

avec :

L_A : longueur des éléments acoustiques exprimée en mm.

Des critères de déflexion sont également donnés sous l'action de leur seul poids propre :

- la déflexion horizontale $d_{h\text{max}}$ en millimètres, ne doit pas être supérieure à :

$$d_{h\text{max}} = \frac{h_{ae}}{50}$$

avec :

h_{ae} : hauteur d'un élément élémentaire acoustique exprimée en mm.

- la déflexion verticale maximale $d_{v\text{max}}$ en millimètres, ne doit pas être supérieure à :

$$d_{v\text{max}} = \frac{L}{400}$$

avec :

L : Longueur d'un élément exprimée en mm.



3.5 - Justification des fondations

3.5.1 - Les différents types de fondation

Les fondations d'écrans acoustiques peuvent être superficielles, semi-profondes ou profondes. La différence entre ces différents types de fondation repose essentiellement sur leur élancement.

Le terme fondation profonde désigne des fondations dont l'élancement est élevé (typiquement des fondations dont la longueur est supérieure à 5 fois le diamètre ou la largeur). Pour les écrans acoustiques, des pieux forés coulés en place ou des pieux métalliques foncés (vérinés, battus, vibrofoncés) sont généralement mis en œuvre lorsque ce type de fondation est nécessaire.

Les fondations superficielles, d'une part, et les fondations semi-profondes, d'autre part, présentent un élancement faible, en général inférieur à 5. La différence entre ces deux types de fondations est définie en fonction de la valeur de la hauteur d'encastrement équivalente D_e (Annexe C de la norme NF P94-261). Cette valeur est calculée à partir de données mesurées *in situ*, de type pressiométrique ou pénétrométrique. L'encastrement équivalent D_e/B (avec B la plus petite largeur de la fondation) est alors défini et il est possible de différencier les fondations superficielles et les fondations semi-profondes :

- $D_e/B < 1,5$: la fondation est dite superficielle et en général, il convient alors de négliger les réactions latérales (frottement sur les faces latérales, butée) dans l'évaluation de la portance ;
- $1,5 < D_e/B < 5,0$: la fondation est dite semi-profonde. Il convient de prendre en compte les réactions latérales en négligeant les couches de terrain les plus proches de la surface.

En pratique pour les écrans acoustiques, les fondations sont assimilées, soit à des fondations superficielles, soit à des fondations profondes. On ne traite pas dans ce guide des fondations composites (fondations mixtes, fondations sur inclusions souples ou rigides).

3.5.2 - Les reconnaissances des sols

3.5.2.1 - Principes

Les reconnaissances de sol sont définies dans le cadre d'un programme d'essais et ont deux objectifs : d'une part apprécier la nature des terrains de fondation et d'autre part estimer leurs propriétés mécaniques pour déterminer le type, les dimensions et la profondeur des fondations à mettre en œuvre. L'élaboration du programme d'essais est établie par un géotechnicien. Elle comporte les phases suivantes :

- une analyse de la géologie : relevés de terrains, prélèvements et carte géologique ;
- une analyse du dossier d'ouvrage dans le cas d'une infrastructure existante : plan de récolement, comptes rendus de chantier, dossier d'ouvrage exécuté, etc. ;
- une visite sur site permettant de déterminer la nature des terrains en place ou rapportés et de préciser la géométrie du site (talus, emprises). Les éventuels signes d'instabilité des pentes de ces talus doivent être repérés. Dans ce cas, une étude spécifique est à mener et les principes exposés dans ce guide ne sont pas suffisants.

Le contenu du programme d'essais est différent suivant que l'infrastructure est en cours de construction ou déjà réalisée (cf. figure 49). Dans le cas où l'infrastructure est en cours de construction, de nombreuses données géotechniques sont normalement disponibles. Le géotechnicien en charge du dimensionnement des fondations s'attache donc éventuellement à les compléter.

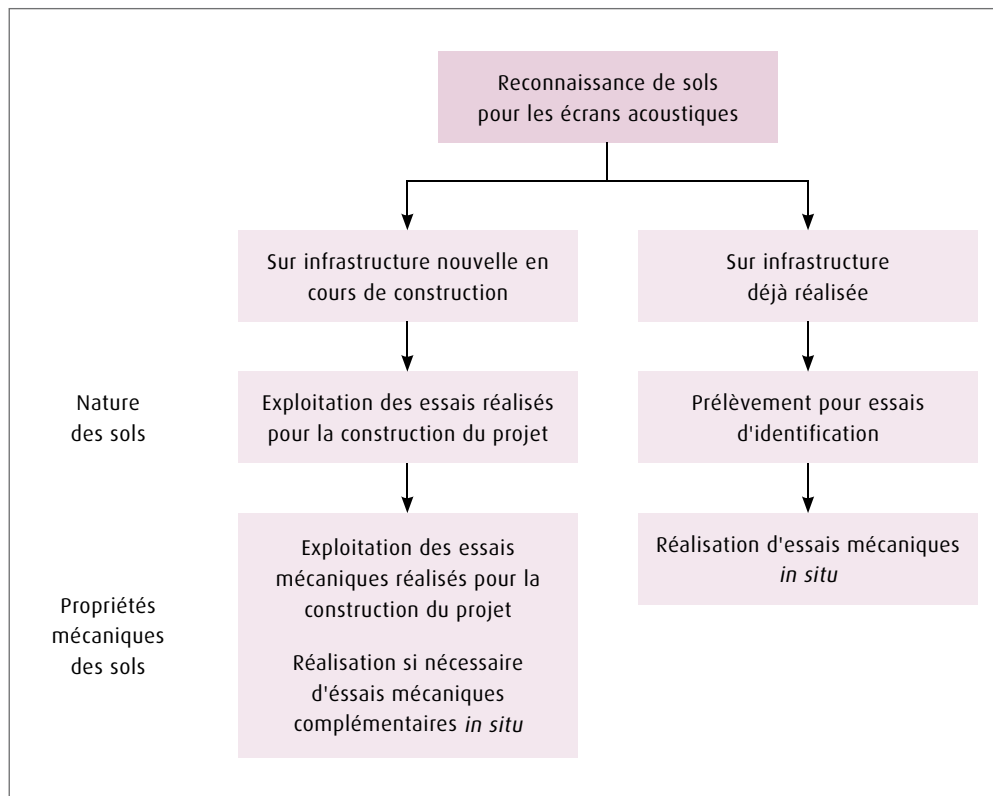


Figure 49 : Reconnaissance de sols pour les écrans acoustiques

3.5.2.2 - Nature des sols

Les natures des sols rencontrés correspondent en général aux catégories conventionnelles de terrain définies dans les normes :

- argiles et limons ;
- sables et graves ;
- craies ;
- marnes ;
- roches altérées ou fragmentées.

Les sols mis en remblai sont à rattacher à l'une des catégories définies ci-dessus.

Le prélèvement des sols peut être réalisé à partir d'essais à la pelle mécanique, de sondages à la tarière ou de sondages carottés. Leur nature est quant à elle déterminée à partir d'essais d'identification usuels (granulométrie, teneur en eau, poids volumique, VBS (Valeur de Bleu Sol), limites d'Atterberg, etc.).

Si la réalisation des écrans acoustiques est postérieure à celle de l'infrastructure, le géotechnicien analysera les données disponibles (dossier d'ouvrage). Celles-ci permettent dans certains cas de ne pas réaliser de prélèvements de sol et d'essais d'identification. Une campagne complémentaire est envisagée dans le cas où l'écran est réalisé dans des sols n'ayant pas fait l'objet d'une reconnaissance suffisante.

3.5.2.3 - Propriétés mécaniques des sols

Les essais à réaliser sont choisis en fonction du type de fondation présumé pour l'écran acoustique (superficiel ou profond). Trois types d'essais peuvent être envisagés :

- l'essai pressiométrique ;
- l'essai pénétrométrique statique ;
- l'essai à la plaque, uniquement pour les fondations superficielles situées sur un remblai en cours de construction.



Les règles de calcul permettant de relier les résultats d'essais pénétrométriques ou pressiométriques avec la capacité portante d'une fondation superficielle ou profonde sont définies dans les normes d'application nationales de l'Eurocode 7 (NF P94-261 [6] pour les fondations superficielles et NF P94-262 [7] pour les fondations profondes). De telles règles de dimensionnement n'existent pas pour les essais à la plaque. Le module EV1 peut cependant être corrélé de façon prudente aux valeurs de pression limite nette pressiométrique (cf. tableau ci-après). Ces corrélations ne sont pas applicables à des terrains en place mais concernent uniquement des terrains remblayés où les conditions de mise en œuvre sont maîtrisées et où les valeurs des modules à la plaque ont fait l'objet d'un contrôle. Par ailleurs, ces corrélations ne peuvent être utilisées que pour la justification de fondations superficielles. En l'absence d'essais, on considérera une pression limite nette égale à 1 MPa pour les remblais routiers neufs et égale à 0,5 MPa pour les remblais routiers existants. Les merlons ne sont pas considérés comme des remblais routiers mais une valeur de 0,5 MPa pourra néanmoins être retenue.

Nature des terrains		Pression limite pl^* [MPa]					Craie
		Sols fins			Sols grenus		
		Argile	Limon	Marne	Sable	Grave	
Module EV1 (MPa)	10	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	(1)
	20	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	
	30	0,9	0,9	0,9	1,1	1,2	
	40	1,1	1,2	1,1	1,3	1,5	

(1) : pas de corrélation proposée

Tableau 17 : Corrélations indicatives entre la pression limite nette pl^* et le module EV1 d'un sol

3.5.3 - Justification des fondations superficielles

Afin de procéder au dimensionnement des fondations de l'écran acoustique, une liste des états limites à justifier doit être établie selon le contexte.

Pour les états limites ultimes (ELU), tous les phénomènes qui peuvent entraîner la ruine de l'écran acoustique doivent être pris en compte. On doit vérifier la sécurité vis-à-vis des états limites pertinents. Il s'agit en général au minimum des états limites suivants (Section 8.2 de la norme NF P94-261) :

- rupture par poinçonnement du sol support : défaut de capacité portante et excès d'excentricité du chargement appliqué à la fondation (GEO pour géotechnique) ;
- rupture par glissement (GEO) ;
- rupture de la structure de la fondation (STR pour structure).

Pour les états limites de service (ELS), tous les phénomènes qui peuvent être préjudiciables à la fonction de l'écran acoustique porté par la fondation doivent être pris en compte (Section 8.3 de la norme NF P94-261). Les critères à vérifier concernent en général au minimum :

- l'excentricité du chargement appliqué à la fondation (GEO) ;
- la portance de la semelle (GEO) : cette vérification pour les ELS, analogue à celle pour les ELU, permet de limiter la charge transmise au terrain de manière à prévenir les phénomènes de fluage.

Des critères relatifs aux déplacements de la fondation (tassements et rotations) peuvent être également définis, mais ce n'est généralement pas le cas pour les écrans courants. Ces critères peuvent être envisagés pour des écrans de grande hauteur ($H > 6$ m) implantés dans des sites géotechniques sensibles.

3.5.3.1 - Justification géotechnique GEO

Justifications aux ELU (Sections 9 et 10 de la norme NF P94-261)

Portance du sol support (Section 9 de la norme NF P94-261)

Les justifications aux ELU concernent la portance et le poinçonnement du sol support.



Pour démontrer qu'une fondation superficielle d'écran acoustique est correctement dimensionnée vis-à-vis d'une rupture par défaut de portance du terrain, on doit vérifier, selon l'approche de calcul 2 de la norme NF EN 1997-1, que l'inégalité suivante est satisfaite, pour tous les cas de charges et de combinaisons de charges :

$$V_d - R_0 \leq R_{v,d}$$

où,

V_d est la valeur de calcul de la charge verticale transmise par la fondation superficielle au terrain. Dans le cadre de l'approche de calcul 2, elle est obtenue en appliquant directement les coefficients partiels aux actions s'appliquant sur l'écran ;

R_0 est la valeur du poids du volume de terrain constitué du volume de la fondation sous le terrain naturel et des terrains compris entre la fondation et le terrain naturel (le terme « terrain naturel » désignant le niveau du terrain à la fin des travaux après réalisation de la fondation) ;

$R_{v,d}$ est la valeur de calcul de la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle. Elle doit être déterminée en appliquant les relations suivantes :

$$R_{v,d} = R_{v,k} / \gamma_{R,v}$$

$$R_{v,k} = A' \cdot q_{net} / \gamma_{R,d,v}$$

où,

- $R_{v,k}$ est la valeur caractéristique de la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle ;
- $\gamma_{R,v}$ est le facteur partiel permettant le calcul de la portance à l'ELU pour les situations durables et transitoires. Sa valeur est égale à 1,2 pour les ELU dans les situations durables et transitoires et 1,0 pour les ELU dans les situations accidentelles. Elle ne dépend pas du modèle de calcul ;
- $\gamma_{R,d,v}$ est le coefficient de modèle. Pour les modèles de calcul pressiométriques et pénétrométriques, il vaut 1,2 ;
- A' est la valeur de la surface effective de la semelle (Annexe Q de la norme NF P94-261) ;

Pour une semelle filante ($B \ll L$), la valeur A' de la surface effective de la fondation superficielle est déterminée à partir de la relation suivante :

$$A' = A \cdot (1 - 2 \cdot e / B) = L \cdot B \cdot (1 - 2 \cdot e / B)$$

où,

- e est l'excentrement de la résultante ;
 - B est la largeur de la semelle de fondation ;
 - L est la longueur de la semelle de fondation ;
 - A est la surface de la semelle de fondation.
- q_{net} est la valeur de la contrainte associée à la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle calculée selon une méthode de calcul appropriée (Annexes D, E ou F de la norme NF P94-261).

Lorsque la résistance nette q_{net} est déterminée à partir de la pression limite pressiométrique, elle est déterminée à partir de la relation suivante :

$$q_{net} = k_p \cdot p_{le}^* \cdot i_\delta \cdot i_\beta$$

où,

- p_{le}^* est la pression limite nette équivalente (Section D.2.2 de la norme NF P94-261) ;
- k_p est le facteur de portance pressiométrique (Section D.2.3 de la norme NF P94-261) ;
- i_δ est le coefficient de réduction de portance lié à l'inclinaison du chargement, il vaut 1,0 si la charge est verticale. L'inclinaison δ_d du chargement est définie par : $\delta_d = \arctan(H_d / V_d)$ avec H_d et V_d les valeurs de calcul de la composante des efforts respectivement horizontale et verticale ;
- i_β est le coefficient de réduction de portance lié à la proximité d'un talus de pente β (cf. figure ci-après), il vaut 1,0 si la fondation est suffisamment éloignée d'un talus ($d > 8B$).

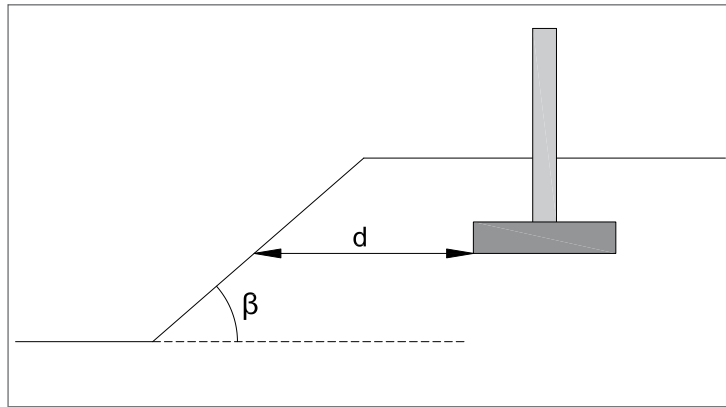


Figure 50 : Fondation superficielle à proximité d'un talus

Le produit de ces coefficients de réduction i_{δ}, i_{β} rend compte d'une charge inclinée et dirigée vers l'extérieur du talus. Dans ce cas, les effets liés à l'inclinaison de la charge et à la pente du talus β se cumulent. Le cas où les effets de l'inclinaison de la charge et de la pente du talus β sont antagonistes n'est *a priori* pas à traiter pour le dimensionnement d'un écran acoustique en tête de talus.

Il est important de noter que les valeurs du coefficient partiel $\gamma_{R,v}$ diffèrent de celles de la norme NF P94-261. Elles sont définies de manière à atteindre un niveau de sécurité analogue à celui d'une fondation superficielle supportant un mur de soutènement.

Excentrement de la charge (Section 9 de la norme NF P94-261)

Aux ELU, pour les situations durables et transitoires, il convient de limiter l'excentrement du chargement appliqué à la fondation de l'écran acoustique. Pour une semelle filante de largeur B , la relation suivante doit être vérifiée :

$$1 - 2.e / B \geq 1/15$$

Glissement (Section 10 de la norme NF P94-261)

Pour démontrer que la fondation superficielle de l'écran acoustique est correctement dimensionnée vis-à-vis d'une rupture par glissement sur le terrain, on doit vérifier, selon l'approche de calcul 2 de la norme NF EN 1997-1, que l'inégalité suivante est satisfaite, pour tous les cas de charge et de combinaisons de charges :

$$H_d \leq R_{h,d}$$

où,

H_d est la valeur de calcul de la charge horizontale (ou parallèle à la base de la fondation). Dans le cadre de l'approche de calcul 2, elle est obtenue en appliquant directement les coefficients partiels aux actions s'appliquant sur l'écran ;

$R_{h,d}$ est la valeur de calcul de la résistance au glissement de la fondation sur le terrain.

La valeur de calcul de la résistance ultime au glissement du terrain $R_{h,d}$ sous la base d'une fondation superficielle doit être déterminée, conformément à l'expression suivante :

$$R_{h,d} = V_d \tan \delta_{ak} / \gamma_{R,h} / \gamma_{R,d,h}$$

où,

V_d est la valeur caractéristique de la charge effective verticale transmise par la fondation superficielle, déduite de la situation donnant la valeur de la charge H_d ;

$\gamma_{R,h}$ est le facteur partiel pour la résistance au glissement de la fondation superficielle, sa valeur est égale à 0,9 pour les situations durables et transitoire et 0,85 pour les situations accidentelles ;

$\gamma_{R,d,h}$ est le coefficient de modèle lié à l'estimation de la résistance ultime au glissement, sa valeur est égale à 1,1 pour les situations durables et transitoires et 1,1 pour les situations accidentelles ;

δ_{ak} est la valeur caractéristique de l'angle de frottement à l'interface entre la base de la fondation et le terrain ; il est pris égal à 2/3 de l'angle de frottement du sol support lorsque la fondation est préfabriquée et est égal à l'angle de frottement du sol support lorsque la fondation est coulée en place.



Il est important de noter que les valeurs du coefficient partiel $\gamma_{R,h}$ diffèrent de celles de la norme NF P94-261. Elles sont définies de manière à atteindre un niveau de sécurité analogue à celui d'une fondation superficielle supportant un mur de soutènement.

Justification des ELS (Section 13 de la norme NF P94-261)

Excentrement de la charge

Pour une semelle filante de largeur B et dans le cas des combinaisons de charge quasi permanentes et caractéristiques, il convient de vérifier le critères suivant : $1 - 2.e / B \geq 1/2$.

Il est important de noter que ce critère diffère de celui de la norme NF P94-261. Il est défini de manière à rendre compte d'un niveau de sécurité analogue à celui d'une fondation superficielle supportant un mur de soutènement.

Limitation de la charge transmise à la fondation

Le critère de limitation de la charge transmise au terrain est à vérifier à l'ELS quasi permanent et à l'ELS caractéristique. Il nécessite de satisfaire les relations suivantes :

$$V_d - R_0 \leq R_{v,d}$$

avec :

$$R_{v,d} = R_{v,k} / \gamma_{R,v}$$

$$R_{v,k} = A' q_{net} / \gamma_{R,d,v}$$

où,

V_d est la valeur de calcul de la charge verticale transmise par la fondation superficielle au terrain ;

R_0 est la valeur du poids du volume de terrain constitué du volume de la fondation sous le terrain naturel et des terrains compris entre la fondation et le terrain naturel ;

$R_{v,d}$ est la valeur de calcul de la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle ;

$\gamma_{R,v}$ est le facteur partiel à considérer, il est égal à 2,0 à l'ELS quasi permanent et à l'ELS caractéristique et sa valeur ne dépend pas du modèle de calcul ;

$R_{v,k}$ est la valeur caractéristique de la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle ;

q_{net} est la valeur de la contrainte associée à la résistance nette sous la fondation superficielle calculée selon une méthode de calcul appropriée (Annexes D, E ou F de la norme NF P94-261) ;

$\gamma_{R,d,v}$ est le coefficient de modèle lié à la méthode de calcul utilisée pour le calcul de la contrainte q_{net} . Pour les modèles de calcul pressiométriques et pénétrométriques, il vaut 1,2.

Il est important de noter que les valeurs du coefficient partiel $\gamma_{R,v}$ diffèrent de celles de la norme NF P94-261. Elles sont définies de manière à rendre compte d'un niveau de sécurité analogue à celui d'une fondation superficielle supportant un mur de soutènement.



Synthèse des coefficients partiels à utiliser

Les coefficients partiels à utiliser pour les justifications aux ELS et aux ELU sont présentés dans le tableau suivant. En rouge, les valeurs qui diffèrent de la NF P94-261.

	Portance		Limitation de l'excentrement	Glissement	
	$\gamma_{R,v}$	$\gamma_{R,d,v}$ pour les modèles pressiométriques et pénétrométriques.		$\gamma_{R,h}$	$\gamma_{R,d,h}$
ELU pour les situations durables et transitoires	1,2	1,2	$1 - 2.e/B \geq 1/15$	0,9	1,1
ELU pour les situations accidentelles	1,0	1,2	$1 - 2.e/B \geq 1/15$	0,85	1,1
ELS pour les combinaisons quasi permanentes	2,0	1,2	$1 - 2.e/B \geq 1/2$		
ELS pour les combinaisons caractéristiques	2,0	1,2	$1 - 2.e/B \geq 1/2$		

Tableau 18 : Synthèse des coefficients partiels à l'ELU et à l'ELS

3.5.3.2 - Justification de la structure de la fondation superficielle STR

Les fondations superficielles sont classiquement des structures en béton armé. Par conséquent, les justifications concernant la résistance de la structure de la fondation doivent être conduites conformément aux instructions de la norme NF EN 1992. En particulier :

- l'enrobage minimal doit être déterminé notamment en fonction de la classe d'exposition de l'ouvrage (Section 4 de la série de normes NF EN 1992) ;
- les sections doivent présenter une quantité minimale d'armatures adhérentes pour maîtriser la fissuration (Section 7.3.2 de la norme NF EN 1992).

Les procédures d'estimation de la réaction du terrain transmise à une fondation superficielle pour le calcul de son ferrailage sont présentées dans l'annexe G de la norme NF P94-261. Il est, en particulier, possible d'envisager un modèle de répartition triangulaire ou trapézoïdale des contraintes.

3.5.4 - Justification des fondations profondes

Les fondations profondes des écrans acoustiques sont majoritairement constituées de pieux forés coulés en place en béton armé ou de pieux métalliques battus ou vibrofoncés. Ces fondations sont essentiellement sollicitées axialement en compression et transversalement en flexion. Compte tenu des dimensions des éléments de fondation et de leur espacement, ils peuvent être généralement considérés comme des éléments isolés. Afin de procéder au dimensionnement des fondations de l'écran acoustique, une liste des états limites à justifier doit être établie selon le contexte.

Pour les états limites ultimes (ELU), tous les phénomènes qui peuvent entraîner la ruine de l'ouvrage doivent être pris en compte et on doit vérifier la sécurité vis-à-vis des états limites pertinents. Il s'agit, en général, au minimum, des états limites suivants (Clause 8.1(3) de la norme NF P94-262) :

- la stabilité de chaque pieu vis-à-vis d'une rupture locale du terrain (GEO) ;
- la résistance à la rupture des fondations profondes (STR).

Vis-à-vis des états limites de service (ELS), il convient de justifier, lorsqu'il y a lieu (Clause 8.1(4) de la norme NF P94-262) :

- que la charge axiale de calcul transmise à la fondation profonde est inférieure à une certaine proportion de la charge de fluage (GEO) ;
- que les sollicitations axiales et transversales de la fondation profonde sont compatibles avec les exigences de la norme appropriée à la justification de sa structure en condition de service (STR).

Des critères relatifs aux déplacements de la fondation peuvent être également définis, mais ce n'est généralement pas le cas pour les écrans acoustiques.



3.5.4.1 - Matériaux constitutifs des fondations profondes

Résistance caractéristique du béton

Nous donnons ici les valeurs adaptées au cas des pieux forés, pour plus de détails, le lecteur est invité à se reporter à la norme NF P94-262.

La valeur caractéristique de la résistance à la compression du béton d'un pieu, doit être déterminée à partir de la formule suivante (Clause 6.4.1 (3) de la norme NF P94-262) :

$$f_{ck}^* = \inf(f_{ck}(t); C_{max}; f_{ck}) \cdot \frac{1}{k_1 k_2}$$

avec :

f_{ck} : résistance caractéristique en compression du béton à 28 jours ;

$f_{ck(t)}$: résistance caractéristique en compression du béton à t jours ;

C_{max} tient compte des sujétions de mise en œuvre du béton suivant la technique utilisée.

Pour des pieux forés, le tableau 6.4.1.1 de la norme NF P94-262 donne :

- $C_{max} = 35$ MPa ;

Nota : L'annexe Q de la norme NF P94-262 ne s'applique pas aux écrans acoustiques.

Les coefficients k_1 et k_2 tiennent compte des conditions de mise en œuvre.

- $k_1 = 1,3$ pour les pieux forés.

Le coefficient k_1 peut être diminué de 0,1, pour les pieux forés, lorsque la nature des terrains traversés garantit la stabilité des parois du forage ou quand le pieu est tubé et bétonné à sec (Clause 6.4.1 (5) de la norme NF P94-262).

- La valeur du coefficient k_2 pour les pieux forés est définie suivant les exigences suivantes (Clause 6.4.1 (6) de la norme NF P94-262) :
 - $k_2 = 1,05$ pour les pieux forés dont le rapport de la plus petite dimension B à la longueur est inférieur à 1/20,
 - $k_2 = 1,3 - B/2$ pour les pieux forés dont la plus petite dimension est inférieure à 0,60 m,
 - $k_2 = 1,35 - B/2$ pour les pieux forés et les barrettes réunissant les deux conditions ci-dessus.

La vérification du béton à l'ELS constitue une disposition suffisante qui dispense de prendre en compte l'abattement forfaitaire sur les dimensions nominales tel qu'envisagé à l'article 2.3.4.2 de la norme NF EN 1992-1.

La valeur de calcul de la résistance à la compression simple du béton d'un pieu, doit être déterminée à partir de la formule suivante et du tableau 6.4.1.2 de la norme NF P94-262 (Clause 6.4.1 (4) de la norme NF P94-262) :

$$f_{cd} = \min\left(\alpha_{cc} \cdot k_3 \cdot \frac{f_{ck}^*}{\gamma_c}; \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}(t)}{\gamma_c}; \alpha_{cc} \cdot \frac{C_{max}}{\gamma_c}\right)$$

avec α_{cc} un coefficient égal à 1 pour les pieux armés sur toute leur hauteur.

La valeur du coefficient k_3 peut être prise égale à 1,2 dans le cas d'un contrôle renforcé de la qualité et de la continuité du fût (Tableau 6.4.1.2 et 6.4.1 (8) de NF P94-262), c'est-à-dire si 1/6^e des pieux est ausculté par transparence lorsque cette méthode d'auscultation est retenue.

Les valeurs moyenne σ_{cmoy} et maximale σ_{cmax} des contraintes de compression du béton à l'état limite de service caractéristique ne doivent pas dépasser respectivement, et ce quelle que soit la classe d'exposition (6.4.1 (9) de NF P94-262) :

$$0,3 \cdot k_3 \cdot f_{ck}^* \text{ et } \min(0,6 \cdot k_3 \cdot f_{ck}^*; 0,6 f_{ck})$$

Adhérence des armatures passives

La contrainte ultime d'adhérence, f_{bd} des armatures à haute adhérence doit être déterminée conformément à la norme NF EN 1992-1-1 (Article 8.4.2) avec un coefficient η_1 égal à 1,0.

Pour déterminer la contrainte ultime d'adhérence f_{bd} des armatures à haute adhérence, on se réfère à f_{ck} et non à f_{ck}^* qui n'est utilisée que pour la vérification des états-limites du béton en compression. (Clause 6.4.1 (10) de la norme NF P94-262).



Espacement des armatures passives

Il convient de vérifier que l'espacement des armatures est inférieur à 5 fois $(c + \phi/2)$ (avec c l'épaisseur d'enrobage et ϕ le diamètre des armatures) et que la contrainte à l'ELS quasi permanent dans les aciers passifs, pour des éléments ou parties d'éléments fléchis (c'est-à-dire ayant une face tendue et une face comprimée, ce qui est le cas général pour les fondations des écrans acoustiques) ne dépasse pas la valeur suivante sous la combinaison d'action considérée (Clause 6.4.2 (3) de la norme NF P94-262) :

- $\sigma_s < 1000 w_{\max} ;$

Avec σ_s (MPa) la valeur absolue de la contrainte maximale admise dans l'armature immédiatement après la formation de la fissure et w_{\max} (mm) l'ouverture calculée des fissures.

Épaisseur d'acier sacrifiée à la corrosion des éléments métalliques (Section 12.3.2 de la norme NF P94-262)

Lorsque les éléments de fondations métalliques inclus dans le sol ne sont pas munis d'une protection reconnue efficace contre la corrosion, les calculs justificatifs sont conduits en neutralisant, sur l'ensemble du périmètre extérieur, une épaisseur sacrifiée à la corrosion. Pour les profils creux non entièrement remplis de béton ou de mortier, cette épaisseur est également neutralisée sur l'ensemble du périmètre intérieur.

Dans le cas des aciers laminés pour construction métallique sollicités en compression, on pourra admettre qu'un enrobage de mortier ou de coulis de ciment approprié peut constituer une protection efficace si les dispositions prévues permettent de garantir un enrobage minimal de 5 cm et que le coulis mis en œuvre est dosé à plus de 500 kg de ciment par mètre cube, avec un rapport eau sur ciment inférieur à 0,5 (12.3.2 Note 1 NF P94-262).

En référence à la norme NF P94-262 - 12.3.2 (2), les épaisseurs d'acier sacrifiées à la corrosion sont fixées en fonction de la durée de vie de l'ouvrage (Norme NF EN 1990 et son annexe nationale) et de l'agressivité du milieu environnant (Section 4 de la norme NF EN 1993-5 complétée de son annexe nationale). Un extrait du tableau 4.1 de la section 4 de la norme NF EN 1993-5 est reproduit ci-après.

Durée d'utilisation de projet	50 ans	75 ans	100 ans
Sols naturels intacts (sable, limon, argile, schiste, etc.)	0,60	0,90	1,20
Sols naturels pollués et sites industriels	1,50	2,25	3,00
Sols naturels agressifs (marais, marécages, tourbe, etc.)	1,75	2,50	3,25
Remblais non compactés et non agressifs (argile, schiste, sable, limon, etc.)	1,20	1,70	2,20
Remblais non compactés et agressifs (cendres, scories, etc.)	3,25	4,50	5,75

Nota : Les taux de corrosion dans les remblais compactés sont inférieurs à ceux observés dans les remblais non compactés. Dans les remblais compactés, il convient de diviser par deux les chiffres du tableau.

Tableau 19 : Valeurs recommandées pour perte d'épaisseur due à la corrosion

Les valeurs des taux de corrosion données par le tableau ci-dessus sont à utiliser à des fins de calcul en climat tempéré. Dans des zones à climat chaud (par exemple Martinique, Guadeloupe, Guyane, Polynésie, Mayotte, La Réunion) et à défaut de retour d'expérience sur la corrosion du site ou d'études, il convient de doubler les valeurs indiquées. (Clause 4.4 (1) de la norme NF EN 1993-5-NA).



3.5.4.2 - Justification géotechnique GEO

Vérifications de portance aux ELU (Section 9 de la norme NF P94-262)

Pour démontrer qu'une fondation profonde isolée supporte la charge de calcul avec une sécurité adéquate vis-à-vis d'une rupture par défaut de portance du terrain, l'inégalité suivante doit être satisfaite pour tous les cas de charge et de combinaisons de charges à l'ELU :

$$F_{c,d} \leq R_{c,d}$$

- $F_{c,d}$ est la valeur de calcul de la charge de compression axiale sur la fondation profonde ;
- $R_{c,d}$ est la valeur de calcul de portance de la fondation profonde.

La valeur de calcul de la portance $R_{c,d}$ est déterminée à partir d'une des deux formules données par la clause 9.2.1 (2) de la norme NF P94-262.

Les annexes F et G de la norme NF P94-262 donnent les principes de détermination de la portance d'un pieu à partir des modèles de calcul pressiométriques et pénétrométriques respectivement.

Vérifications de portance aux ELS (Section 14 de la norme NF P94-262)

Le niveau de sollicitation du terrain par une fondation profonde à l'ELS doit être compatible avec les exigences de déplacement axial de la fondation profonde soumise à une charge axiale. Sauf autres spécifications (Clause 14.3 (1) de la norme NF P94-262), il convient simplement de vérifier que la mobilisation du terrain demeure inférieure à la valeur de calcul de la charge de fluage de compression (cas général de fonctionnement des fondations des écrans acoustiques) $R_{c,cr,d}$. L'inégalité suivante doit être satisfaite :

$$F_d \leq R_{c,cr,d}$$

avec :

$$R_{c,cr,d} = R_{c,cr,k} / \gamma_{cr}$$

F_d est la valeur de calcul à l'ELS de la charge verticale transmise par le pieu au terrain ;

$R_{c,cr,d}$ est la valeur de calcul de la charge de fluage de compression du terrain ;

$R_{c,cr,k}$ est la valeur caractéristique de la charge de fluage de compression ;

γ_{cr} est la valeur du facteur partiel sur la charge de fluage de compression (Tableaux 14.2.1.1 et 14.2.1.2 de NF P94-262).

Résistance	Symbole	ELS - Combinaisons caractéristiques	ELS - Combinaisons quasi-permanentes
		Valeurs	Valeurs
Fût en compression	γ_{cr}	0,9	1,1

Tableau 20 : Facteurs partiels de résistance pour les fondations profondes

Charge de fluage d'une fondation profonde (Section 14.2.2 la norme NF P94-262)

Il convient que les valeurs caractéristiques de la charge de fluage de compression $R_{c,cr,k}$ d'une fondation profonde soient évaluées à partir des valeurs caractéristiques des résistances de pointe $R_{b,k}$ et de frottement axial $R_{s,k}$ par les relations suivantes :

- pour les éléments de fondation mis en œuvre sans refoulement du sol :

$$R_{c,cr,k} = 0,5R_{b,k} + 0,7R_{s,k}$$

- pour les éléments de fondation mis en œuvre avec refoulement du sol :

$$R_{c,cr,k} = 0,7R_{b,k} + 0,7R_{s,k}$$



Résistance aux charges transversales aux ELU et aux ELS (Section 11 de la norme NF P94-262)

La résistance des fondations profondes de l'écran sous charge transversale doit être vérifiée tant pendant les phases de construction qu'une fois l'ouvrage achevé.

Les vérifications doivent être effectuées conformément aux dispositions de la norme NF P94-262 et en particulier des articles 8.2 (Note 1), 11.2 et 11.3 et des annexes I et K. Il s'agit de vérifier, en tout point de la fondation, que le torseur d'effort calculé (moment et effort tranchant) est admissible vis-à-vis des propriétés du matériau constituant la fondation. Ce calcul est en général mené par une méthode au coefficient de réaction (méthode de calcul d'interaction sol-structure MISS).

Pour les combinaisons à l'**ELU**, dans des situations de calcul durables et transitoires, les valeurs maximales des lois d'interaction locales utilisées sont limitées à des valeurs correspondant au niveau r1 (Annexe I de la norme NF P94 262).

Les raideurs des lois de réaction sont déterminées en considérant des sollicitations de courte durée d'application. Les efforts appliqués en tête de pieu sont calculés selon l'approche de calcul de 2 de la norme NF EN 1997-1. Leur valeur est obtenue en appliquant directement les coefficients partiels aux actions s'appliquant sur l'écran. Cette vérification a pour objectif de vérifier la stabilité de l'écran.

Pour les combinaisons à l'**ELS**, dans des situations de calcul quasi permanentes ou caractéristiques, les valeurs maximales des lois d'interaction locales utilisées sont limitées à des valeurs correspondant au niveau r1 (Annexe I de la norme NF P94-262). **Les raideurs des lois de réaction sont déterminées en considérant des sollicitations de courte durée d'application.** Cette vérification a pour objectif, d'une part, de contrôler l'adéquation entre le déplacement de la fondation profonde et l'écran acoustique et, d'autre part, de limiter les phénomènes de fluage.

3.5.4.3 - Justification de la structure de la fondation profonde (STR)

La vérification de la résistance structurale des fondations profondes est présentée dans la section 12 de la norme NF P94-262 et relève des normes de calcul relatives au matériau qui les constitue (par exemple la norme NF EN 1992 1-1 avec son annexe nationale NF EN 1992-1-1/NA pour les fondations profondes en béton armé ou les normes NF EN 1993-1-1 et NF EN 1993-5 avec leur annexe nationale NF EN 1993-1-1/NA et NF EN 1993-5/NA pour les pieux métalliques tubulaires, les palplanches, etc.).

Des dispositions complémentaires à la série de normes NF EN 1992 sont données dans les sections 6.4 et 12 de la norme NF P94-262. Elles concernent les facteurs à appliquer aux valeurs caractéristiques des résistances du béton pour tenir compte du mode d'exécution des fondations profondes en béton, des contrôles d'intégrité effectués et des spécificités de dimensionnement des fondations profondes vis-à-vis de l'effort tranchant.

Pour démontrer que la résistance structurale d'une fondation profonde est assurée avec une sécurité adéquate, on doit vérifier que la résistance du matériau constitutif de la fondation profonde est suffisante pour supporter les effets des actions (effort tranchant, moment fléchissant, effort normal) qui lui sont appliquées.



Annexes

A.1 - Abaques de détermination des effets du vent

A.1.1 - Mode d'emploi

Étape 1 : Prendre en compte la zone géographique correspondant à l'implantation de l'écran

- Régions de vent

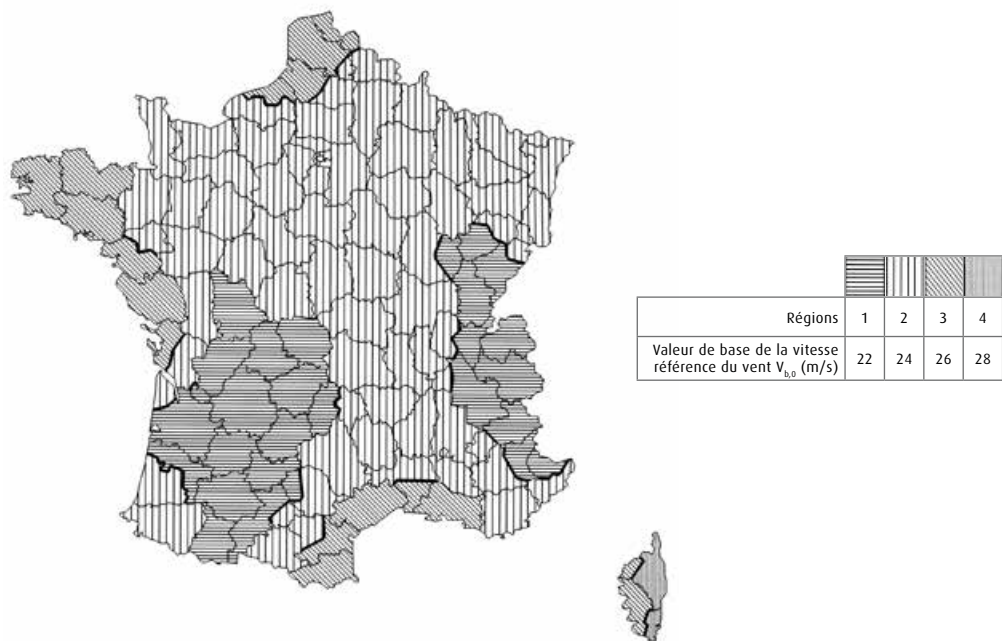


Figure A.1 : Carte des vents en France métropolitaine

Département	Région(s)	Département	Région (s)	Département	Région (s)	Département	Région (s)
01 Ain	1;2	24 Dordogne	1	48 Lozère	2	72 Sarthe	2
02 Aisne	2	25 Doubs	1;2	49 Maine-et-Loire	2	73 Savoie	1
03 Allier	2	26 Drôme	2	50 Manche	2	74 Haute-Savoie	1
04 Alpes-de-Hautes-Provence	1;2	27 Eure	2	51 Marne	2	75 Paris	2
05 Hautes-Alpes	1;2	28 Eure-et-Loir	2	52 Haute-Marne	2	76 Seine-Maritime	2;3
06 Alpes-Maritimes	1;2	29 Finistère	3	53 Mayenne	2	77 Seine-et-Marne	2
07 Ardèche	2	30 Gard	2;3	54 Meurthe -et-Moselle	2	78 Yvelines	2
08 Ardennes	2	31 Haute-Garonne	1;2	55 Meuse	2	79 Deux-Sèvres	2
09 Ariège	2	32 Gers	1	56 Morbihan	3	80 Somme	2;3
10 Aube	2	33 Gironde	1;2	57 Moselle	2	81 Tarn	1;2
11 Aude	2;3	34 Hérault	3	58 Nièvre	2	82 Tarn-et-Garonne	1
12 Aveyron	2	35 Ille-et-Vilaine	2	59 Nord	2;3	83 Var	2
13 Bouches-du Rhône	3	36 Indre	2	60 Oise	2	84 Vaucluse	2
14 Calvados	2	37 Indre-et-Loire	2	61 Orne	2	85 Vendée	3
15 Cantal	1;2	38 Isère	1;2	62 Pas-de-Calais	2;3	86 Vienne	1
16 Charente	1	39 Jura	1	63 Puy-de-Dôme	2	87 Haute-Vienne	1
17 Charente-Maritime	1;2;3	40 Landes	1;2	64 Pyrénées-Atlantiques	2	88 Vosges	2
18 Cher	2	41 Loir-et-Cher	2	65 Hautes-Pyrénées	1	89 Yonne	2
19 Corrèze	1	42 Loire	2	66 Pyrénées-Orientales	3	90 Territoire de Belfort	2
2A Corse-du-Sud	3;4	43 Haute-Loire	2	67 Bas-Rhin	2	91 Essonne	2
2B Haute-Corse	3;4	44 Loire-Atlantique	2;3	68 Haut-Rhin	2	92 Hauts-de-Seine	2
21 Côte-d'Or	1;2	45 Loiret	2	69 Rhône	2	93 Seine-Saint-Denis	2
22 Côtes-d'Armor	3	46 Lot	1	70 Haute-Saône	1.2	94 Val-de-Marne	2
23 Creuse	1	47 Lot-et-Garonne	1	71 Saône-et-Loire	2	95 Val-d'Oise	2

Tableau A.1 : Tableau 4.3(NA) NF EN 1991-1-4 - Définition des régions climatiques selon les départements

Département	Région (s)	Cantons
01 Ain	2	Bâgé-le-Châtel, Chalamont, Châtillon-sur-Chalaronne, Coligny, Meximieux, Miribel, Montluel, Montrevel-en-Bresse, Pont-de-Vaux, Pont-de-Veyle, Reyrieux, Saint-Trivier-de-Courtes, Saint-Trivier-sur-Moignans, Thoissey, Trévoux, Villars-les-Dombes
	1	Tous les autres cantons
04 Alpes-de-Haute-Provence	1	Annot, Barcelonnette, Colmars, Entrevaux, Javie (la), Lauzet-Ubaye (le), Saint-André-les-Alpes, Seyne
	2	Tous les autres cantons
05 Hautes-Alpes	2	Aspres-sur-Buëch, Barillonnette, Laragne-Montéglin. Orpierre, Ribiers, Rosans, Serres, Tallard, Veynes
	1	Tous les autres cantons
06 Alpes-Maritimes	1	Guillaumes. Puget-Théniers, Saint-Étienne-de-Tinée, Saint-Martin-Vésubie, Saint-Sauveur-sur-Tinée, Villars-sur-Var
	2	Tous les autres cantons
11 Aude	2	Alaigne, Alzonne, Belpech, Carcassonne (tous cantons), Castelnaudary (tous cantons). Chalabre, Conques-sur-Orbiel, Fanjeaux. Limoux, Mas-Cabardès, Montréal, Saissac, Salles-sur-l'Hers
	3	Tous les autres cantons
15 Cantal	2	Allanche, Chaudes-Aigues, Condat, Massiac. Murat, Pierrefort, Ruynes-en-Margeride, Saint-Flour (tous cantons)
	1	Tous les autres canton
17 Charente-Maritime	1	Montendre, Montguyon, Montlieu-la-Garde
	2	Archiac, Aulnay. Burie, Cozes, Gémozac, Jonzac, Loulay, Matha, Mirambeau, Pons, Saintes (tous cantons), Saint-Genis-de-Saintonge, Saint-Hilaire-de-Villefranche, Saint-Jean-d'Angély, Saint-Porchaire, Saint-Savinien, Saujon. Tonnay-Boutonne.
	3	Tous les autres cantons
2A Corse-du-Sud	4	Bonifacio. Figari, Levie, Porto-Vecchio, Serra-di-Scopamène
	3	Tous les autres cantons
2B Haute-Corse	3	Belgodère, Calenzana, Calvi, Ile-Rousse (l')
	4	Tous les autres cantons
21 Côte-d'Or	1	Auxonne, Chenôve, Dijon (tous cantons), Fontaine-Française, Fontaine-les -Dijon, Genlis, Grancey-le-Château-Neuville, Is-sur-Tille, Mirebeau-sur-Bèze, Pontallier-sur-Saône, Saint-Jean-de-Losne, Saint-Seine-l'Abbaye, Selongey
	2	Tous les autres cantons
25 Doubs	2	Audincourt. Clerval, Etupes. Hérimoncourt, Isle-sur-le-Doubs (l'), Maiche, Montbéliard (tous cantons), Pont-de-Roide, Saint-Hippolyte, Sochaux, Valentigney
	1	Tous les autres cantons
30 Gard	3	Aigues-Mortes, Aimargues, Aramon, Beaucaire, Bouillargues, Saint-Gilles, Marguerittes, Nîmes (tous cantons), Quissac, Saint-Mamert-du-Gard, Sommières, Vauvert
	2	Tous les autres cantons

Département	Région (s)	Cantons
31 Haute-Garonne	2	Auterive, Caraman, Cintegabelle, Lanta, Montgiscard, Nailloux, Revel, Villefranche-de-Lauragais
	1	Tous les autres cantons
33 Gironde	2	Castelnau-de-Médoc, Lesparre-Médoc, Pauillac, Saint-Laurent-Médoc, Saint-Vivien-de-Médoc
	1	Tous les autres cantons
38 Isère	2	Beaurepaire, Heyrieux, Saint-Jean-de-Bournay
	1	Tous les autres cantons
40 Landes	2	Amou, Castets, Dax (tous cantons), Montfort-en-Chalosse, Mugron, Peyrehorade, Pouillon, Saint-Martin-de-Seignanx, Saint-Vincent-de-Tyrosse, Soustons, Tartas (tous cantons)
	1	Tous les autres cantons
44 Loire-Atlantique	2	Ancenis, Blain, Châteaubriant, Derval, Guémené-Penfao, Ligné, Moisdon-la-Rivière, Nort-sur-Erdre, Nozay, Riallé, Rougé, Saint-Julien-de-Vouvantes, Saint-Marc-la-Jalle, Saint-Nicolas-de-Redon, Varades
	3	Tous les autres canton
59 Nord	2	Arleux, Anzin, Avesnes-sur-Helpe (tous cantons), Bavay, Berlaimont, Bouchain, Cambrai (tous cantons), Carnières, Cateau-Cambrésis (le), Clary, Condé-sur-l'Escaut, Denain, Douai (tous cantons), Hautmont, Landrecies, Marchiennes, Marcoing, Maubeuge (tous cantons), Solre-le-Château, Quesnoy (le) (tous cantons), Saint-Amand-les-Eaux (tous cantons), Solesmes, Trélon, Valenciennes (tous cantons)
	3	Tous les autres cantons
62 Pas-de-Calais	2	Bapaume, Bertincourt, Croisilles, Marquion, Vitry-en-Artois
	3	Tous les autres cantons
70 Haute-Saône	1	Autrey-lès-Gray, Champlitte, Dampierre-sur-Salon, Fresnes-Saint-Mamès, Gray, Gy, Marnay, Montbozon, Pesmes, Rioz, Scey-sur-Saône-et-Saint-Albin
	2	Tous les autres cantons
76 Seine-Maritime	3	Bacqueville-en-Caux, Blangy-sur-Bresles, Cany-Barville, Eu, Dieppe (tous cantons), Envermeu, Fontaine-le-Dun, Offranville, Saint-Valéry-en-Caux
	2	Tous les autres cantons
80 Somme	2	Ailly-sur-Noye, Albert, Bray-sur-Somme, Chaulnes, Combles, Ham, Montdidier, Moreil, Nesle, Péronne, Roisel, Rosières-en-Santerre, Roye
	3	Tous les autres cantons
81 Tarn	1	Cadalen, Castelnau-de-Montmiral, Cordes-sur-Ciel, Gaillac, Graulhet, Lavaur, Lisle-sur-Tarn, Rabastens, Saint-Paul-Cap-de-Joux, Salvagnac, Vaour
	2	Tous les autres cantons

Tableau A.2 : Tableau 4.4(NA) NF EN 1991-1-4 - Départements appartenant à plusieurs régions de vent: découpage selon les cantons

Étape 2 : Déterminer le type de rugosité du terrain environnant



Figure 4.6(NA) - Rugosité 0 (mer) et IV (ville)



Figure 4.8(NA) - Rugosité II (rase campagne)



Figure 4.9(NA) - Rugosité IIIa (campagne avec des haies, bocage...)



Figure 4.11(NA) - Rugosité IIIb (zone industrielle)

Figure A.2 : Figures de rugosité du terrain environnant selon NF EN 1991-1-4

Étape 3 : Prendre en compte la position de l'écran par rapport au terrain naturel la plus proche de l'une des deux configurations suivantes :

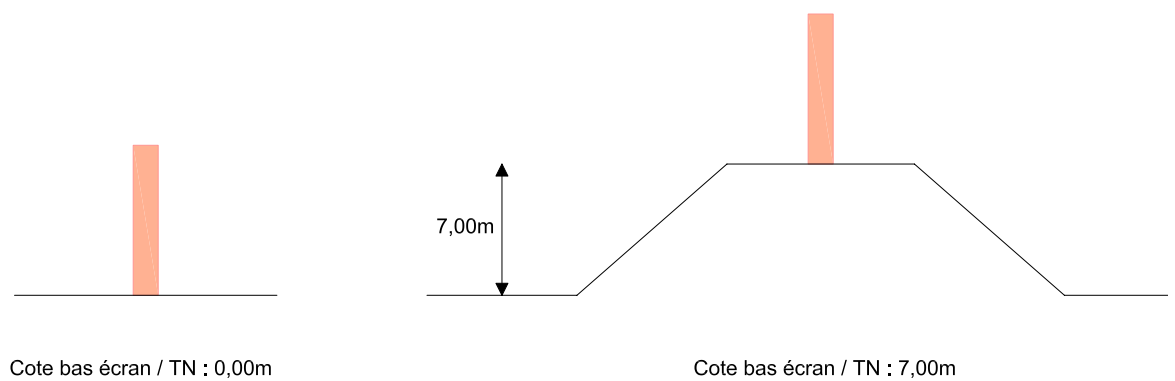


Figure A.3 : Configuration de l'écran par rapport au terrain naturel

Étape 4 : Lire dans l'abaque les valeurs de la pression exercée par le vent en fonction de la hauteur de l'écran et de la zone (A,B,C ou D) et de la catégorie de rugosité du site

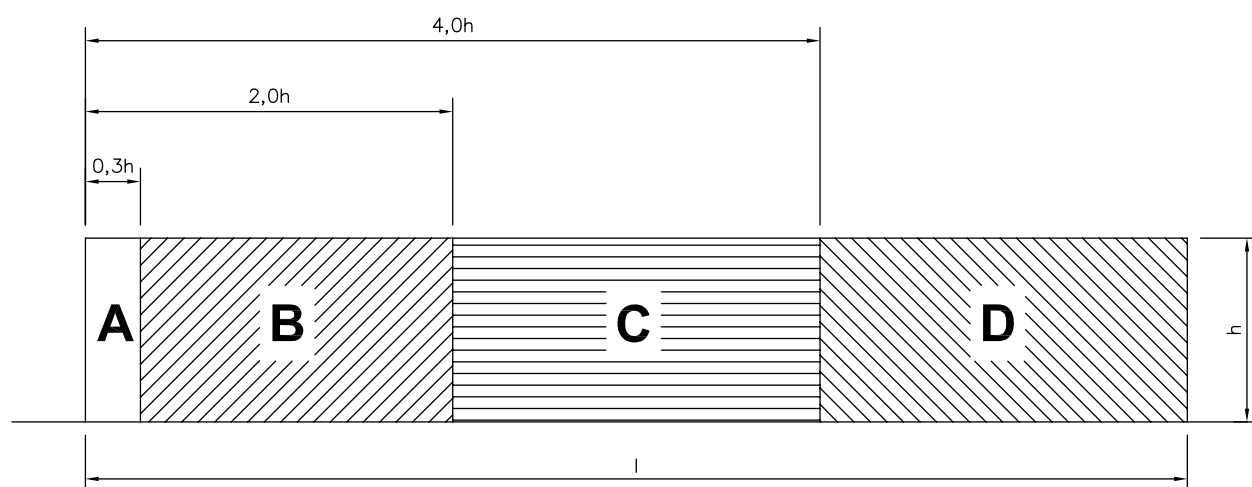


Figure A.4 : Définition des zones d'écran de l'écran

A.1.2 - Abaque en région de vent 1 : pressions sur les zones de l'écran

Vitesse de référence du vent : 22.0 m/s (Région 1)

Hauteur écran : 2.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	0.60 m	205.	143.	142.	135.	130.
B	0.60 m	4.00 m	126.	88.3	87.9	83.8	80.4
C	4.00 m	8.00 m	102.	71.5	71.1	67.8	65.1
D	8.00 m	-	72.4	50.4	50.2	47.9	45.9

Hauteur écran : 2.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	0.60 m	286.	229.	178.	135.	130.
B	0.60 m	4.00 m	176.	142.	110.	83.8	80.4
C	4.00 m	8.00 m	143.	114.	89.1	67.8	65.1
D	8.00 m	-	101.	81.0	62.9	47.9	45.9

Vitesse de référence du vent : 22.0 m/s (Région 1)

Hauteur écran : 2.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	0.75 m	216.	154.	142.	135.	130.
B	0.75 m	5.00 m	133.	95.6	87.9	83.8	80.4
C	5.00 m	10.0 m	108.	77.4	71.1	67.8	65.1
D	10.0 m	-	76.4	54.6	50.2	47.9	45.9

Hauteur écran : 2.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	0.75 m	289.	233.	181.	139.	130.
B	0.75 m	5.00 m	178.	144.	112.	85.9	80.4
C	5.00 m	10.0 m	144.	116.	90.8	69.5	65.1
D	10.0 m	-	102.	82.3	64.1	49.0	45.9

Vitesse de référence du vent : 22.0 m/s (Région 1)

Hauteur écran : 3.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	0.90 m	225.	164.	142.	135.	130.
B	0.90 m	6.00 m	139.	101.	87.9	83.8	80.4
C	6.00 m	12.0 m	113.	82.3	71.1	67.8	65.1
D	12.0 m	-	79.7	58.1	50.2	47.9	45.9

Hauteur écran : 3.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	0.90 m	292.	236.	185.	142.	130.
B	0.90 m	6.00 m	180.	146.	114.	87.8	80.4
C	6.00 m	12.0 m	146.	118.	92.5	71.1	65.1
D	12.0 m	-	103.	83.4	65.3	50.2	45.9

Vitesse de référence du vent : 22.0 m/s (Région 1)

Hauteur écran : 3.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.05 m	234.	173.	142.	135.	130.
B	1.05 m	7.00 m	144.	107.	87.9	83.8	80.4
C	7.00 m	14.0 m	117.	86.6	71.1	67.8	65.1
D	14.0 m	-	82.5	61.1	50.2	47.9	45.9

Hauteur écran : 3.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.05 m	295.	239.	188.	145.	130.
B	1.05 m	7.00 m	182.	148.	116.	89.7	80.4
C	7.00 m	14.0 m	147.	119.	94.0	72.6	65.1
D	14.0 m	-	104.	84.5	66.4	51.3	45.9

Vitesse de référence du vent : 22.0 m/s (Région 1)

Hauteur écran : 4.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.20 m	241.	181.	142.	135.	130.
B	1.20 m	8.00 m	149.	111.	87.9	83.8	80.4
C	8.00 m	16.0 m	120.	90.4	71.1	67.8	65.1
D	16.0 m	-	85.1	63.8	50.2	47.9	45.9

Hauteur écran : 4.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.20 m	298.	242.	191.	148.	130.
B	1.20 m	8.00 m	184.	149.	118.	91.5	80.4
C	8.00 m	16.0 m	149.	121.	95.6	74.1	65.1
D	16.0 m	-	105.	85.6	67.4	52.3	45.9

Vitesse de référence du vent : 22.0 m/s (Région 1)

Hauteur écran : 4.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.35 m	247.	187.	142.	135.	130.
B	1.35 m	9.00 m	152.	116.	87.9	83.8	80.4
C	9.00 m	18.0 m	123.	93.8	71.1	67.8	65.1
D	18.0 m	-	87.3	66.2	50.2	47.9	45.9

Hauteur écran : 4.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.35 m	300.	245.	194.	151.	130.
B	1.35 m	9.00 m	185.	151.	119.	93.3	80.4
C	9.00 m	18.0 m	150.	122.	97.0	75.5	65.1
D	18.0 m	-	106.	86.6	68.5	53.3	45.9

Vitesse de référence du vent : 22.0 m/s (Région 1)

Hauteur écran : 5.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.50 m	253.	193.	142.	135.	130.
B	1.50 m	10.0 m	156.	119.	87.9	83.8	80.4
C	10.0 m	20.0 m	126.	96.9	71.1	67.8	65.1
D	20.0 m	-	89.3	68.4	50.2	47.9	45.9

Hauteur écran : 5.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.50 m	303.	248.	197.	153.	130.
B	1.50 m	10.0 m	187.	153.	121.	95.0	80.4
C	10.0 m	20.0 m	151.	124.	98.4	76.9	65.1
D	20.0 m	-	107.	87.6	69.5	54.3	45.9

Vitesse de référence du vent : 22.0 m/s (Région 1)

Hauteur écran : 5.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.65 m	258.	199.	148.	135.	130.
B	1.65 m	11.0 m	159.	123.	91.4	83.8	80.4
C	11.0 m	22.0 m	129.	99.7	73.9	67.8	65.1
D	22.0 m	-	91.2	70.4	52.2	47.9	45.9

Hauteur écran : 5.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.65 m	305.	250.	199.	156.	130.
B	1.65 m	11.0 m	188.	155.	123.	96.6	80.4
C	11.0 m	22.0 m	152.	125.	99.8	78.2	65.1
D	22.0 m	-	108.	88.5	70.4	55.2	45.9

Vitesse de référence du vent : 22.0 m/s (Région 1)

Hauteur écran : 6.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m

Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.80 m	263.	204.	153.	135.	130.
B	1.80 m	12.0 m	162.	126.	94.6	83.8	80.4
C	12.0 m	24.0 m	131.	102.	76.5	67.8	65.1
D	24.0 m	-	92.9	72.2	54.0	47.9	45.9

Hauteur écran : 6.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m

Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.80 m	308.	253.	202.	159.	130.
B	1.80 m	12.0 m	190.	156.	125.	98.2	80.4
C	12.0 m	24.0 m	154.	126.	101.	79.5	65.1
D	24.0 m	-	108.	89.4	71.3	56.1	45.9

A.1.3 - Abaque en région de vent 2 : Pressions sur les zones de l'écran

Vitesse de référence du vent : 24.0 m/s (Région 2)

Hauteur écran : 2.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	0.60 m	244.	170.	169.	161.	155.
B	0.60 m	4.00 m	150.	105.	104.	99.7	95.7
C	4.00 m	8.00 m	122.	85.1	84.7	80.7	77.4
D	8.00 m	-	86.1	60.0	59.8	57.0	54.7

Hauteur écran : 2.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	0.60 m	340.	273.	212.	161.	155.
B	0.60 m	4.00 m	210.	168.	131.	99.7	95.7
C	4.00 m	8.00 m	170.	136.	106.	80.7	77.4
D	8.00 m	-	120.	96.5	74.8	57.0	54.7

Vitesse de référence du vent : 24.0 m/s (Région 2)

Hauteur écran : 2.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	0.75 m	257.	184.	169.	161.	155.
B	0.75 m	5.00 m	159.	113.	104.	99.7	95.7
C	5.00 m	10.0 m	128.	92.1	84.7	80.7	77.4
D	10.0 m	-	90.9	65.0	59.8	57.0	54.7

Hauteur écran : 2.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	0.75 m	344.	277.	216.	165.	155.
B	0.75 m	5.00 m	212.	171.	133.	102.	95.7
C	5.00 m	10.0 m	172.	138.	108.	82.7	77.4
D	10.0 m	-	121.	97.9	76.3	58.4	54.7

Vitesse de référence du vent : 24.0 m/s (Région 2)

Hauteur écran : 3.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	0.90 m	268.	196.	169.	161.	155.
B	0.90 m	6.00 m	166.	121.	104.	99.7	95.7
C	6.00 m	12.0 m	134.	98.0	84.7	80.7	77.4
D	12.0 m	-	94.8	69.2	59.8	57.0	54.7

Hauteur écran : 3.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	0.90 m	348.	281.	220.	169.	155.
B	0.90 m	6.00 m	215.	173.	136.	104.	95.7
C	6.00 m	12.0 m	174.	140.	110.	84.6	77.4
D	12.0 m	-	122.	99.3	77.7	59.7	54.7

Vitesse de référence du vent : 24.0 m/s (Région 2)

Hauteur écran : 3.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.05 m	278.	206.	169.	161.	155.
B	1.05 m	7.00 m	172.	127.	104.	99.7	95.7
C	7.00 m	14.0 m	139.	103.	84.7	80.7	77.4
D	14.0 m	-	98.2	72.8	59.8	57.0	54.7

Hauteur écran : 3.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.05 m	351.	285.	224.	173.	155.
B	1.05 m	7.00 m	217.	176.	138.	106.	95.7
C	7.00 m	14.0 m	175.	142.	112.	86.4	77.4
D	14.0 m	-	124.	100.	79.0	61.0	54.7

Vitesse de référence du vent : 24.0 m/s (Région 2)

Hauteur écran : 4.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.20 m	287.	215.	169.	161.	155.
B	1.20 m	8.00 m	177.	133.	104.	99.7	95.7
C	8.00 m	16.0 m	143.	107.	84.7	80.7	77.4
D	16.0 m	-	101.	76.0	59.8	57.0	54.7

Hauteur écran : 4.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.20 m	354.	288.	227.	176.	155.
B	1.20 m	8.00 m	219.	178.	140.	109.	95.7
C	8.00 m	16.0 m	177.	144.	113.	88.2	77.4
D	16.0 m	-	125.	101.	80.3	62.2	54.7

Vitesse de référence du vent : 24.0 m/s (Région 2)

Hauteur écran : 4.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.35 m	294.	223.	169.	161.	155.
B	1.35 m	9.00 m	182.	138.	104.	99.7	95.7
C	9.00 m	18.0 m	147.	111.	84.7	80.7	77.4
D	18.0 m	-	104.	78.8	59.8	57.0	54.7

Hauteur écran : 4.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.35 m	358.	292.	231.	179.	155.
B	1.35 m	9.00 m	221.	180.	142.	111.	95.7
C	9.00 m	18.0 m	179.	146.	115.	89.9	77.4
D	18.0 m	-	126.	103.	81.5	63.4	54.7

Vitesse de référence du vent : 24.0 m/s (Région 2)

Hauteur écran : 5.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.50 m	301.	230.	169.	161.	155.
B	1.50 m	10.0 m	186.	142.	104.	99.7	95.7
C	10.0 m	20.0 m	150.	115.	84.7	80.7	77.4
D	20.0 m	-	106.	81.4	59.8	57.0	54.7

Hauteur écran : 5.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.50 m	361.	295.	234.	183.	155.
B	1.50 m	10.0 m	223.	182.	144.	113.	95.7
C	10.0 m	20.0 m	180.	147.	117.	91.5	77.4
D	20.0 m	-	127.	104.	82.7	64.6	54.7

Vitesse de référence du vent : 24.0 m/s (Région 2)

Hauteur écran : 5.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.65 m	307.	237.	176.	161.	155.
B	1.65 m	11.0 m	190.	146.	108.	99.7	95.7
C	11.0 m	22.0 m	153.	118.	88.0	80.7	77.4
D	22.0 m	-	108.	83.8	62.1	57.0	54.7

Hauteur écran : 5.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.65 m	363.	298.	237.	186.	155.
B	1.65 m	11.0 m	224.	184.	146.	115.	95.7
C	11.0 m	22.0 m	182.	149.	118.	93.1	77.4
D	22.0 m	-	128.	105.	83.8	65.7	54.7

Vitesse de référence du vent : 24.0 m/s (Région 2)

Hauteur écran : 6.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m

Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.80 m	313.	243.	182.	161.	155.
B	1.80 m	12.0 m	193.	150.	112.	99.7	95.7
C	12.0 m	24.0 m	156.	121.	91.1	80.7	77.4
D	24.0 m	-	110.	86.0	64.3	57.0	54.7

Hauteur écran : 6.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m

Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.80 m	366.	301.	240.	189.	155.
B	1.80 m	12.0 m	226.	186.	148.	116.	95.7
C	12.0 m	24.0 m	183.	150.	120.	94.6	77.4
D	24.0 m	-	129.	106.	84.9	66.7	54.7

A.1.4 - Abaque en région de vent 3 : Pressions sur les zones de l'écran

Vitesse de référence du vent : 26.0 m/s (Région 3)

Hauteur écran : 2.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	0.60 m	286.	199.	198.	189.	181.
B	0.60 m	4.00 m	177.	123.	122.	117.	112.
C	4.00 m	8.00 m	143.	99.8	99.4	94.7	90.9
D	8.00 m	-	101.	70.5	70.1	66.9	64.1

Hauteur écran : 2.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	0.60 m	400.	320.	249.	189.	181.
B	0.60 m	4.00 m	247.	198.	153.	117.	112.
C	4.00 m	8.00 m	200.	160.	124.	94.7	90.9
D	8.00 m	-	141.	113.	87.8	66.9	64.1

Vitesse de référence du vent : 26.0 m/s (Région 3)

Hauteur écran : 2.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	0.75 m	302.	216.	198.	189.	181.
B	0.75 m	5.00 m	186.	133.	122.	117.	112.
C	5.00 m	10.0 m	151.	108.	99.4	94.7	90.9
D	10.0 m	-	106.	76.3	70.1	66.9	64.1

Hauteur écran : 2.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	0.75 m	404.	325.	253.	194.	181.
B	0.75 m	5.00 m	249.	201.	156.	120.	112.
C	5.00 m	10.0 m	202.	162.	126.	97.1	90.9
D	10.0 m	-	142.	115.	89.5	68.5	64.1

Vitesse de référence du vent : 26.0 m/s (Région 3)

Hauteur écran : 3.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	0.90 m	315.	230.	198.	189.	181.
B	0.90 m	6.00 m	194.	142.	122.	117.	112.
C	6.00 m	12.0 m	157.	115.	99.4	94.7	90.9
D	12.0 m	-	111.	81.2	70.1	66.9	64.1

Hauteur écran : 3.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	0.90 m	408.	330.	258.	198.	181.
B	0.90 m	6.00 m	252.	204.	159.	122.	112.
C	6.00 m	12.0 m	204.	165.	129.	99.3	90.9
D	12.0 m	-	144.	116.	91.2	70.1	64.1

Vitesse de référence du vent : 26.0 m/s (Région 3)

Hauteur écran : 3.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.05 m	326.	242.	198.	189.	181.
B	1.05 m	7.00 m	201.	149.	122.	117.	112.
C	7.00 m	14.0 m	163.	121.	99.4	94.7	90.9
D	14.0 m	-	115.	85.4	70.1	66.9	64.1

Hauteur écran : 3.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.05 m	412.	334.	262.	203.	181.
B	1.05 m	7.00 m	254.	206.	162.	125.	112.
C	7.00 m	14.0 m	206.	167.	131.	101.	90.9
D	14.0 m	-	145.	118.	92.7	71.6	64.1

Vitesse de référence du vent : 26.0 m/s (Région 3)

Hauteur écran : 4.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.20 m	336.	252.	198.	189.	181.
B	1.20 m	8.00 m	208.	156.	122.	117.	112.
C	8.00 m	16.0 m	168.	126.	99.4	94.7	90.9
D	16.0 m	-	118.	89.2	70.1	66.9	64.1

Hauteur écran : 4.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.20 m	416.	338.	267.	207.	181.
B	1.20 m	8.00 m	257.	209.	165.	128.	112.
C	8.00 m	16.0 m	208.	169.	133.	103.	90.9
D	16.0 m	-	147.	119.	94.2	73.0	64.1

Vitesse de référence du vent : 26.0 m/s (Région 3)

Hauteur écran : 4.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.35 m	345.	262.	198.	189.	181.
B	1.35 m	9.00 m	213.	162.	122.	117.	112.
C	9.00 m	18.0 m	172.	131.	99.4	94.7	90.9
D	18.0 m	-	122.	92.5	70.1	66.9	64.1

Hauteur écran : 4.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.35 m	420.	342.	271.	211.	181.
B	1.35 m	9.00 m	259.	211.	167.	130.	112.
C	9.00 m	18.0 m	210.	171.	135.	105.	90.9
D	18.0 m	-	148.	121.	95.6	74.4	64.1

Vitesse de référence du vent : 26.0 m/s (Région 3)

Hauteur écran : 5.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.50 m	353.	270.	198.	189.	181.
B	1.50 m	10.0 m	218.	167.	122.	117.	112.
C	10.0 m	20.0 m	176.	135.	99.4	94.7	90.9
D	20.0 m	-	124.	95.5	70.1	66.9	64.1

Hauteur écran : 5.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.50 m	423.	346.	275.	214.	181.
B	1.50 m	10.0 m	261.	214.	169.	132.	112.
C	10.0 m	20.0 m	211.	173.	137.	107.	90.9
D	20.0 m	-	149.	122.	97.0	75.8	64.1

Vitesse de référence du vent : 26.0 m/s (Région 3)

Hauteur écran : 5.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.65 m	361.	278.	206.	189.	181.
B	1.65 m	11.0 m	223.	172.	127.	117.	112.
C	11.0 m	22.0 m	180.	139.	103.	94.7	90.9
D	22.0 m	-	127.	98.3	72.9	66.9	64.1

Hauteur écran : 5.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.65 m	427.	350.	278.	218.	181.
B	1.65 m	11.0 m	263.	216.	172.	135.	112.
C	11.0 m	22.0 m	213.	175.	139.	109.	90.9
D	22.0 m	-	150.	123.	98.4	77.1	64.1

Vitesse de référence du vent : 26.0 m/s (Région 3)

Hauteur écran : 6.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m

Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.80 m	367.	286.	214.	189.	181.
B	1.80 m	12.0 m	227.	176.	132.	117.	112.
C	12.0 m	24.0 m	183.	143.	107.	94.7	90.9
D	24.0 m	-	129.	101.	75.5	66.9	64.1

Hauteur écran : 6.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m

Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.80 m	430.	354.	282.	222.	181.
B	1.80 m	12.0 m	265.	218.	174.	137.	112.
C	12.0 m	24.0 m	215.	177.	141.	111.	90.9
D	24.0 m	-	151.	125.	99.7	78.3	64.1

A.1.5 - Abaque en région de vent 4 : Pressions sur les zones de l'écran

Vitesse de référence du vent : 28.0 m/s (Région 4)

Hauteur écran : 2.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	0.60 m	332.	231.	230.	219.	211.
B	0.60 m	4.00 m	205.	143.	142.	135.	130.
C	4.00 m	8.00 m	166.	115.	115.	110.	105.
D	8.00 m	-	117.	81.7	81.4	77.6	74.4

Hauteur écran : 2.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	0.60 m	464.	372.	288.	219.	211.
B	0.60 m	4.00 m	286.	229.	178.	135.	130.
C	4.00 m	8.00 m	232.	186.	144.	110.	105.
D	8.00 m	-	163.	131.	102.	77.6	74.4

Vitesse de référence du vent : 28.0 m/s (Région 4)

Hauteur écran : 2.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	0.75 m	350.	250.	230.	219.	211.
B	0.75 m	5.00 m	216.	155.	142.	135.	130.
C	5.00 m	10.0 m	175.	125.	115.	110.	105.
D	10.0 m	-	123.	88.5	81.4	77.6	74.4

Hauteur écran : 2.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	0.75 m	469.	377.	294.	225.	211.
B	0.75 m	5.00 m	289.	233.	181.	139.	130.
C	5.00 m	10.0 m	234.	188.	147.	112.	105.
D	10.0 m	-	165.	133.	103.	79.5	74.4

Vitesse de référence du vent : 28.0 m/s (Région 4)

Hauteur écran : 3.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	0.90 m	366.	267.	230.	219.	211.
B	0.90 m	6.00 m	226.	164.	142.	135.	130.
C	6.00 m	12.0 m	183.	133.	115.	110.	105.
D	12.0 m	-	129.	94.2	81.4	77.6	74.4

Hauteur écran : 3.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	0.90 m	473.	383.	299.	230.	211.
B	0.90 m	6.00 m	292.	236.	185.	142.	130.
C	6.00 m	12.0 m	237.	191.	149.	115.	105.
D	12.0 m	-	167.	135.	105.	81.3	74.4

Vitesse de référence du vent : 28.0 m/s (Région 4)

Hauteur écran : 3.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.05 m	379.	280.	230.	219.	211.
B	1.05 m	7.00 m	234.	173.	142.	135.	130.
C	7.00 m	14.0 m	189.	140.	115.	110.	105.
D	14.0 m	-	133.	99.1	81.4	77.6	74.4

Hauteur écran : 3.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.05 m	478.	388.	304.	235.	211.
B	1.05 m	7.00 m	295.	239.	188.	145.	130.
C	7.00 m	14.0 m	239.	194.	152.	117.	105.
D	14.0 m	-	168.	137.	107.	83.0	74.4

Vitesse de référence du vent : 28.0 m/s (Région 4)

Hauteur écran : 4.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.20 m	390.	293.	230.	219.	211.
B	1.20 m	8.00 m	241.	181.	142.	135.	130.
C	8.00 m	16.0 m	195.	146.	115.	110.	105.
D	16.0 m	-	137.	103.	81.4	77.6	74.4

Hauteur écran : 4.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.20 m	483.	393.	309.	240.	211.
B	1.20 m	8.00 m	298.	242.	191.	148.	130.
C	8.00 m	16.0 m	241.	196.	154.	120.	105.
D	16.0 m	-	170.	138.	109.	84.7	74.4

Vitesse de référence du vent : 28.0 m/s (Région 4)

Hauteur écran : 4.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.35 m	400.	304.	230.	219.	211.
B	1.35 m	9.00 m	247.	187.	142.	135.	130.
C	9.00 m	18.0 m	200.	152.	115.	110.	105.
D	18.0 m	-	141.	107.	81.4	77.6	74.4

Hauteur écran : 4.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.35 m	487.	397.	314.	244.	211.
B	1.35 m	9.00 m	301.	245.	194.	151.	130.
C	9.00 m	18.0 m	243.	198.	157.	122.	105.
D	18.0 m	-	172.	140.	111.	86.3	74.4

Vitesse de référence du vent : 28.0 m/s (Région 4)

Hauteur écran : 5.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.50 m	410.	314.	230.	219.	211.
B	1.50 m	10.0 m	253.	194.	142.	135.	130.
C	10.0 m	20.0 m	205.	157.	115.	110.	105.
D	20.0 m	-	144.	110.	81.4	77.6	74.4

Hauteur écran : 5.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.50 m	491.	402.	319.	249.	211.
B	1.50 m	10.0 m	303.	248.	197.	154.	130.
C	10.0 m	20.0 m	245.	201.	159.	124.	105.
D	20.0 m	-	173.	142.	112.	87.9	74.4

Vitesse de référence du vent : 28.0 m/s (Région 4)

Hauteur écran : 5.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.65 m	418.	323.	239.	219.	211.
B	1.65 m	11.0 m	258.	199.	148.	135.	130.
C	11.0 m	22.0 m	209.	161.	119.	110.	105.
D	22.0 m	-	147.	114.	84.6	77.6	74.4

Hauteur écran : 5.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.65 m	495.	406.	323.	253.	211.
B	1.65 m	11.0 m	305.	251.	199.	156.	130.
C	11.0 m	22.0 m	247.	203.	161.	126.	105.
D	22.0 m	-	174.	143.	114.	89.4	74.4

Vitesse de référence du vent : 28.0 m/s (Région 4)

Hauteur écran : 6.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.80 m	426.	331.	248.	219.	211.
B	1.80 m	12.0 m	263.	204.	153.	135.	130.
C	12.0 m	24.0 m	213.	165.	124.	110.	105.
D	24.0 m	-	150.	117.	87.5	77.6	74.4

Hauteur écran : 6.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.80 m	499.	410.	327.	257.	211.
B	1.80 m	12.0 m	308.	253.	202.	159.	130.
C	12.0 m	24.0 m	249.	205.	163.	128.	105.
D	24.0 m	-	176.	145.	115.	90.9	74.4

A.1.6 - Abaque pour la Guyane : Pressions sur les zones de l'écran

Vitesse de référence du vent : 17.0 m/s (Guyane)

Hauteur écran : 2.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	0.60 m	122.	85.4	85.0	81.0	77.7
B	0.60 m	4.00 m	75.6	52.7	52.5	50.0	48.0
C	4.00 m	8.00 m	61.2	42.7	42.5	40.5	38.8
D	8.00 m	-	43.2	30.1	30.0	28.6	27.4

Hauteur écran : 2.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	0.60 m	171.	137.	106.	81.0	77.7
B	0.60 m	4.00 m	105.	84.7	65.7	50.0	48.0
C	4.00 m	8.00 m	85.5	68.6	53.2	40.5	38.8
D	8.00 m	-	60.3	48.4	37.5	28.6	27.4

Vitesse de référence du vent : 17.0 m/s (Guyane)

Hauteur écran : 2.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	0.75 m	129.	92.4	85.0	81.0	77.7
B	0.75 m	5.00 m	79.8	57.1	52.5	50.0	48.0
C	5.00 m	10.0 m	64.6	46.2	42.5	40.5	38.8
D	10.0 m	-	45.6	32.6	30.0	28.6	27.4

Hauteur écran : 2.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	0.75 m	172.	139.	108.	83.0	77.7
B	0.75 m	5.00 m	106.	86.0	67.0	51.2	48.0
C	5.00 m	10.0 m	86.4	69.6	54.2	41.5	38.8
D	10.0 m	-	61.0	49.1	38.3	29.3	27.4

Vitesse de référence du vent : 17.0 m/s (Guyane)

Hauteur écran : 3.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	0.90 m	134.	98.4	85.0	81.0	77.7
B	0.90 m	6.00 m	83.3	60.7	52.5	50.0	48.0
C	6.00 m	12.0 m	67.4	49.2	42.5	40.5	38.8
D	12.0 m	-	47.6	34.7	30.0	28.6	27.4

Hauteur écran : 3.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	0.90 m	174.	141.	110.	84.9	77.7
B	0.90 m	6.00 m	107.	87.2	68.2	52.4	48.0
C	6.00 m	12.0 m	87.3	70.6	55.2	42.4	38.8
D	12.0 m	-	61.6	49.8	38.9	29.9	27.4

Vitesse de référence du vent : 17.0 m/s (Guyane)

Hauteur écran : 3.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.05 m	139.	103.	85.0	81.0	77.7
B	1.05 m	7.00 m	86.3	63.9	52.5	50.0	48.0
C	7.00 m	14.0 m	69.8	51.7	42.5	40.5	38.8
D	14.0 m	-	49.3	36.5	30.0	28.6	27.4

Hauteur écran : 3.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.05 m	176.	143.	112.	86.7	77.7
B	1.05 m	7.00 m	109.	88.3	69.4	53.6	48.0
C	7.00 m	14.0 m	88.2	71.5	56.1	43.3	38.8
D	14.0 m	-	62.2	50.4	39.6	30.6	27.4

Vitesse de référence du vent : 17.0 m/s (Guyane)

Hauteur écran : 4.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.20 m	144.	108.	85.0	81.0	77.7
B	1.20 m	8.00 m	88.9	66.7	52.5	50.0	48.0
C	8.00 m	16.0 m	71.9	54.0	42.5	40.5	38.8
D	16.0 m	-	50.8	38.1	30.0	28.6	27.4

Hauteur écran : 4.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.20 m	178.	144.	114.	88.5	77.7
B	1.20 m	8.00 m	110.	89.4	70.5	54.6	48.0
C	8.00 m	16.0 m	89.0	72.4	57.0	44.2	38.8
D	16.0 m	-	62.8	51.1	40.3	31.2	27.4

Vitesse de référence du vent : 17.0 m/s (Guyane)

Hauteur écran : 4.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.35 m	147.	112.	85.0	81.0	77.7
B	1.35 m	9.00 m	91.2	69.2	52.5	50.0	48.0
C	9.00 m	18.0 m	73.8	56.0	42.5	40.5	38.8
D	18.0 m	-	52.1	39.5	30.0	28.6	27.4

Hauteur écran : 4.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.35 m	179.	146.	116.	90.2	77.7
B	1.35 m	9.00 m	111.	90.5	71.6	55.7	48.0
C	9.00 m	18.0 m	89.8	73.2	57.9	45.1	38.8
D	18.0 m	-	63.3	51.7	40.9	31.8	27.4

Vitesse de référence du vent : 17.0 m/s (Guyane)

Hauteur écran : 5.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.50 m	151.	115.	85.0	81.0	77.7
B	1.50 m	10.0 m	93.4	71.5	52.5	50.0	48.0
C	10.0 m	20.0 m	75.6	57.8	42.5	40.5	38.8
D	20.0 m	-	53.3	40.8	30.0	28.6	27.4

Hauteur écran : 5.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.50 m	181.	148.	117.	91.8	77.7
B	1.50 m	10.0 m	111.	91.5	72.6	56.7	48.0
C	10.0 m	20.0 m	90.5	74.1	58.8	45.9	38.8
D	20.0 m	-	63.9	52.3	41.5	32.4	27.4

Vitesse de référence du vent : 17.0 m/s (Guyane)

Hauteur écran : 5.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.65 m	154.	119.	88.3	81.0	77.7
B	1.65 m	11.0 m	95.3	73.6	54.5	50.0	48.0
C	11.0 m	22.0 m	77.1	59.5	44.1	40.5	38.8
D	22.0 m	-	54.4	42.0	31.1	28.6	27.4

Hauteur écran : 5.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.65 m	182.	149.	119.	93.4	77.7
B	1.65 m	11.0 m	112.	92.5	73.6	57.7	48.0
C	11.0 m	22.0 m	91.2	74.9	59.6	46.7	38.8
D	22.0 m	-	64.4	52.8	42.0	32.9	27.4

Vitesse de référence du vent : 17.0 m/s (Guyane)

Hauteur écran : 6.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.80 m	157.	122.	91.4	81.0	77.7
B	1.80 m	12.0 m	97.1	75.5	56.4	50.0	48.0
C	12.0 m	24.0 m	78.6	61.1	45.7	40.5	38.8
D	24.0 m	-	55.5	43.1	32.2	28.6	27.4

Hauteur écran : 6.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.80 m	184.	151.	120.	94.9	77.7
B	1.80 m	12.0 m	113.	93.4	74.6	58.6	48.0
C	12.0 m	24.0 m	91.9	75.6	60.3	47.4	38.8
D	24.0 m	-	64.9	53.4	42.6	33.5	27.4

A.1.7 - Abaque pour la Martinique : Pressions sur les zones de l'écran

Vitesse de référence du vent : 32.0 m/s (Martinique)

Hauteur écran : 2.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	0.60 m	434.	302.	301.	287.	275.
B	0.60 m	4.00 m	268.	186.	186.	177.	170.
C	4.00 m	8.00 m	217.	151.	150.	143.	137.
D	8.00 m	-	153.	106.	106.	101.	97.2

Hauteur écran : 2.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	0.60 m	606.	486.	377.	287.	275.
B	0.60 m	4.00 m	374.	300.	233.	177.	170.
C	4.00 m	8.00 m	303.	243.	188.	143.	137.
D	8.00 m	-	213.	171.	133.	101.	97.2

Vitesse de référence du vent : 32.0 m/s (Martinique)

Hauteur écran : 2.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	0.75 m	458.	327.	301.	287.	275.
B	0.75 m	5.00 m	282.	202.	186.	177.	170.
C	5.00 m	10.0 m	229.	163.	150.	143.	137.
D	10.0 m	-	161.	115.	106.	101.	97.2

Hauteur écran : 2.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	0.75 m	612.	493.	384.	294.	275.
B	0.75 m	5.00 m	378.	304.	237.	181.	170.
C	5.00 m	10.0 m	306.	246.	192.	147.	137.
D	10.0 m	-	216.	174.	135.	103.	97.2

Vitesse de référence du vent : 32.0 m/s (Martinique)

Hauteur écran : 3.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	0.90 m	478.	348.	301.	287.	275.
B	0.90 m	6.00 m	295.	215.	186.	177.	170.
C	6.00 m	12.0 m	239.	174.	150.	143.	137.
D	12.0 m	-	168.	123.	106.	101.	97.2

Hauteur écran : 3.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	0.90 m	619.	500.	391.	301.	275.
B	0.90 m	6.00 m	382.	309.	241.	185.	170.
C	6.00 m	12.0 m	309.	250.	195.	150.	137.
D	12.0 m	-	218.	176.	138.	106.	97.2

Vitesse de référence du vent : 32.0 m/s (Martinique)

Hauteur écran : 3.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.05 m	495.	366.	301.	287.	275.
B	1.05 m	7.00 m	305.	226.	186.	177.	170.
C	7.00 m	14.0 m	247.	183.	150.	143.	137.
D	14.0 m	-	174.	129.	106.	101.	97.2

Hauteur écran : 3.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.05 m	625.	506.	398.	307.	275.
B	1.05 m	7.00 m	386.	313.	245.	190.	170.
C	7.00 m	14.0 m	312.	253.	199.	153.	137.
D	14.0 m	-	220.	178.	140.	108.	97.2

Vitesse de référence du vent : 32.0 m/s (Martinique)

Hauteur écran : 4.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.20 m	510.	382.	301.	287.	275.
B	1.20 m	8.00 m	315.	236.	186.	177.	170.
C	8.00 m	16.0 m	255.	191.	150.	143.	137.
D	16.0 m	-	180.	135.	106.	101.	97.2

Hauteur écran : 4.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.20 m	630.	513.	404.	313.	275.
B	1.20 m	8.00 m	389.	317.	249.	193.	170.
C	8.00 m	16.0 m	315.	256.	202.	156.	137.
D	16.0 m	-	222.	181.	142.	110.	97.2

Vitesse de référence du vent : 32.0 m/s (Martinique)

Hauteur écran : 4.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.35 m	523.	397.	301.	287.	275.
B	1.35 m	9.00 m	323.	245.	186.	177.	170.
C	9.00 m	18.0 m	261.	198.	150.	143.	137.
D	18.0 m	-	184.	140.	106.	101.	97.2

Hauteur écran : 4.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.35 m	636.	519.	410.	319.	275.
B	1.35 m	9.00 m	393.	320.	253.	197.	170.
C	9.00 m	18.0 m	318.	259.	205.	159.	137.
D	18.0 m	-	224.	183.	145.	112.	97.2

Vitesse de référence du vent : 32.0 m/s (Martinique)

Hauteur écran : 5.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.50 m	535.	410.	301.	287.	275.
B	1.50 m	10.0 m	331.	253.	186.	177.	170.
C	10.0 m	20.0 m	267.	205.	150.	143.	137.
D	20.0 m	-	189.	144.	106.	101.	97.2

Hauteur écran : 5.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.50 m	641.	525.	416.	325.	275.
B	1.50 m	10.0 m	396.	324.	257.	201.	170.
C	10.0 m	20.0 m	320.	262.	208.	162.	137.
D	20.0 m	-	226.	185.	147.	114.	97.2

Vitesse de référence du vent : 32.0 m/s (Martinique)

Hauteur écran : 5.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.65 m	546.	422.	313.	287.	275.
B	1.65 m	11.0 m	337.	260.	193.	177.	170.
C	11.0 m	22.0 m	273.	211.	156.	143.	137.
D	22.0 m	-	193.	149.	110.	101.	97.2

Hauteur écran : 5.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.65 m	646.	530.	422.	331.	275.
B	1.65 m	11.0 m	399.	327.	260.	204.	170.
C	11.0 m	22.0 m	323.	265.	211.	165.	137.
D	22.0 m	-	228.	187.	149.	116.	97.2

Vitesse de référence du vent : 32.0 m/s (Martinique)

Hauteur écran : 6.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m

Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.80 m	557.	433.	324.	287.	275.
B	1.80 m	12.0 m	344.	267.	200.	177.	170.
C	12.0 m	24.0 m	278.	216.	162.	143.	137.
D	24.0 m	-	196.	152.	114.	101.	97.2

Hauteur écran : 6.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m

Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.80 m	651.	536.	428.	336.	275.
B	1.80 m	12.0 m	402.	331.	264.	207.	170.
C	12.0 m	24.0 m	325.	268.	214.	168.	137.
D	24.0 m	-	230.	189.	151.	118.	97.2

A.1.8 - Abaque pour la Réunion⁽¹⁴⁾ : Pressions sur les zones de l'écran

Vitesse de référence du vent : 34.0 m/s (Réunion)

Hauteur écran : 2.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	0.60 m	490.	341.	340.	324.	311.
B	0.60 m	4.00 m	302.	211.	210.	200.	192.
C	4.00 m	8.00 m	245.	170.	170.	162.	155.
D	8.00 m	-	173.	120.	120.	114.	109.

Hauteur écran : 2.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	0.60 m	684.	548.	425.	324.	311.
B	0.60 m	4.00 m	422.	339.	263.	200.	192.
C	4.00 m	8.00 m	342.	274.	212.	162.	155.
D	8.00 m	-	241.	193.	150.	114.	109.

Vitesse de référence du vent : 34.0 m/s (Réunion)

Hauteur écran : 2.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	0.75 m	517.	369.	340.	324.	311.
B	0.75 m	5.00 m	319.	228.	210.	200.	192.
C	5.00 m	10.0 m	258.	185.	170.	162.	155.
D	10.0 m	-	182.	130.	120.	114.	109.

Hauteur écran : 2.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	0.75 m	691.	557.	434.	332.	311.
B	0.75 m	5.00 m	427.	344.	268.	205.	192.
C	5.00 m	10.0 m	345.	278.	217.	166.	155.
D	10.0 m	-	244.	196.	153.	117.	109.

Vitesse de référence du vent : 34.0 m/s (Réunion)

Hauteur écran : 3.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	0.90 m	539.	393.	340.	324.	311.
B	0.90 m	6.00 m	333.	243.	210.	200.	192.
C	6.00 m	12.0 m	269.	196.	170.	162.	155.
D	12.0 m	-	190.	139.	120.	114.	109.

Hauteur écran : 3.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	0.90 m	698.	564.	441.	339.	311.
B	0.90 m	6.00 m	431.	348.	273.	209.	192.
C	6.00 m	12.0 m	349.	282.	221.	169.	155.
D	12.0 m	-	246.	199.	156.	120.	109.

Vitesse de référence du vent : 34.0 m/s (Réunion)

Hauteur écran : 3.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.05 m	558.	414.	340.	324.	311.
B	1.05 m	7.00 m	345.	255.	210.	200.	192.
C	7.00 m	14.0 m	279.	207.	170.	162.	155.
D	14.0 m	-	197.	146.	120.	114.	109.

Hauteur écran : 3.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.05 m	705.	572.	449.	347.	311.
B	1.05 m	7.00 m	435.	353.	277.	214.	192.
C	7.00 m	14.0 m	352.	286.	224.	173.	155.
D	14.0 m	-	249.	202.	158.	122.	109.

(14) Applicables également en Nouvelle-Calédonie par décision du Maître de l'Ouvrage.

Vitesse de référence du vent : 34.0 m/s (Réunion)

Hauteur écran : 4.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.20 m	576.	432.	340.	324.	311.
B	1.20 m	8.00 m	355.	267.	210.	200.	192.
C	8.00 m	16.0 m	288.	216.	170.	162.	155.
D	16.0 m	-	203.	152.	120.	114.	109.

Hauteur écran : 4.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.20 m	712.	579.	456.	354.	311.
B	1.20 m	8.00 m	439.	357.	282.	218.	192.
C	8.00 m	16.0 m	356.	289.	228.	177.	155.
D	16.0 m	-	251.	204.	161.	125.	109.

Vitesse de référence du vent : 34.0 m/s (Réunion)

Hauteur écran : 4.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.35 m	591.	448.	340.	324.	311.
B	1.35 m	9.00 m	365.	277.	210.	200.	192.
C	9.00 m	18.0 m	295.	224.	170.	162.	155.
D	18.0 m	-	208.	158.	120.	114.	109.

Hauteur écran : 4.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.35 m	718.	586.	463.	360.	311.
B	1.35 m	9.00 m	443.	362.	286.	223.	192.
C	9.00 m	18.0 m	359.	293.	231.	180.	155.
D	18.0 m	-	253.	207.	163.	127.	109.

Vitesse de référence du vent : 34.0 m/s (Réunion)

Hauteur écran : 5.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.50 m	604.	463.	340.	324.	311.
B	1.50 m	10.0 m	373.	286.	210.	200.	192.
C	10.0 m	20.0 m	302.	231.	170.	162.	155.
D	20.0 m	-	213.	163.	120.	114.	109.

Hauteur écran : 5.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.50 m	724.	592.	470.	367.	311.
B	1.50 m	10.0 m	447.	366.	290.	227.	192.
C	10.0 m	20.0 m	362.	296.	235.	183.	155.
D	20.0 m	-	255.	209.	166.	129.	109.

Vitesse de référence du vent : 34.0 m/s (Réunion)

Hauteur écran : 5.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.65 m	617.	476.	353.	324.	311.
B	1.65 m	11.0 m	381.	294.	218.	200.	192.
C	11.0 m	22.0 m	308.	238.	176.	162.	155.
D	22.0 m	-	218.	168.	124.	114.	109.

Hauteur écran : 5.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.65 m	730.	599.	476.	373.	311.
B	1.65 m	11.0 m	451.	370.	294.	230.	192.
C	11.0 m	22.0 m	365.	299.	238.	186.	155.
D	22.0 m	-	257.	211.	168.	131.	109.

Vitesse de référence du vent : 34.0 m/s (Réunion)

Hauteur écran : 6.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m

Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.80 m	629.	489.	365.	324.	311.
B	1.80 m	12.0 m	388.	302.	226.	200.	192.
C	12.0 m	24.0 m	314.	244.	183.	162.	155.
D	24.0 m	-	222.	172.	129.	114.	109.

Hauteur écran : 6.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m

Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.80 m	735.	605.	483.	379.	311.
B	1.80 m	12.0 m	454.	374.	298.	234.	192.
C	12.0 m	24.0 m	368.	302.	241.	189.	155.
D	24.0 m	-	259.	213.	170.	134.	109.

A.1.9 - Abaque pour la Guadeloupe : Pressions sur les zones de l'écran

Vitesse de référence du vent : 36.0 m/s (Guadeloupe)

Hauteur écran : 2.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	0.60 m	549.	383.	381.	363.	348.
B	0.60 m	4.00 m	339.	236.	235.	224.	215.
C	4.00 m	8.00 m	274.	191.	190.	181.	174.
D	8.00 m	-	194.	135.	134.	128.	123.

Hauteur écran : 2.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	0.60 m	766.	615.	477.	363.	348.
B	0.60 m	4.00 m	473.	380.	294.	224.	215.
C	4.00 m	8.00 m	383.	307.	238.	181.	174.
D	8.00 m	-	270.	217.	168.	128.	123.

Vitesse de référence du vent : 36.0 m/s (Guadeloupe)

Hauteur écran : 2.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	0.75 m	579.	414.	381.	363.	348.
B	0.75 m	5.00 m	358.	256.	235.	224.	215.
C	5.00 m	10.0 m	289.	207.	190.	181.	174.
D	10.0 m	-	204.	146.	134.	128.	123.

Hauteur écran : 2.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	0.75 m	775.	624.	486.	372.	348.
B	0.75 m	5.00 m	478.	385.	300.	230.	215.
C	5.00 m	10.0 m	387.	312.	243.	186.	174.
D	10.0 m	-	273.	220.	171.	131.	123.

Vitesse de référence du vent : 36.0 m/s (Guadeloupe)

Hauteur écran : 3.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	0.90 m	604.	441.	381.	363.	348.
B	0.90 m	6.00 m	373.	272.	235.	224.	215.
C	6.00 m	12.0 m	302.	220.	190.	181.	174.
D	12.0 m	-	213.	155.	134.	128.	123.

Hauteur écran : 3.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	0.90 m	783.	633.	495.	381.	348.
B	0.90 m	6.00 m	483.	391.	306.	235.	215.
C	6.00 m	12.0 m	391.	316.	247.	190.	174.
D	12.0 m	-	276.	223.	174.	134.	123.

Vitesse de référence du vent : 36.0 m/s (Guadeloupe)

Hauteur écran : 3.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.05 m	626.	464.	381.	363.	348.
B	1.05 m	7.00 m	387.	286.	235.	224.	215.
C	7.00 m	14.0 m	313.	232.	190.	181.	174.
D	14.0 m	-	221.	163.	134.	128.	123.

Hauteur écran : 3.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.05 m	791.	641.	503.	389.	348.
B	1.05 m	7.00 m	488.	396.	311.	240.	215.
C	7.00 m	14.0 m	395.	320.	252.	194.	174.
D	14.0 m	-	279.	226.	177.	137.	123.

Vitesse de référence du vent : 36.0 m/s (Guadeloupe)

Hauteur écran : 4.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.20 m	645.	484.	381.	363.	348.
B	1.20 m	8.00 m	398.	299.	235.	224.	215.
C	8.00 m	16.0 m	322.	242.	190.	181.	174.
D	16.0 m	-	227.	171.	134.	128.	123.

Hauteur écran : 4.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.20 m	798.	649.	512.	397.	348.
B	1.20 m	8.00 m	493.	401.	316.	245.	215.
C	8.00 m	16.0 m	399.	324.	256.	198.	174.
D	16.0 m	-	281.	229.	180.	140.	123.

Vitesse de référence du vent : 36.0 m/s (Guadeloupe)

Hauteur écran : 4.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.35 m	662.	502.	381.	363.	348.
B	1.35 m	9.00 m	409.	310.	235.	224.	215.
C	9.00 m	18.0 m	331.	251.	190.	181.	174.
D	18.0 m	-	233.	177.	134.	128.	123.

Hauteur écran : 4.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.35 m	805.	657.	519.	404.	348.
B	1.35 m	9.00 m	497.	406.	321.	249.	215.
C	9.00 m	18.0 m	402.	328.	259.	202.	174.
D	18.0 m	-	284.	232.	183.	142.	123.

Vitesse de référence du vent : 36.0 m/s (Guadeloupe)

Hauteur écran : 5.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.50 m	678.	519.	381.	363.	348.
B	1.50 m	10.0 m	418.	320.	235.	224.	215.
C	10.0 m	20.0 m	339.	259.	190.	181.	174.
D	20.0 m	-	239.	183.	134.	128.	123.

Hauteur écran : 5.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.50 m	812.	664.	527.	412.	348.
B	1.50 m	10.0 m	501.	410.	325.	254.	215.
C	10.0 m	20.0 m	406.	332.	263.	206.	174.
D	20.0 m	-	286.	234.	186.	145.	123.

Vitesse de référence du vent : 36.0 m/s (Guadeloupe)

Hauteur écran : 5.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.65 m	692.	534.	396.	363.	348.
B	1.65 m	11.0 m	427.	330.	244.	224.	215.
C	11.0 m	22.0 m	346.	267.	198.	181.	174.
D	22.0 m	-	244.	188.	139.	128.	123.

Hauteur écran : 5.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.65 m	818.	671.	534.	419.	348.
B	1.65 m	11.0 m	505.	415.	330.	258.	215.
C	11.0 m	22.0 m	409.	335.	267.	209.	174.
D	22.0 m	-	289.	237.	188.	147.	123.

Vitesse de référence du vent : 36.0 m/s (Guadeloupe)

Hauteur écran : 6.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m

Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.80 m	705.	548.	410.	363.	348.
B	1.80 m	12.0 m	435.	338.	253.	224.	215.
C	12.0 m	24.0 m	352.	274.	205.	181.	174.
D	24.0 m	-	248.	193.	144.	128.	123.

Hauteur écran : 6.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m

Pression en daN/m²

Zone	début	fin	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
A	0.00 m	1.80 m	825.	678.	541.	425.	348.
B	1.80 m	12.0 m	509.	419.	334.	263.	215.
C	12.0 m	24.0 m	412.	339.	270.	212.	174.
D	24.0 m	-	291.	239.	191.	150.	123.

A.2 - Abaques de prédimensionnement des poteaux

A.2.1 - Mode d'emploi

Pour permettre un prédimensionnement rapide de la partie structurale des écrans phoniques, il a été réalisé un abaque donnant les efforts et le type de profilé métallique pour les configurations les plus courantes.

Cet abaque est basé sur les hypothèses suivantes :

- l'écran est vertical et de hauteur constante ;
- l'espacement entre les profilés HEA (acier S235) est de 4,00 m ;
- la hauteur des écrans varie de 2,00 m à 6,50 m ;
- la position du bas des écrans par rapport au terrain naturel (TN) peut prendre deux valeurs : 0,00 m ou 7,00 m (crête de talus des ponts en passage supérieur) ;
- l'effet de souffle des véhicules est négligeable (écran à plus de 3,00 m d'une voie circulée à 120 km/h) ;
- les coefficients du tableau A1 de la norme EN 1794-1 en contradiction avec l'Eurocode EN 1991-1-4 sont ignorés ;
- la durée de la phase travaux est supposée inférieure à 3 mois (période de retour de l'action climatique 5 ans cf. Tableau 3.1 de l'Eurocode EN 1991-1-6).

Remarques : les efforts repris par chaque profilé dépendent de leur position par rapport à l'extrémité de l'écran (voir définition des zones A,B,C,D §A7 de EN 1794-1). L'abaque donne les valeurs pour les profilés d'extrémité (numérotés de l'extrémité vers le milieu de l'écran) ainsi que les valeurs pour un profilé courant suffisamment loin du bord.

Suivant la position des profilés, ce phénomène peut générer des efforts plus importants en phase travaux qu'en phase de service. En l'absence de dispositions spécifiques on adoptera le dimensionnement de la phase travaux (Ph Trav) s'il est plus défavorable que le dimensionnement en service.

Étape 1 : Prendre en compte la zone géographique correspondant à l'implantation de l'écran

- Régions de vent

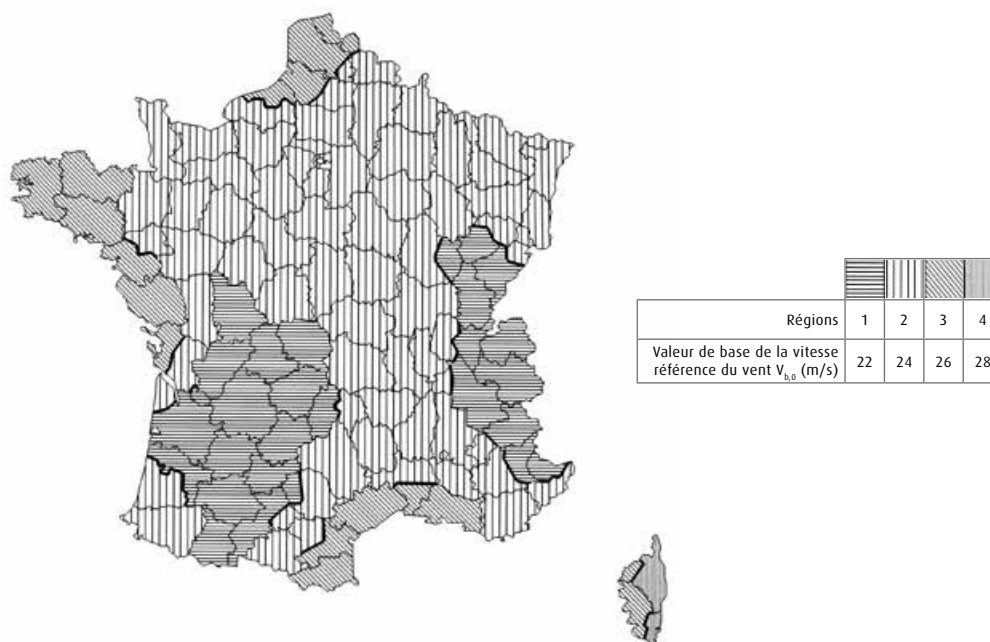


Figure A.5 : Carte des régions de vent en France métropolitaine

Étape 2 : Déterminer le type de rugosité du terrain environnant



Figure 4.6(NA) - Rugosité 0 (mer) et IV (ville)



Figure 4.8(NA) - Rugosité II (rase campagne)



Figure 4.9(NA) - Rugosité IIIa (campagne avec des haies, bocage...)



Figure 4.11(NA) - Rugosité IIIb (zone industrielle)

Figure A.6 : Figures de rugosité du terrain environnant selon NF EN 1991-1-4

Étape 3 : Prendre en compte la position de l'écran par rapport au terrain naturel la plus proche de l'une des deux configurations suivantes :

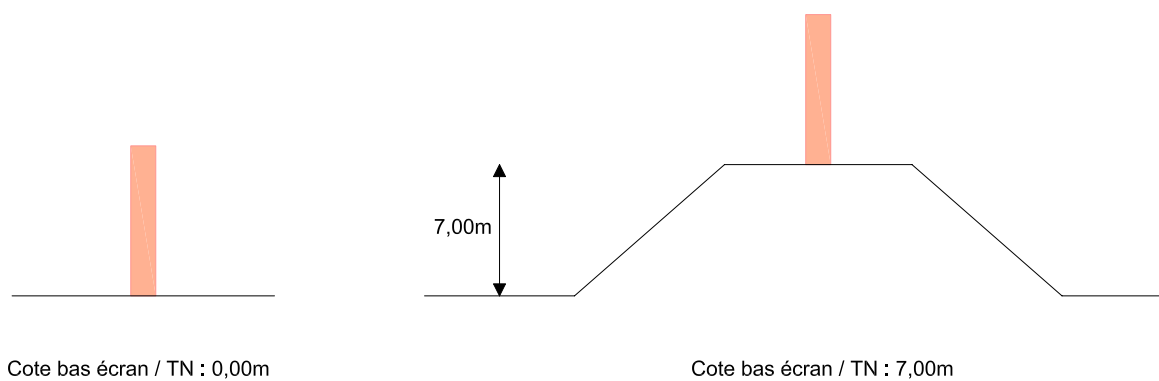


Figure A.7 : Configuration de l'écran par rapport au terrain naturel

Étape 4 : Lire dans l'abaque les valeurs d'effort et le type de profilé

Exemple :

- écran situé en Ile-de-France (région 2) (1)
- écran de 3,00 m situé au niveau du terrain naturel (2)
- implanté dans une zone de rugosité IIIb (3)

Vitesse de référence du vent : 24.0 m/s (Région 2) (1)

Hauteur écran : 3.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m (2)

Longueur panneaux : 4.00 m

Résultante en kN / Profile HEA

poteau	Cat IIIb (3)				
	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb (3)	Cat IV
1	12.4/HEA140	9.06/HEA120	7.83/HEA120	7.46/HEA120	7.16/HEA120
2	19.7/HEA160	14.4/HEA140	12.4/HEA140	11.8/HEA140	11.4/HEA140
3	16.6/HEA160	12.1/HEA140	10.4/HEA120	9.97/HEA120	9.57/HEA120
4	13.7/HEA140	10.0/HEA120	8.67/HEA120	8.26/HEA120	7.93/HEA120
Courant	11.3/HEA140	8.30/HEA120	7.17/HEA120	6.84/HEA120	6.56/HEA120
Ph Trav	15.3/HEA140	11.1/HEA140	9.64/HEA120	9.19/HEA120	8.82/HEA120

Hauteur écran : 3.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m

Longueur panneaux : 4.00 m

Résultante en kN / Profile HEA

poteau	Cat IIIb				
	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	16.1/HEA140	13.0/HEA140	10.1/HEA120	7.82/HEA120	7.16/HEA120
2	25.6/HEA180	20.6/HEA160	16.1/HEA140	12.4/HEA140	11.4/HEA140
3	21.5/HEA160	17.3/HEA160	13.6/HEA140	10.4/HEA120	9.57/HEA120
4	17.8/HEA160	14.4/HEA140	11.2/HEA140	8.66/HEA120	7.93/HEA120
Courant	14.7/HEA140	11.9/HEA140	9.32/HEA120	7.17/HEA120	6.56/HEA120
Ph Trav	19.8/HEA160	16.0/HEA140	12.5/HEA140	9.63/HEA120	8.82/HEA120

Les résultats sont à interpréter comme suit :

Le poteau 1 est sollicité par une force horizontale de 7,46 kN située à mi-hauteur. Un HEA120 (acier S235) respecte les critères de flèche et de résistance en situation de service. La lecture des résultats pour les poteaux 2, 3 et 4 s'effectue de manière identique, pour les poteaux suivants on prendra les valeurs du poteau courant.

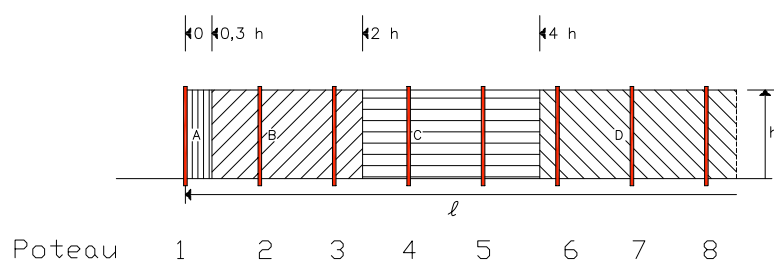


Figure A.8 : Position relative des poteaux et des zones A, B, C et D de l'écran

Remarques : la phase travaux amène une sollicitation plus importante que la phase de service pour le poteau 4 et les poteaux courants, néanmoins un HEA120 respecte bien les critères de résistance (le critère de flèche élastique n'est pas appliqué ici).

Le type de profilé peut être augmenté en fonction du mode de fixation des panneaux. Par exemple un HEA120 peut être insuffisant pour glisser un panneau entre les ailes de ce profilé.

Pour calculer le moment en pied d'un poteau, il suffit de multiplier la sollicitation horizontale par la demi-hauteur de l'écran.

Exemple : poteau 1

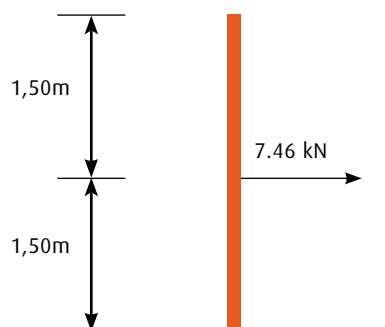


Figure A.9 : Détermination du moment en pied de poteau

Sollicitation due au vent en pied de poteau :

Effort tranchant : $F_w = 7,46 \text{ kN}$;

Moment fléchissant : $M_w = 1,50 \times 7,46 = 11,19 \text{ kN.m}$.

Ces valeurs de sollicitation peuvent être utilisées pour prédimensionner les fondations. A ce titre on rappelle les combinaisons à utiliser, hors prise en compte de charges d'exploitation sur remblai :

- ELS caractéristique : $G + F_w$
- ELS quasi permanent : G
- ELU fondamental : $1,35 G_{\max} + G_{\min} + 1,5 F_w$

Avec: G : charges permanentes, F_w : effet du vent.

Simplifications possibles :

Dans un souci de simplification des calculs et des travaux il est conseillé de dimensionner les poteaux non courants avec les efforts du poteau 2 et les poteaux courants avec les efforts courants ou de chantier.

Une simplification plus brutale consistant à appliquer les efforts du poteau 2 à l'ensemble des poteaux de l'écran doit être réservée aux écrans ayant un linéaire peu important.

A.2.2 - Abaques en région de vent 1 : predimensionnement des poteaux

Vitesse de référence du vent : 22.0 m/s (Région 1)

Hauteur écran : 2.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m

Longueur panneaux : 4.00 m

Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	5.94/HEA120	4.14/HEA120	4.12/HEA120	3.93/HEA120	3.77/HEA120
2	9.24/HEA120	6.44/HEA120	6.41/HEA120	6.11/HEA120	5.86/HEA120
3	7.00/HEA120	4.88/HEA120	4.85/HEA120	4.63/HEA120	4.44/HEA120
Courant	5.79/HEA120	4.03/HEA120	4.02/HEA120	3.83/HEA120	3.67/HEA120
Ph Trav	7.15/HEA120	4.99/HEA120	4.96/HEA120	4.73/HEA120	4.54/HEA120

Hauteur écran : 2.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m

Longueur panneaux : 4.00 m

Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	8.29/HEA120	6.65/HEA120	5.16/HEA120	3.93/HEA120	3.77/HEA120
2	12.9/HEA120	10.3/HEA120	8.03/HEA120	6.11/HEA120	5.86/HEA120
3	9.77/HEA120	7.83/HEA120	6.08/HEA120	4.63/HEA120	4.44/HEA120
Courant	8.08/HEA120	6.48/HEA120	5.03/HEA120	3.83/HEA120	3.67/HEA120
Ph Trav	9.99/HEA120	8.01/HEA120	6.21/HEA120	4.73/HEA120	4.54/HEA120

Vitesse de référence du vent : 22.0 m/s (Région 1)

Hauteur écran : 2.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m

Longueur panneaux : 4.00 m

Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	8.09/HEA120	5.78/HEA120	5.32/HEA120	5.07/HEA120	4.86/HEA120
2	12.8/HEA120	9.15/HEA120	8.41/HEA120	8.02/HEA120	7.69/HEA120
3	10.5/HEA120	7.51/HEA120	6.91/HEA120	6.58/HEA120	6.31/HEA120
4	8.03/HEA120	5.75/HEA120	5.28/HEA120	5.04/HEA120	4.83/HEA120
Courant	7.64/HEA120	5.46/HEA120	5.02/HEA120	4.79/HEA120	4.59/HEA120
Ph Trav	9.91/HEA120	7.09/HEA120	6.51/HEA120	6.21/HEA120	5.96/HEA120

Hauteur écran : 2.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m

Longueur panneaux : 4.00 m

Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	10.8/HEA120	8.71/HEA120	6.79/HEA120	5.19/HEA120	4.86/HEA120
2	17.1/HEA140	13.7/HEA140	10.7/HEA120	8.22/HEA120	7.69/HEA120
3	14.0/HEA140	11.3/HEA120	8.81/HEA120	6.74/HEA120	6.31/HEA120
4	10.7/HEA120	8.65/HEA120	6.74/HEA120	5.16/HEA120	4.83/HEA120
Courant	10.2/HEA120	8.23/HEA120	6.41/HEA120	4.90/HEA120	4.59/HEA120
Ph Trav	13.2/HEA120	10.6/HEA120	8.32/HEA120	6.36/HEA120	5.96/HEA120

Vitesse de référence du vent : 22.0 m/s (Région 1)

Hauteur écran : 3.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m

Longueur panneaux : 4.00 m

Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	10.4/HEA120	7.61/HEA120	6.58/HEA120	6.27/HEA120	6.01/HEA120
2	16.6/HEA160	12.1/HEA140	10.4/HEA120	9.97/HEA120	9.57/HEA120
3	13.9/HEA140	10.1/HEA120	8.79/HEA120	8.38/HEA120	8.04/HEA120
4	11.5/HEA140	8.43/HEA120	7.28/HEA120	6.94/HEA120	6.66/HEA120
Courant	9.56/HEA120	6.97/HEA120	6.03/HEA120	5.74/HEA120	5.51/HEA120
Ph Trav	12.8/HEA140	9.38/HEA120	8.10/HEA120	7.72/HEA120	7.41/HEA120

Hauteur écran : 3.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m

Longueur panneaux : 4.00 m

Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	13.5/HEA140	10.9/HEA120	8.55/HEA120	6.57/HEA120	6.01/HEA120
2	21.5/HEA160	17.3/HEA160	13.6/HEA140	10.4/HEA120	9.57/HEA120
3	18.0/HEA160	14.6/HEA140	11.4/HEA140	8.78/HEA120	8.04/HEA120
4	14.9/HEA140	12.1/HEA140	9.46/HEA120	7.28/HEA120	6.66/HEA120
Courant	12.3/HEA140	10.0/HEA120	7.83/HEA120	6.02/HEA120	5.51/HEA120
Ph Trav	16.6/HEA160	13.4/HEA140	10.5/HEA120	8.09/HEA120	7.41/HEA120

Vitesse de référence du vent : 22.0 m/s (Région 1)

Hauteur écran : 3.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	12.9/HEA160	9.61/HEA140	7.89/HEA140	7.52/HEA140	7.21/HEA140
2	20.5/HEA180	15.2/HEA160	12.5/HEA160	11.9/HEA140	11.4/HEA140
3	17.4/HEA160	12.9/HEA160	10.6/HEA140	10.1/HEA140	9.71/HEA140
4	15.7/HEA160	11.6/HEA140	9.60/HEA140	9.15/HEA140	8.78/HEA140
5	12.1/HEA160	9.01/HEA140	7.40/HEA140	7.05/HEA120	6.76/HEA120
Courant	11.5/HEA140	8.56/HEA140	7.03/HEA120	6.70/HEA120	6.43/HEA120
Ph Trav	15.9/HEA160	11.7/HEA140	9.68/HEA140	9.22/HEA120	8.85/HEA120

Hauteur écran : 3.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	16.3/HEA160	13.2/HEA160	10.4/HEA140	8.05/HEA140	7.21/HEA140
2	25.9/HEA180	21.0/HEA180	16.5/HEA160	12.7/HEA160	11.4/HEA140
3	22.0/HEA180	17.8/HEA160	14.0/HEA160	10.8/HEA140	9.71/HEA140
4	19.9/HEA180	16.1/HEA160	12.6/HEA160	9.79/HEA140	8.78/HEA140
5	15.3/HEA160	12.4/HEA160	9.78/HEA140	7.55/HEA140	6.76/HEA120
Courant	14.6/HEA160	11.8/HEA140	9.29/HEA140	7.18/HEA140	6.43/HEA120
Ph Trav	20.0/HEA180	16.2/HEA160	12.8/HEA140	9.88/HEA140	8.85/HEA120

Vitesse de référence du vent : 22.0 m/s (Région 1)

Hauteur écran : 4.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	15.6/HEA180	11.7/HEA160	9.25/HEA160	8.82/HEA160	8.46/HEA160
2	24.5/HEA200	18.3/HEA180	14.4/HEA180	13.7/HEA180	13.2/HEA180
3	21.5/HEA200	16.1/HEA180	12.7/HEA160	12.1/HEA160	11.6/HEA160
4	19.2/HEA180	14.4/HEA180	11.3/HEA160	10.8/HEA160	10.4/HEA160
5	16.4/HEA180	12.3/HEA160	9.71/HEA160	9.26/HEA160	8.88/HEA160
Courant	13.6/HEA180	10.2/HEA160	8.04/HEA140	7.66/HEA140	7.35/HEA140
Ph Trav	18.9/HEA180	14.2/HEA160	11.2/HEA140	10.6/HEA140	10.2/HEA140

Hauteur écran : 4.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	19.3/HEA180	15.7/HEA180	12.4/HEA160	9.64/HEA160	8.46/HEA160
2	30.2/HEA220	24.6/HEA200	19.4/HEA180	15.0/HEA180	13.2/HEA180
3	26.6/HEA200	21.6/HEA200	17.1/HEA180	13.2/HEA180	11.6/HEA160
4	23.8/HEA200	19.4/HEA180	15.3/HEA180	11.8/HEA160	10.4/HEA160
5	20.3/HEA200	16.5/HEA180	13.0/HEA160	10.1/HEA160	8.88/HEA160
Courant	16.8/HEA180	13.7/HEA180	10.8/HEA160	8.37/HEA160	7.35/HEA140
Ph Trav	23.4/HEA200	19.0/HEA180	15.0/HEA160	11.6/HEA160	10.2/HEA140

Vitesse de référence du vent : 22.0 m/s (Région 1)

Hauteur écran : 4.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	18.5/HEA200	14.0/HEA200	10.6/HEA180	10.1/HEA180	9.75/HEA180
2	28.4/HEA220	21.6/HEA220	16.3/HEA200	15.6/HEA200	14.9/HEA200
3	26.0/HEA220	19.7/HEA200	14.9/HEA200	14.2/HEA200	13.7/HEA180
4	22.4/HEA220	17.0/HEA200	12.9/HEA180	12.3/HEA180	11.8/HEA180
5	21.4/HEA220	16.2/HEA200	12.3/HEA180	11.7/HEA180	11.2/HEA180
6	16.5/HEA200	12.5/HEA180	9.51/HEA180	9.07/HEA160	8.70/HEA160
Courant	15.7/HEA200	11.9/HEA180	9.04/HEA160	8.62/HEA160	8.27/HEA160
Ph Trav	22.0/HEA200	16.7/HEA180	12.6/HEA160	12.1/HEA160	11.6/HEA160

Hauteur écran : 4.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	22.5/HEA220	18.3/HEA200	14.5/HEA200	11.3/HEA180	9.75/HEA180
2	34.6/HEA240	28.2/HEA220	22.3/HEA220	17.4/HEA200	14.9/HEA200
3	31.6/HEA240	25.8/HEA220	20.4/HEA220	15.9/HEA200	13.7/HEA180
4	27.2/HEA220	22.2/HEA220	17.6/HEA200	13.7/HEA180	11.8/HEA180
5	26.0/HEA220	21.2/HEA220	16.8/HEA200	13.1/HEA180	11.2/HEA180
6	20.1/HEA200	16.4/HEA200	12.9/HEA180	10.1/HEA180	8.70/HEA160
Courant	19.1/HEA200	15.6/HEA200	12.3/HEA180	9.60/HEA180	8.27/HEA160
Ph Trav	26.8/HEA200	21.8/HEA200	17.3/HEA180	13.4/HEA180	11.6/HEA160

Vitesse de référence du vent : 22.0 m/s (Région 1)

Hauteur écran : 5.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	21.5/HEA220	16.5/HEA200	12.1/HEA200	11.5/HEA200	11.0/HEA180
2	32.6/HEA240	25.0/HEA240	18.3/HEA220	17.5/HEA220	16.7/HEA220
3	30.5/HEA240	23.3/HEA220	17.1/HEA220	16.3/HEA200	15.7/HEA200
4	26.0/HEA240	19.9/HEA220	14.6/HEA200	13.9/HEA200	13.4/HEA200
5	25.3/HEA240	19.3/HEA220	14.2/HEA200	13.5/HEA200	13.0/HEA200
6	21.6/HEA220	16.5/HEA200	12.1/HEA200	11.5/HEA200	11.1/HEA180
Courant	17.8/HEA220	13.6/HEA200	10.0/HEA180	9.58/HEA180	9.19/HEA180
Ph Trav	25.2/HEA220	19.3/HEA200	14.2/HEA180	13.5/HEA180	13.0/HEA180

Hauteur écran : 5.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	25.8/HEA240	21.1/HEA220	16.7/HEA220	13.0/HEA200	11.0/HEA180
2	39.1/HEA260	32.0/HEA240	25.3/HEA240	19.8/HEA220	16.7/HEA220
3	36.5/HEA260	29.9/HEA240	23.7/HEA220	18.5/HEA220	15.7/HEA200
4	31.2/HEA240	25.5/HEA240	20.2/HEA220	15.8/HEA200	13.4/HEA200
5	30.3/HEA240	24.8/HEA240	19.7/HEA220	15.3/HEA200	13.0/HEA200
6	25.8/HEA240	21.1/HEA220	16.8/HEA220	13.1/HEA200	11.1/HEA180
Courant	21.4/HEA220	17.5/HEA220	13.9/HEA200	10.8/HEA180	9.19/HEA180
Ph Trav	30.2/HEA220	24.7/HEA220	19.6/HEA200	15.3/HEA180	13.0/HEA180

Vitesse de référence du vent : 22.0 m/s (Région 1)

Hauteur écran : 5.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	24.6/HEA240	19.0/HEA220	14.1/HEA220	12.9/HEA200	12.4/HEA200
2	36.9/HEA260	28.5/HEA240	21.1/HEA240	19.4/HEA220	18.6/HEA220
3	34.9/HEA260	26.9/HEA240	19.9/HEA220	18.3/HEA220	17.5/HEA220
4	30.3/HEA260	23.4/HEA240	17.3/HEA220	15.9/HEA220	15.2/HEA220
5	28.4/HEA240	21.9/HEA240	16.2/HEA220	14.9/HEA220	14.3/HEA220
6	27.3/HEA240	21.1/HEA240	15.6/HEA220	14.3/HEA220	13.8/HEA220
7	21.1/HEA240	16.3/HEA220	12.0/HEA200	11.0/HEA200	10.6/HEA200
Courant	20.0/HEA240	15.5/HEA220	11.5/HEA200	10.5/HEA200	10.1/HEA200
Ph Trav	28.6/HEA240	22.1/HEA220	16.4/HEA200	15.0/HEA200	14.4/HEA200

Hauteur écran : 5.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	29.2/HEA260	23.9/HEA240	19.0/HEA220	14.9/HEA220	12.4/HEA200
2	43.7/HEA280	35.8/HEA260	28.5/HEA240	22.3/HEA240	18.6/HEA220
3	41.3/HEA280	33.8/HEA260	26.9/HEA240	21.1/HEA240	17.5/HEA220
4	35.8/HEA260	29.4/HEA260	23.4/HEA240	18.3/HEA220	15.2/HEA220
5	33.6/HEA260	27.6/HEA240	21.9/HEA240	17.2/HEA220	14.3/HEA220
6	32.4/HEA260	26.5/HEA240	21.1/HEA240	16.5/HEA220	13.8/HEA220
7	24.9/HEA240	20.5/HEA240	16.3/HEA220	12.7/HEA200	10.6/HEA200
Courant	23.7/HEA240	19.4/HEA220	15.5/HEA220	12.1/HEA200	10.1/HEA200
Ph Trav	33.8/HEA240	27.8/HEA220	22.1/HEA220	17.3/HEA200	14.4/HEA200

Vitesse de référence du vent : 22.0 m/s (Région 1)

Hauteur écran : 6.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	27.9/HEA260	21.7/HEA240	16.2/HEA220	14.4/HEA220	13.8/HEA220
2	41.4/HEA280	32.2/HEA260	24.1/HEA240	21.3/HEA240	20.5/HEA240
3	39.0/HEA280	30.3/HEA260	22.7/HEA240	20.1/HEA240	19.3/HEA240
4	35.3/HEA280	27.4/HEA260	20.5/HEA240	18.2/HEA240	17.4/HEA240
5	31.6/HEA260	24.5/HEA260	18.3/HEA240	16.2/HEA220	15.6/HEA220
6	31.6/HEA260	24.5/HEA260	18.3/HEA240	16.2/HEA220	15.6/HEA220
7	26.9/HEA260	20.9/HEA240	15.6/HEA220	13.9/HEA220	13.3/HEA220
Courant	22.3/HEA240	17.3/HEA240	12.9/HEA220	11.5/HEA220	11.0/HEA200
Ph Trav	32.1/HEA240	24.9/HEA240	18.6/HEA220	16.5/HEA220	15.8/HEA200

Hauteur écran : 6.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	32.7/HEA280	26.9/HEA260	21.4/HEA240	16.8/HEA240	13.8/HEA220
2	48.5/HEA300	39.9/HEA280	31.8/HEA260	25.0/HEA260	20.5/HEA240
3	45.6/HEA300	37.5/HEA280	29.9/HEA260	23.5/HEA240	19.3/HEA240
4	41.3/HEA280	34.0/HEA280	27.1/HEA260	21.3/HEA240	17.4/HEA240
5	36.9/HEA280	30.4/HEA260	24.2/HEA260	19.0/HEA240	15.6/HEA220
6	36.9/HEA280	30.4/HEA260	24.2/HEA260	19.0/HEA240	15.6/HEA220
7	31.5/HEA260	25.9/HEA260	20.7/HEA240	16.2/HEA220	13.3/HEA220
Courant	26.1/HEA260	21.4/HEA240	17.1/HEA240	13.4/HEA220	11.0/HEA200
Ph Trav	37.5/HEA260	30.9/HEA240	24.6/HEA240	19.4/HEA220	15.8/HEA200

Vitesse de référence du vent : 22.0 m/s (Région 1)

Hauteur écran : 6.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	31.3/HEA280	24.5/HEA260	18.4/HEA240	15.8/HEA240	15.2/HEA240
2	46.1/HEA300	36.1/HEA280	27.2/HEA260	23.4/HEA260	22.4/HEA260
3	43.0/HEA300	33.6/HEA280	25.3/HEA260	21.8/HEA260	20.9/HEA260
4	40.7/HEA300	31.8/HEA280	24.0/HEA260	20.6/HEA260	19.7/HEA240
5	35.0/HEA280	27.4/HEA260	20.7/HEA260	17.7/HEA240	17.0/HEA240
6	34.8/HEA280	27.2/HEA260	20.5/HEA240	17.6/HEA240	16.9/HEA240
7	33.5/HEA280	26.2/HEA260	19.7/HEA240	17.0/HEA240	16.3/HEA240
8	25.8/HEA260	20.2/HEA240	15.2/HEA240	13.1/HEA220	12.5/HEA220
Courant	24.5/HEA260	19.2/HEA240	14.5/HEA240	12.4/HEA220	11.9/HEA220
Ph Trav	35.7/HEA260	27.9/HEA240	21.1/HEA240	18.1/HEA220	17.3/HEA220

Hauteur écran : 6.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	36.3/HEA300	29.9/HEA280	23.9/HEA260	18.8/HEA240	15.2/HEA240
2	53.5/HEA320	44.1/HEA300	35.3/HEA280	27.8/HEA280	22.4/HEA260
3	49.8/HEA320	41.1/HEA300	32.8/HEA280	25.9/HEA260	20.9/HEA260
4	47.1/HEA300	38.9/HEA300	31.1/HEA280	24.5/HEA260	19.7/HEA240
5	40.6/HEA300	33.5/HEA280	26.8/HEA260	21.1/HEA260	17.0/HEA240
6	40.3/HEA300	33.2/HEA280	26.6/HEA260	21.0/HEA260	16.9/HEA240
7	38.8/HEA300	32.0/HEA280	25.6/HEA260	20.2/HEA240	16.3/HEA240
8	29.9/HEA280	24.7/HEA260	19.7/HEA240	15.5/HEA240	12.5/HEA220
Courant	28.4/HEA280	23.4/HEA260	18.8/HEA240	14.8/HEA240	11.9/HEA220
Ph Trav	41.4/HEA280	34.1/HEA260	27.3/HEA240	21.5/HEA240	17.3/HEA220

A.2.3 - Abaques en région de vent 2 : predimensionnement des poteaux

Vitesse de référence du vent : 24.0 m/s (Région 2)

Hauteur écran : 2.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m

Longueur panneaux : 4.00 m

Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	7.06/HEA120	4.92/HEA120	4.90/HEA120	4.67/HEA120	4.48/HEA120
2	11.0/HEA120	7.66/HEA120	7.63/HEA120	7.27/HEA120	6.98/HEA120
3	8.33/HEA120	5.80/HEA120	5.78/HEA120	5.51/HEA120	5.28/HEA120
Courant	6.89/HEA120	4.80/HEA120	4.78/HEA120	4.56/HEA120	4.37/HEA120
Ph Trav	8.51/HEA120	5.93/HEA120	5.91/HEA120	5.63/HEA120	5.40/HEA120

Hauteur écran : 2.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m

Longueur panneaux : 4.00 m

Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	9.86/HEA120	7.91/HEA120	6.14/HEA120	4.67/HEA120	4.48/HEA120
2	15.3/HEA120	12.3/HEA120	9.55/HEA120	7.27/HEA120	6.98/HEA120
3	11.6/HEA120	9.32/HEA120	7.23/HEA120	5.51/HEA120	5.28/HEA120
Courant	9.62/HEA120	7.72/HEA120	5.99/HEA120	4.56/HEA120	4.37/HEA120
Ph Trav	11.9/HEA120	9.53/HEA120	7.40/HEA120	5.63/HEA120	5.40/HEA120

Vitesse de référence du vent : 24.0 m/s (Région 2)

Hauteur écran : 2.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m

Longueur panneaux : 4.00 m

Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	9.63/HEA120	6.88/HEA120	6.33/HEA120	6.03/HEA120	5.79/HEA120
2	15.2/HEA140	10.9/HEA120	10.0/HEA120	9.55/HEA120	9.16/HEA120
3	12.5/HEA120	8.94/HEA120	8.22/HEA120	7.83/HEA120	7.52/HEA120
4	9.56/HEA120	6.84/HEA120	6.29/HEA120	5.99/HEA120	5.75/HEA120
Courant	9.09/HEA120	6.50/HEA120	5.98/HEA120	5.70/HEA120	5.47/HEA120
Ph Trav	11.8/HEA120	8.43/HEA120	7.75/HEA120	7.39/HEA120	7.09/HEA120

Hauteur écran : 2.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m

Longueur panneaux : 4.00 m

Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	12.8/HEA120	10.3/HEA120	8.08/HEA120	6.18/HEA120	5.79/HEA120
2	20.3/HEA160	16.4/HEA140	12.7/HEA120	9.78/HEA120	9.16/HEA120
3	16.7/HEA140	13.4/HEA140	10.5/HEA120	8.03/HEA120	7.52/HEA120
4	12.8/HEA120	10.3/HEA120	8.03/HEA120	6.14/HEA120	5.75/HEA120
Courant	12.1/HEA120	9.79/HEA120	7.63/HEA120	5.84/HEA120	5.47/HEA120
Ph Trav	15.7/HEA140	12.7/HEA120	9.90/HEA120	7.57/HEA120	7.09/HEA120

Vitesse de référence du vent : 24.0 m/s (Région 2)

Hauteur écran : 3.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m

Longueur panneaux : 4.00 m

Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	12.4/HEA140	9.06/HEA120	7.83/HEA120	7.46/HEA120	7.16/HEA120
2	19.7/HEA160	14.4/HEA140	12.4/HEA140	11.8/HEA140	11.4/HEA140
3	16.6/HEA160	12.1/HEA140	10.4/HEA120	9.97/HEA120	9.57/HEA120
4	13.7/HEA140	10.0/HEA120	8.67/HEA120	8.26/HEA120	7.93/HEA120
Courant	11.3/HEA140	8.30/HEA120	7.17/HEA120	6.84/HEA120	6.56/HEA120
Ph Trav	15.3/HEA140	11.1/HEA140	9.64/HEA120	9.19/HEA120	8.82/HEA120

Hauteur écran : 3.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m

Longueur panneaux : 4.00 m

Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	16.1/HEA140	13.0/HEA140	10.1/HEA120	7.82/HEA120	7.16/HEA120
2	25.6/HEA180	20.6/HEA160	16.1/HEA140	12.4/HEA140	11.4/HEA140
3	21.5/HEA160	17.3/HEA160	13.6/HEA140	10.4/HEA120	9.57/HEA120
4	17.8/HEA160	14.4/HEA140	11.2/HEA140	8.66/HEA120	7.93/HEA120
Courant	14.7/HEA140	11.9/HEA140	9.32/HEA120	7.17/HEA120	6.56/HEA120
Ph Trav	19.8/HEA160	16.0/HEA140	12.5/HEA140	9.63/HEA120	8.82/HEA120

Vitesse de référence du vent : 24.0 m/s (Région 2)

Hauteur écran : 3.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	15.4/HEA160	11.4/HEA140	9.39/HEA140	8.95/HEA140	8.59/HEA140
2	24.4/HEA180	18.1/HEA160	14.8/HEA160	14.1/HEA160	13.6/HEA160
3	20.7/HEA180	15.4/HEA160	12.6/HEA160	12.0/HEA140	11.5/HEA140
4	18.7/HEA160	13.9/HEA160	11.4/HEA140	10.9/HEA140	10.4/HEA140
5	14.4/HEA160	10.7/HEA140	8.80/HEA140	8.39/HEA140	8.05/HEA140
Courant	13.7/HEA160	10.2/HEA140	8.37/HEA140	7.98/HEA140	7.65/HEA140
Ph Trav	18.9/HEA160	14.0/HEA160	11.5/HEA140	10.9/HEA140	10.5/HEA140

Hauteur écran : 3.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	19.5/HEA160	15.8/HEA160	12.4/HEA160	9.58/HEA140	8.59/HEA140
2	30.8/HEA200	25.0/HEA180	19.6/HEA160	15.1/HEA160	13.6/HEA160
3	26.2/HEA180	21.2/HEA180	16.7/HEA160	12.9/HEA160	11.5/HEA140
4	23.7/HEA180	19.2/HEA160	15.1/HEA160	11.6/HEA140	10.4/HEA140
5	18.2/HEA160	14.8/HEA160	11.6/HEA140	8.99/HEA140	8.05/HEA140
Courant	17.3/HEA160	14.0/HEA160	11.0/HEA140	8.54/HEA140	7.65/HEA140
Ph Trav	23.9/HEA180	19.3/HEA160	15.2/HEA160	11.7/HEA140	10.5/HEA140

Vitesse de référence du vent : 24.0 m/s (Région 2)

Hauteur écran : 4.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	18.6/HEA180	14.0/HEA180	11.0/HEA160	10.5/HEA160	10.0/HEA160
2	29.1/HEA220	21.8/HEA200	17.2/HEA180	16.4/HEA180	15.7/HEA180
3	25.6/HEA200	19.2/HEA180	15.1/HEA180	14.4/HEA180	13.8/HEA180
4	22.9/HEA200	17.2/HEA180	13.5/HEA180	12.9/HEA160	12.4/HEA160
5	19.5/HEA180	14.7/HEA180	11.5/HEA160	11.0/HEA160	10.5/HEA160
Courant	16.2/HEA180	12.1/HEA160	9.56/HEA160	9.12/HEA160	8.75/HEA160
Ph Trav	22.5/HEA180	16.9/HEA160	13.3/HEA160	12.7/HEA160	12.1/HEA160

Hauteur écran : 4.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	23.0/HEA200	18.7/HEA180	14.8/HEA180	11.4/HEA160	10.0/HEA160
2	36.0/HEA220	29.3/HEA220	23.1/HEA200	17.9/HEA180	15.7/HEA180
3	31.7/HEA220	25.8/HEA200	20.3/HEA200	15.7/HEA180	13.8/HEA180
4	28.3/HEA200	23.1/HEA200	18.2/HEA180	14.1/HEA180	12.4/HEA160
5	24.2/HEA200	19.7/HEA180	15.5/HEA180	12.0/HEA160	10.5/HEA160
Courant	20.0/HEA200	16.3/HEA180	12.8/HEA160	9.96/HEA160	8.75/HEA160
Ph Trav	27.9/HEA200	22.7/HEA180	17.9/HEA180	13.8/HEA160	12.1/HEA160

Vitesse de référence du vent : 24.0 m/s (Région 2)

Hauteur écran : 4.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	22.0/HEA220	16.7/HEA200	12.6/HEA180	12.1/HEA180	11.6/HEA180
2	33.9/HEA240	25.7/HEA220	19.5/HEA200	18.6/HEA200	17.8/HEA200
3	31.0/HEA240	23.5/HEA220	17.8/HEA200	17.0/HEA200	16.3/HEA200
4	26.7/HEA220	20.2/HEA200	15.3/HEA200	14.6/HEA200	14.0/HEA200
5	25.5/HEA220	19.3/HEA200	14.6/HEA200	14.0/HEA200	13.4/HEA180
6	19.6/HEA200	14.9/HEA200	11.3/HEA180	10.8/HEA180	10.3/HEA180
Courant	18.7/HEA200	14.2/HEA200	10.7/HEA180	10.2/HEA180	9.84/HEA180
Ph Trav	26.2/HEA200	19.9/HEA200	15.1/HEA180	14.4/HEA180	13.8/HEA180

Hauteur écran : 4.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	26.8/HEA220	21.8/HEA220	17.3/HEA200	13.4/HEA180	11.6/HEA180
2	41.2/HEA240	33.6/HEA240	26.5/HEA220	20.7/HEA220	17.8/HEA200
3	37.6/HEA240	30.7/HEA240	24.3/HEA220	18.9/HEA200	16.3/HEA200
4	32.4/HEA240	26.4/HEA220	20.9/HEA220	16.3/HEA200	14.0/HEA200
5	31.0/HEA240	25.3/HEA220	20.0/HEA200	15.5/HEA200	13.4/HEA180
6	23.9/HEA220	19.5/HEA200	15.4/HEA200	12.0/HEA180	10.3/HEA180
Courant	22.7/HEA220	18.5/HEA200	14.6/HEA200	11.4/HEA180	9.84/HEA180
Ph Trav	31.9/HEA220	26.0/HEA200	20.6/HEA200	16.0/HEA180	13.8/HEA180

Vitesse de référence du vent : 24.0 m/s (Région 2)

Hauteur écran : 5.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	25.6/HEA240	19.6/HEA220	14.4/HEA200	13.7/HEA200	13.1/HEA200
2	38.8/HEA260	29.7/HEA240	21.8/HEA220	20.8/HEA220	19.9/HEA220
3	36.3/HEA260	27.8/HEA240	20.4/HEA220	19.4/HEA220	18.6/HEA220
4	31.0/HEA240	23.7/HEA220	17.4/HEA220	16.6/HEA220	15.9/HEA200
5	30.1/HEA240	23.0/HEA220	16.9/HEA220	16.1/HEA200	15.5/HEA200
6	25.7/HEA240	19.6/HEA220	14.4/HEA200	13.7/HEA200	13.2/HEA200
Courant	21.2/HEA220	16.2/HEA200	11.9/HEA200	11.4/HEA200	10.9/HEA180
Ph Trav	30.0/HEA220	23.0/HEA200	16.9/HEA200	16.1/HEA200	15.4/HEA180

Hauteur écran : 5.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	30.7/HEA240	25.1/HEA240	19.9/HEA220	15.5/HEA200	13.1/HEA200
2	46.5/HEA260	38.0/HEA260	30.2/HEA240	23.6/HEA220	19.9/HEA220
3	43.5/HEA260	35.6/HEA260	28.2/HEA240	22.0/HEA220	18.6/HEA220
4	37.1/HEA260	30.4/HEA240	24.1/HEA220	18.8/HEA220	15.9/HEA200
5	36.1/HEA260	29.5/HEA240	23.4/HEA220	18.3/HEA220	15.5/HEA200
6	30.7/HEA240	25.2/HEA240	19.9/HEA220	15.6/HEA200	13.2/HEA200
Courant	25.4/HEA240	20.8/HEA220	16.5/HEA220	12.9/HEA200	10.9/HEA180
Ph Trav	36.0/HEA240	29.4/HEA220	23.4/HEA220	18.2/HEA200	15.4/HEA180

Vitesse de référence du vent : 24.0 m/s (Région 2)

Hauteur écran : 5.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	29.3/HEA260	22.6/HEA240	16.8/HEA220	15.4/HEA220	14.8/HEA220
2	44.0/HEA280	33.9/HEA260	25.2/HEA240	23.1/HEA240	22.1/HEA240
3	41.5/HEA280	32.0/HEA260	23.7/HEA240	21.8/HEA240	20.9/HEA240
4	36.0/HEA260	27.8/HEA240	20.6/HEA240	18.9/HEA220	18.1/HEA220
5	33.8/HEA260	26.1/HEA240	19.3/HEA220	17.7/HEA220	17.0/HEA220
6	32.6/HEA260	25.1/HEA240	18.6/HEA220	17.1/HEA220	16.4/HEA220
7	25.1/HEA240	19.4/HEA220	14.3/HEA220	13.2/HEA200	12.6/HEA200
Courant	23.8/HEA240	18.4/HEA220	13.6/HEA220	12.5/HEA200	12.0/HEA200
Ph Trav	34.0/HEA240	26.3/HEA220	19.5/HEA220	17.9/HEA200	17.1/HEA200

Hauteur écran : 5.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	34.7/HEA260	28.5/HEA240	22.6/HEA240	17.7/HEA220	14.8/HEA220
2	52.0/HEA300	42.7/HEA280	33.9/HEA260	26.6/HEA240	22.1/HEA240
3	49.1/HEA280	40.3/HEA280	32.1/HEA260	25.1/HEA240	20.9/HEA240
4	42.6/HEA280	35.0/HEA260	27.8/HEA240	21.8/HEA240	18.1/HEA220
5	40.0/HEA280	32.8/HEA260	26.1/HEA240	20.4/HEA240	17.0/HEA220
6	38.5/HEA260	31.6/HEA260	25.1/HEA240	19.7/HEA220	16.4/HEA220
7	29.7/HEA260	24.4/HEA240	19.4/HEA220	15.2/HEA220	12.6/HEA200
Courant	28.2/HEA240	23.1/HEA240	18.4/HEA220	14.4/HEA220	12.0/HEA200
Ph Trav	40.3/HEA260	33.0/HEA240	26.3/HEA220	20.6/HEA220	17.1/HEA200

Vitesse de référence du vent : 24.0 m/s (Région 2)

Hauteur écran : 6.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	33.2/HEA280	25.8/HEA260	19.3/HEA240	17.1/HEA240	16.4/HEA220
2	49.3/HEA300	38.3/HEA280	28.7/HEA260	25.4/HEA260	24.4/HEA260
3	46.4/HEA300	36.1/HEA280	27.0/HEA260	23.9/HEA240	22.9/HEA240
4	42.0/HEA280	32.6/HEA280	24.4/HEA260	21.6/HEA240	20.7/HEA240
5	37.6/HEA280	29.2/HEA260	21.8/HEA240	19.3/HEA240	18.6/HEA240
6	37.6/HEA280	29.2/HEA260	21.8/HEA240	19.3/HEA240	18.6/HEA240
7	32.0/HEA260	24.9/HEA260	18.6/HEA240	16.5/HEA220	15.8/HEA220
Courant	26.5/HEA260	20.6/HEA240	15.4/HEA220	13.6/HEA220	13.1/HEA220
Ph Trav	38.2/HEA260	29.7/HEA240	22.2/HEA220	19.7/HEA220	18.9/HEA220

Hauteur écran : 6.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	38.9/HEA280	32.0/HEA260	25.5/HEA260	20.0/HEA240	16.4/HEA220
2	57.7/HEA320	47.5/HEA300	37.9/HEA280	29.8/HEA260	24.4/HEA260
3	54.3/HEA300	44.7/HEA300	35.6/HEA280	28.0/HEA260	22.9/HEA240
4	49.1/HEA300	40.4/HEA280	32.2/HEA260	25.3/HEA260	20.7/HEA240
5	44.0/HEA300	36.2/HEA280	28.8/HEA260	22.7/HEA240	18.6/HEA240
6	44.0/HEA300	36.2/HEA280	28.8/HEA260	22.7/HEA240	18.6/HEA240
7	37.5/HEA280	30.8/HEA260	24.6/HEA260	19.3/HEA240	15.8/HEA220
Courant	31.0/HEA260	25.5/HEA260	20.3/HEA240	16.0/HEA220	13.1/HEA220
Ph Trav	44.7/HEA280	36.8/HEA260	29.3/HEA240	23.0/HEA220	18.9/HEA220

Vitesse de référence du vent : 24.0 m/s (Région 2)

Hauteur écran : 6.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	37.2/HEA300	29.1/HEA280	22.0/HEA260	18.8/HEA240	18.1/HEA240
2	54.9/HEA320	43.0/HEA300	32.4/HEA280	27.8/HEA280	26.7/HEA260
3	51.1/HEA320	40.0/HEA300	30.2/HEA280	25.9/HEA260	24.8/HEA260
4	48.4/HEA320	37.9/HEA300	28.5/HEA280	24.5/HEA260	23.5/HEA260
5	41.7/HEA300	32.6/HEA280	24.6/HEA260	21.1/HEA260	20.3/HEA240
6	41.4/HEA300	32.4/HEA280	24.4/HEA260	21.0/HEA260	20.1/HEA240
7	39.9/HEA300	31.2/HEA280	23.5/HEA260	20.2/HEA240	19.4/HEA240
8	30.7/HEA280	24.0/HEA260	18.1/HEA240	15.6/HEA240	14.9/HEA240
Courant	29.2/HEA280	22.8/HEA260	17.2/HEA240	14.8/HEA240	14.2/HEA220
Ph Trav	42.5/HEA280	33.3/HEA260	25.1/HEA240	21.5/HEA240	20.6/HEA220

Hauteur écran : 6.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	43.2/HEA300	35.6/HEA280	28.5/HEA280	22.4/HEA260	18.1/HEA240
2	63.6/HEA340	52.5/HEA320	42.0/HEA300	33.1/HEA280	26.7/HEA260
3	59.3/HEA320	48.9/HEA320	39.1/HEA300	30.8/HEA280	24.8/HEA260
4	56.1/HEA320	46.3/HEA300	37.0/HEA300	29.2/HEA280	23.5/HEA260
5	48.3/HEA300	39.8/HEA300	31.9/HEA280	25.1/HEA260	20.3/HEA240
6	48.0/HEA300	39.6/HEA300	31.6/HEA280	24.9/HEA260	20.1/HEA240
7	46.2/HEA300	38.1/HEA300	30.5/HEA280	24.0/HEA260	19.4/HEA240
8	35.6/HEA280	29.4/HEA280	23.5/HEA260	18.5/HEA240	14.9/HEA240
Courant	33.9/HEA280	27.9/HEA280	22.3/HEA260	17.6/HEA240	14.2/HEA220
Ph Trav	49.3/HEA300	40.6/HEA280	32.5/HEA260	25.6/HEA240	20.6/HEA220

A.2.4 - Abaques en région de vent 3 : predimensionnement des poteaux

Vitesse de référence du vent : 26.0 m/s (Région 3)

Hauteur écran :	2.00 m	Cote bas écran/TN :	0.00 m		
Longueur panneaux :	4.00 m				
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)					
poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	8.29/HEA120	5.78/HEA120	5.75/HEA120	5.48/HEA120	5.26/HEA120
2	12.9/HEA120	8.99/HEA120	8.95/HEA120	8.54/HEA120	8.19/HEA120
3	9.77/HEA120	6.81/HEA120	6.78/HEA120	6.46/HEA120	6.20/HEA120
Courant	8.09/HEA120	5.64/HEA120	5.61/HEA120	5.35/HEA120	5.13/HEA120
Ph Trav	9.99/HEA120	6.96/HEA120	6.93/HEA120	6.61/HEA120	6.34/HEA120

Hauteur écran :	2.00 m	Cote bas écran/TN :	7.00 m		
Longueur panneaux :	4.00 m				
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)					
poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	11.5/HEA120	9.29/HEA120	7.20/HEA120	5.48/HEA120	5.26/HEA120
2	18.0/HEA140	14.4/HEA120	11.2/HEA120	8.54/HEA120	8.19/HEA120
3	13.6/HEA120	10.9/HEA120	8.49/HEA120	6.46/HEA120	6.20/HEA120
Courant	11.3/HEA120	9.06/HEA120	7.03/HEA120	5.35/HEA120	5.13/HEA120
Ph Trav	13.9/HEA120	11.2/HEA120	8.68/HEA120	6.61/HEA120	6.34/HEA120

Vitesse de référence du vent : 26.0 m/s (Région 3)

Hauteur écran :	2.50 m	Cote bas écran/TN :	0.00 m		
Longueur panneaux :	4.00 m				
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)					
poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	11.3/HEA120	8.08/HEA120	7.43/HEA120	7.08/HEA120	6.79/HEA120
2	17.8/HEA140	12.7/HEA120	11.7/HEA120	11.2/HEA120	10.7/HEA120
3	14.6/HEA140	10.5/HEA120	9.65/HEA120	9.20/HEA120	8.82/HEA120
4	11.2/HEA120	8.03/HEA120	7.38/HEA120	7.04/HEA120	6.75/HEA120
Courant	10.6/HEA120	7.63/HEA120	7.01/HEA120	6.69/HEA120	6.41/HEA120
Ph Trav	13.8/HEA140	9.90/HEA120	9.10/HEA120	8.68/HEA120	8.32/HEA120

Hauteur écran :	2.50 m	Cote bas écran/TN :	7.00 m		
Longueur panneaux :	4.00 m				
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)					
poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	15.1/HEA140	12.1/HEA120	9.48/HEA120	7.26/HEA120	6.79/HEA120
2	23.9/HEA160	19.2/HEA140	15.0/HEA140	11.4/HEA120	10.7/HEA120
3	19.6/HEA160	15.8/HEA140	12.3/HEA120	9.42/HEA120	8.82/HEA120
4	15.0/HEA140	12.1/HEA120	9.42/HEA120	7.21/HEA120	6.75/HEA120
Courant	14.2/HEA140	11.5/HEA120	8.95/HEA120	6.85/HEA120	6.41/HEA120
Ph Trav	18.5/HEA140	14.9/HEA140	11.6/HEA120	8.89/HEA120	8.32/HEA120

Vitesse de référence du vent : 26.0 m/s (Région 3)

Hauteur écran :	3.00 m	Cote bas écran/TN :	0.00 m		
Longueur panneaux :	4.00 m				
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)					
poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	14.5/HEA140	10.6/HEA120	9.19/HEA120	8.76/HEA120	8.40/HEA120
2	23.2/HEA180	16.9/HEA160	14.6/HEA140	13.9/HEA140	13.3/HEA140
3	19.4/HEA160	14.2/HEA140	12.2/HEA140	11.7/HEA140	11.2/HEA140
4	16.1/HEA140	11.7/HEA140	10.1/HEA120	9.70/HEA120	9.30/HEA120
Courant	13.3/HEA140	9.74/HEA120	8.42/HEA120	8.02/HEA120	7.70/HEA120
Ph Trav	17.9/HEA160	13.1/HEA140	11.3/HEA140	10.8/HEA120	10.3/HEA120

Hauteur écran :	3.00 m	Cote bas écran/TN :	7.00 m		
Longueur panneaux :	4.00 m				
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)					
poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	18.8/HEA160	15.2/HEA140	11.9/HEA140	9.18/HEA120	8.40/HEA120
2	30.0/HEA180	24.2/HEA180	19.0/HEA160	14.6/HEA140	13.3/HEA140
3	25.2/HEA180	20.4/HEA160	15.9/HEA140	12.2/HEA140	11.2/HEA140
4	20.9/HEA160	16.9/HEA160	13.2/HEA140	10.1/HEA120	9.30/HEA120
Courant	17.3/HEA160	13.9/HEA140	10.9/HEA120	8.41/HEA120	7.70/HEA120
Ph Trav	23.2/HEA180	18.8/HEA160	14.7/HEA140	11.3/HEA140	10.3/HEA120

Vitesse de référence du vent : 26.0 m/s (Région 3)

Hauteur écran : 3.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	18.1/HEA160	13.4/HEA160	11.0/HEA140	10.5/HEA140	10.0/HEA140
2	28.7/HEA200	21.2/HEA180	17.4/HEA160	16.6/HEA160	15.9/HEA160
3	24.4/HEA180	18.0/HEA160	14.8/HEA160	14.1/HEA160	13.5/HEA160
4	22.0/HEA180	16.3/HEA160	13.4/HEA160	12.7/HEA160	12.2/HEA160
5	17.0/HEA160	12.5/HEA160	10.3/HEA140	9.85/HEA140	9.45/HEA140
Courant	16.1/HEA160	11.9/HEA140	9.82/HEA140	9.36/HEA140	8.98/HEA140
Ph Trav	22.2/HEA180	16.4/HEA160	13.5/HEA140	12.8/HEA140	12.3/HEA140

Hauteur écran : 3.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	22.8/HEA180	18.5/HEA160	14.5/HEA160	11.2/HEA140	10.0/HEA140
2	36.2/HEA220	29.3/HEA200	23.0/HEA180	17.8/HEA160	15.9/HEA160
3	30.8/HEA200	24.9/HEA180	19.6/HEA160	15.1/HEA160	13.5/HEA160
4	27.8/HEA200	22.5/HEA180	17.7/HEA160	13.6/HEA160	12.2/HEA160
5	21.4/HEA180	17.4/HEA160	13.6/HEA160	10.5/HEA140	9.45/HEA140
Courant	20.3/HEA180	16.5/HEA160	12.9/HEA160	10.0/HEA140	8.98/HEA140
Ph Trav	28.0/HEA200	22.7/HEA180	17.8/HEA160	13.8/HEA140	12.3/HEA140

Vitesse de référence du vent : 26.0 m/s (Région 3)

Hauteur écran : 4.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	21.9/HEA200	16.4/HEA180	12.9/HEA160	12.3/HEA160	11.8/HEA160
2	34.2/HEA220	25.6/HEA200	20.2/HEA200	19.2/HEA180	18.4/HEA180
3	30.1/HEA220	22.6/HEA200	17.7/HEA180	16.9/HEA180	16.2/HEA180
4	26.9/HEA200	20.2/HEA200	15.9/HEA180	15.1/HEA180	14.5/HEA180
5	22.9/HEA200	17.2/HEA180	13.5/HEA180	12.9/HEA160	12.4/HEA160
Courant	19.0/HEA180	14.2/HEA180	11.2/HEA160	10.7/HEA160	10.2/HEA160
Ph Trav	26.5/HEA200	19.8/HEA180	15.6/HEA160	14.9/HEA160	14.3/HEA160

Hauteur écran : 4.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	27.0/HEA200	22.0/HEA200	17.3/HEA180	13.4/HEA180	11.8/HEA160
2	42.3/HEA240	34.4/HEA220	27.1/HEA200	21.0/HEA200	18.4/HEA180
3	37.2/HEA220	30.3/HEA220	23.8/HEA200	18.5/HEA180	16.2/HEA180
4	33.3/HEA220	27.1/HEA200	21.3/HEA200	16.5/HEA180	14.5/HEA180
5	28.4/HEA200	23.1/HEA200	18.2/HEA180	14.1/HEA180	12.4/HEA160
Courant	23.5/HEA200	19.1/HEA180	15.0/HEA180	11.7/HEA160	10.2/HEA160
Ph Trav	32.7/HEA220	26.6/HEA200	21.0/HEA180	16.2/HEA160	14.3/HEA160

Vitesse de référence du vent : 26.0 m/s (Région 3)

Hauteur écran : 4.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	25.8/HEA220	19.6/HEA200	14.9/HEA200	14.2/HEA200	13.6/HEA180
2	39.7/HEA240	30.1/HEA240	22.8/HEA220	21.8/HEA220	20.9/HEA220
3	36.3/HEA240	27.5/HEA220	20.9/HEA220	19.9/HEA200	19.1/HEA200
4	31.3/HEA240	23.7/HEA220	18.0/HEA200	17.1/HEA200	16.4/HEA200
5	29.9/HEA240	22.7/HEA220	17.2/HEA200	16.4/HEA200	15.7/HEA200
6	23.1/HEA220	17.5/HEA200	13.3/HEA180	12.6/HEA180	12.1/HEA180
Courant	21.9/HEA220	16.6/HEA200	12.6/HEA180	12.0/HEA180	11.5/HEA180
Ph Trav	30.8/HEA220	23.3/HEA200	17.7/HEA180	16.9/HEA180	16.2/HEA180

Hauteur écran : 4.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	31.4/HEA240	25.6/HEA220	20.3/HEA200	15.8/HEA200	13.6/HEA180
2	48.3/HEA260	39.4/HEA240	31.2/HEA240	24.2/HEA220	20.9/HEA220
3	44.2/HEA260	36.0/HEA240	28.5/HEA220	22.2/HEA220	19.1/HEA200
4	38.0/HEA240	31.0/HEA240	24.5/HEA220	19.1/HEA200	16.4/HEA200
5	36.4/HEA240	29.7/HEA220	23.5/HEA220	18.3/HEA200	15.7/HEA200
6	28.0/HEA220	22.9/HEA220	18.1/HEA200	14.1/HEA200	12.1/HEA180
Courant	26.6/HEA220	21.7/HEA220	17.2/HEA200	13.4/HEA180	11.5/HEA180
Ph Trav	37.4/HEA240	30.5/HEA220	24.1/HEA200	18.8/HEA180	16.2/HEA180

Vitesse de référence du vent : 26.0 m/s (Région 3)

Hauteur écran : 5.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	30.0/HEA240	23.0/HEA220	16.9/HEA220	16.1/HEA200	15.4/HEA200
2	45.6/HEA260	34.9/HEA260	25.6/HEA240	24.4/HEA240	23.4/HEA220
3	42.6/HEA260	32.6/HEA240	23.9/HEA220	22.8/HEA220	21.9/HEA220
4	36.4/HEA260	27.8/HEA240	20.4/HEA220	19.5/HEA220	18.7/HEA220
5	35.3/HEA260	27.0/HEA240	19.8/HEA220	18.9/HEA220	18.1/HEA220
6	30.1/HEA240	23.1/HEA220	16.9/HEA220	16.1/HEA200	15.5/HEA200
Courant	24.9/HEA240	19.1/HEA220	14.0/HEA200	13.3/HEA200	12.8/HEA200
Ph Trav	35.3/HEA240	27.0/HEA220	19.8/HEA200	18.9/HEA200	18.1/HEA200

Hauteur écran : 5.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	36.0/HEA260	29.5/HEA240	23.4/HEA220	18.2/HEA220	15.4/HEA200
2	54.6/HEA280	44.6/HEA260	35.4/HEA260	27.7/HEA240	23.4/HEA220
3	51.0/HEA280	41.8/HEA260	33.1/HEA240	25.9/HEA240	21.9/HEA220
4	43.6/HEA260	35.6/HEA260	28.3/HEA240	22.1/HEA220	18.7/HEA220
5	42.3/HEA260	34.6/HEA240	27.5/HEA240	21.4/HEA220	18.1/HEA220
6	36.1/HEA260	29.5/HEA240	23.4/HEA220	18.3/HEA220	15.5/HEA200
Courant	29.9/HEA240	24.4/HEA240	19.4/HEA220	15.1/HEA200	12.8/HEA200
Ph Trav	42.2/HEA240	34.6/HEA240	27.4/HEA220	21.4/HEA200	18.1/HEA200

Vitesse de référence du vent : 26.0 m/s (Région 3)

Hauteur écran : 5.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	34.4/HEA260	26.6/HEA240	19.7/HEA220	18.1/HEA220	17.3/HEA220
2	51.6/HEA300	39.8/HEA280	29.5/HEA260	27.1/HEA240	26.0/HEA240
3	48.7/HEA280	37.6/HEA260	27.9/HEA240	25.6/HEA240	24.5/HEA240
4	42.3/HEA280	32.6/HEA260	24.2/HEA240	22.2/HEA240	21.3/HEA240
5	39.7/HEA280	30.6/HEA260	22.7/HEA240	20.8/HEA240	20.0/HEA220
6	38.2/HEA260	29.5/HEA260	21.9/HEA240	20.0/HEA240	19.2/HEA220
7	29.5/HEA260	22.7/HEA240	16.8/HEA220	15.4/HEA220	14.8/HEA220
Courant	28.0/HEA240	21.6/HEA240	16.0/HEA220	14.7/HEA220	14.1/HEA220
Ph Trav	40.0/HEA260	30.8/HEA240	22.9/HEA220	21.0/HEA220	20.1/HEA220

Hauteur écran : 5.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	40.7/HEA280	33.4/HEA260	26.6/HEA240	20.8/HEA240	17.3/HEA220
2	61.0/HEA300	50.1/HEA280	39.8/HEA280	31.2/HEA260	26.0/HEA240
3	57.6/HEA300	47.3/HEA280	37.6/HEA260	29.5/HEA260	24.5/HEA240
4	50.0/HEA280	41.1/HEA280	32.7/HEA260	25.6/HEA240	21.3/HEA240
5	46.9/HEA280	38.5/HEA260	30.6/HEA260	24.0/HEA240	20.0/HEA220
6	45.2/HEA280	37.1/HEA260	29.5/HEA260	23.1/HEA240	19.2/HEA220
7	34.8/HEA260	28.6/HEA240	22.7/HEA240	17.8/HEA220	14.8/HEA220
Courant	33.1/HEA260	27.2/HEA240	21.6/HEA240	16.9/HEA220	14.1/HEA220
Ph Trav	47.3/HEA260	38.8/HEA260	30.8/HEA240	24.2/HEA220	20.1/HEA220

Vitesse de référence du vent : 26.0 m/s (Région 3)

Hauteur écran : 6.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
 Longueur panneaux : 4.00 m
 Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	39.0/HEA280	30.3/HEA260	22.7/HEA240	20.1/HEA240	19.3/HEA240
2	57.9/HEA320	45.0/HEA300	33.7/HEA280	29.8/HEA260	28.6/HEA260
3	54.5/HEA300	42.4/HEA280	31.7/HEA260	28.1/HEA260	26.9/HEA260
4	49.3/HEA300	38.3/HEA280	28.7/HEA260	25.4/HEA260	24.4/HEA260
5	44.1/HEA300	34.3/HEA280	25.6/HEA260	22.7/HEA240	21.8/HEA240
6	44.1/HEA300	34.3/HEA280	25.6/HEA260	22.7/HEA240	21.8/HEA240
7	37.6/HEA280	29.2/HEA260	21.9/HEA240	19.4/HEA240	18.6/HEA240
Courant	31.1/HEA260	24.2/HEA260	18.1/HEA240	16.0/HEA220	15.4/HEA220
Ph Trav	44.8/HEA280	34.8/HEA260	26.1/HEA240	23.1/HEA220	22.1/HEA220

Hauteur écran : 6.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
 Longueur panneaux : 4.00 m
 Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	45.6/HEA300	37.5/HEA280	29.9/HEA260	23.5/HEA240	19.3/HEA240
2	67.7/HEA320	55.7/HEA300	44.5/HEA300	34.9/HEA280	28.6/HEA260
3	63.7/HEA320	52.4/HEA300	41.8/HEA280	32.9/HEA280	26.9/HEA260
4	57.7/HEA320	47.4/HEA300	37.8/HEA280	29.7/HEA260	24.4/HEA260
5	51.6/HEA300	42.4/HEA280	33.9/HEA280	26.6/HEA260	21.8/HEA240
6	51.6/HEA300	42.4/HEA280	33.9/HEA280	26.6/HEA260	21.8/HEA240
7	44.0/HEA300	36.2/HEA280	28.9/HEA260	22.7/HEA240	18.6/HEA240
Courant	36.4/HEA280	29.9/HEA260	23.9/HEA240	18.8/HEA240	15.4/HEA220
Ph Trav	52.4/HEA280	43.1/HEA260	34.4/HEA240	27.1/HEA240	22.1/HEA220

Vitesse de référence du vent : 26.0 m/s (Région 3)

Hauteur écran : 6.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
 Longueur panneaux : 4.00 m
 Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	43.7/HEA300	34.2/HEA280	25.8/HEA260	22.1/HEA260	21.2/HEA260
2	64.4/HEA340	50.4/HEA320	38.0/HEA300	32.6/HEA280	31.3/HEA280
3	60.0/HEA320	47.0/HEA300	35.4/HEA280	30.4/HEA280	29.2/HEA280
4	56.8/HEA320	44.5/HEA300	33.5/HEA280	28.8/HEA280	27.6/HEA260
5	48.9/HEA320	38.3/HEA300	28.9/HEA280	24.8/HEA260	23.8/HEA260
6	48.6/HEA320	38.0/HEA300	28.6/HEA280	24.6/HEA260	23.6/HEA260
7	46.8/HEA300	36.6/HEA300	27.6/HEA260	23.7/HEA260	22.7/HEA260
8	36.1/HEA280	28.2/HEA280	21.3/HEA260	18.3/HEA240	17.5/HEA240
Courant	34.3/HEA280	26.8/HEA260	20.2/HEA240	17.4/HEA240	16.6/HEA240
Ph Trav	49.9/HEA300	39.0/HEA260	29.4/HEA240	25.3/HEA240	24.2/HEA240

Hauteur écran : 6.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
 Longueur panneaux : 4.00 m
 Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	50.6/HEA320	41.8/HEA300	33.4/HEA280	26.3/HEA260	21.2/HEA260
2	74.7/HEA360	61.6/HEA340	49.3/HEA320	38.8/HEA300	31.3/HEA280
3	69.6/HEA340	57.4/HEA320	45.9/HEA300	36.2/HEA280	29.2/HEA280
4	65.8/HEA340	54.3/HEA320	43.4/HEA300	34.2/HEA280	27.6/HEA260
5	56.7/HEA320	46.8/HEA300	37.4/HEA300	29.5/HEA280	23.8/HEA260
6	56.3/HEA320	46.4/HEA300	37.1/HEA300	29.3/HEA280	23.6/HEA260
7	54.2/HEA320	44.7/HEA300	35.8/HEA280	28.2/HEA280	22.7/HEA260
8	41.8/HEA300	34.5/HEA280	27.6/HEA260	21.7/HEA260	17.5/HEA240
Courant	39.7/HEA300	32.8/HEA280	26.2/HEA260	20.7/HEA260	16.6/HEA240
Ph Trav	57.8/HEA300	47.7/HEA280	38.1/HEA260	30.1/HEA260	24.2/HEA240

A.2.5 - Abaques en région de vent 4 : predimensionnement des poteaux

Vitesse de référence du vent : 28.0 m/s (Région 4)

Hauteur écran : 2.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m

Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	9.62/HEA120	6.70/HEA120	6.67/HEA120	6.36/HEA120	6.10/HEA120
2	14.9/HEA120	10.4/HEA120	10.3/HEA120	9.90/HEA120	9.50/HEA120
3	11.3/HEA120	7.90/HEA120	7.86/HEA120	7.50/HEA120	7.19/HEA120
Courant	9.38/HEA120	6.54/HEA120	6.51/HEA120	6.20/HEA120	5.95/HEA120
Ph Trav	11.6/HEA120	8.08/HEA120	8.04/HEA120	7.67/HEA120	7.35/HEA120

Hauteur écran : 2.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m

Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	13.4/HEA120	10.7/HEA120	8.35/HEA120	6.36/HEA120	6.10/HEA120
2	20.9/HEA140	16.7/HEA140	13.0/HEA120	9.90/HEA120	9.50/HEA120
3	15.8/HEA120	12.7/HEA120	9.85/HEA120	7.50/HEA120	7.19/HEA120
Courant	13.1/HEA120	10.5/HEA120	8.15/HEA120	6.20/HEA120	5.95/HEA120
Ph Trav	16.1/HEA120	12.9/HEA120	10.0/HEA120	7.67/HEA120	7.35/HEA120

Vitesse de référence du vent : 28.0 m/s (Région 4)

Hauteur écran : 2.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m

Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	13.1/HEA120	9.37/HEA120	8.62/HEA120	8.21/HEA120	7.88/HEA120
2	20.7/HEA160	14.8/HEA140	13.6/HEA140	13.0/HEA120	12.4/HEA120
3	17.0/HEA140	12.1/HEA120	11.2/HEA120	10.6/HEA120	10.2/HEA120
4	13.0/HEA120	9.31/HEA120	8.56/HEA120	8.16/HEA120	7.83/HEA120
Courant	12.3/HEA120	8.85/HEA120	8.14/HEA120	7.76/HEA120	7.44/HEA120
Ph Trav	16.0/HEA140	11.4/HEA120	10.5/HEA120	10.0/HEA120	9.65/HEA120

Hauteur écran : 2.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m

Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	17.5/HEA140	14.1/HEA140	11.0/HEA120	8.42/HEA120	7.88/HEA120
2	27.7/HEA180	22.3/HEA160	17.4/HEA140	13.3/HEA120	12.4/HEA120
3	22.7/HEA160	18.3/HEA140	14.2/HEA140	10.9/HEA120	10.2/HEA120
4	17.4/HEA140	14.0/HEA140	10.9/HEA120	8.36/HEA120	7.83/HEA120
Courant	16.5/HEA140	13.3/HEA140	10.3/HEA120	7.95/HEA120	7.44/HEA120
Ph Trav	21.4/HEA160	17.3/HEA140	13.4/HEA140	10.3/HEA120	9.65/HEA120

Vitesse de référence du vent : 28.0 m/s (Région 4)

Hauteur écran : 3.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m

Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	16.9/HEA160	12.3/HEA140	10.6/HEA120	10.1/HEA120	9.74/HEA120
2	26.9/HEA180	19.6/HEA160	16.9/HEA160	16.1/HEA140	15.5/HEA140
3	22.6/HEA160	16.4/HEA160	14.2/HEA140	13.5/HEA140	13.0/HEA140
4	18.7/HEA160	13.6/HEA140	11.8/HEA140	11.2/HEA140	10.8/HEA120
Courant	15.5/HEA140	11.3/HEA140	9.76/HEA120	9.31/HEA120	8.93/HEA120
Ph Trav	20.8/HEA160	15.2/HEA140	13.1/HEA140	12.5/HEA140	12.0/HEA140

Hauteur écran : 3.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m

Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	21.9/HEA160	17.7/HEA160	13.8/HEA140	10.6/HEA120	9.74/HEA120
2	34.8/HEA200	28.1/HEA180	22.0/HEA160	16.9/HEA160	15.5/HEA140
3	29.2/HEA180	23.6/HEA180	18.5/HEA160	14.2/HEA140	13.0/HEA140
4	24.2/HEA180	19.6/HEA160	15.3/HEA140	11.8/HEA140	10.8/HEA120
Courant	20.0/HEA160	16.2/HEA140	12.7/HEA140	9.76/HEA120	8.93/HEA120
Ph Trav	26.9/HEA180	21.8/HEA160	17.0/HEA160	13.1/HEA140	12.0/HEA140

Vitesse de référence du vent : 28.0 m/s (Région 4)

Hauteur écran : 3.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	21.0/HEA180	15.5/HEA160	12.7/HEA160	12.1/HEA160	11.7/HEA140
2	33.2/HEA200	24.6/HEA180	20.2/HEA180	19.3/HEA160	18.5/HEA160
3	28.2/HEA200	20.9/HEA180	17.2/HEA160	16.4/HEA160	15.7/HEA160
4	25.5/HEA180	18.9/HEA160	15.5/HEA160	14.8/HEA160	14.2/HEA160
5	19.7/HEA180	14.6/HEA160	11.9/HEA140	11.4/HEA140	10.9/HEA140
Courant	18.7/HEA160	13.8/HEA160	11.4/HEA140	10.8/HEA140	10.4/HEA140
Ph Trav	25.7/HEA180	19.1/HEA160	15.6/HEA160	14.9/HEA160	14.3/HEA160

Hauteur écran : 3.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	26.5/HEA200	21.5/HEA180	16.9/HEA160	13.0/HEA160	11.7/HEA140
2	42.0/HEA220	34.0/HEA200	26.7/HEA200	20.6/HEA180	18.5/HEA160
3	35.7/HEA220	28.9/HEA200	22.7/HEA180	17.5/HEA160	15.7/HEA160
4	32.2/HEA200	26.1/HEA180	20.5/HEA180	15.8/HEA160	14.2/HEA160
5	24.8/HEA180	20.1/HEA180	15.8/HEA160	12.2/HEA160	10.9/HEA140
Courant	23.6/HEA180	19.1/HEA160	15.0/HEA160	11.6/HEA140	10.4/HEA140
Ph Trav	32.5/HEA200	26.3/HEA200	20.7/HEA180	16.0/HEA160	14.3/HEA160

Vitesse de référence du vent : 28.0 m/s (Région 4)

Hauteur écran : 4.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	25.4/HEA200	19.0/HEA180	15.0/HEA180	14.3/HEA180	13.7/HEA180
2	39.6/HEA220	29.7/HEA220	23.4/HEA200	22.3/HEA200	21.4/HEA200
3	34.9/HEA220	26.2/HEA200	20.6/HEA200	19.6/HEA180	18.8/HEA180
4	31.2/HEA220	23.4/HEA200	18.4/HEA180	17.5/HEA180	16.8/HEA180
5	26.6/HEA200	20.0/HEA200	15.7/HEA180	15.0/HEA180	14.4/HEA180
Courant	22.0/HEA200	16.5/HEA180	13.0/HEA160	12.4/HEA160	11.9/HEA160
Ph Trav	30.7/HEA220	23.0/HEA200	18.1/HEA180	17.3/HEA180	16.6/HEA160

Hauteur écran : 4.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	31.4/HEA220	25.5/HEA200	20.1/HEA200	15.6/HEA180	13.7/HEA180
2	49.0/HEA240	39.9/HEA220	31.4/HEA220	24.4/HEA200	21.4/HEA200
3	43.1/HEA240	35.1/HEA220	27.7/HEA200	21.4/HEA200	18.8/HEA180
4	38.6/HEA220	31.4/HEA220	24.7/HEA200	19.2/HEA180	16.8/HEA180
5	32.9/HEA220	26.8/HEA200	21.1/HEA200	16.3/HEA180	14.4/HEA180
Courant	27.2/HEA200	22.1/HEA200	17.4/HEA180	13.5/HEA180	11.9/HEA160
Ph Trav	37.9/HEA220	30.9/HEA220	24.3/HEA200	18.9/HEA180	16.6/HEA160

Vitesse de référence du vent : 28.0 m/s (Région 4)

Hauteur écran : 4.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	30.0/HEA240	22.7/HEA220	17.2/HEA200	16.4/HEA200	15.8/HEA200
2	46.1/HEA260	35.0/HEA240	26.5/HEA220	25.3/HEA220	24.2/HEA220
3	42.1/HEA240	32.0/HEA240	24.2/HEA220	23.1/HEA220	22.2/HEA220
4	36.3/HEA240	27.5/HEA220	20.9/HEA220	19.9/HEA200	19.1/HEA200
5	34.7/HEA240	26.3/HEA220	20.0/HEA200	19.0/HEA200	18.2/HEA200
6	26.8/HEA220	20.3/HEA200	15.4/HEA200	14.7/HEA200	14.1/HEA200
Courant	25.4/HEA220	19.3/HEA200	14.6/HEA200	13.9/HEA200	13.4/HEA180
Ph Trav	35.7/HEA220	27.1/HEA220	20.5/HEA200	19.6/HEA200	18.8/HEA180

Hauteur écran : 4.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	36.4/HEA240	29.7/HEA220	23.5/HEA220	18.3/HEA200	15.8/HEA200
2	56.0/HEA260	45.7/HEA260	36.2/HEA240	28.1/HEA220	24.2/HEA220
3	51.2/HEA260	41.8/HEA240	33.0/HEA240	25.7/HEA220	22.2/HEA220
4	44.1/HEA260	36.0/HEA240	28.5/HEA220	22.1/HEA220	19.1/HEA200
5	42.2/HEA240	34.4/HEA240	27.2/HEA220	21.2/HEA220	18.2/HEA200
6	32.5/HEA240	26.5/HEA220	21.0/HEA220	16.3/HEA200	14.1/HEA200
Courant	30.9/HEA240	25.2/HEA220	19.9/HEA200	15.5/HEA200	13.4/HEA180
Ph Trav	43.4/HEA240	35.4/HEA220	28.0/HEA220	21.8/HEA200	18.8/HEA180

Vitesse de référence du vent : 28.0 m/s (Région 4)

Hauteur écran : 5.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	34.9/HEA260	26.7/HEA240	19.6/HEA220	18.7/HEA220	17.9/HEA220
2	52.8/HEA280	40.4/HEA260	29.7/HEA240	28.3/HEA240	27.1/HEA240
3	49.4/HEA280	37.8/HEA260	27.8/HEA240	26.5/HEA240	25.4/HEA240
4	42.2/HEA260	32.3/HEA240	23.7/HEA220	22.6/HEA220	21.7/HEA220
5	41.0/HEA260	31.4/HEA240	23.0/HEA220	21.9/HEA220	21.1/HEA220
6	34.9/HEA260	26.7/HEA240	19.6/HEA220	18.7/HEA220	17.9/HEA220
Courant	28.9/HEA240	22.1/HEA220	16.2/HEA200	15.5/HEA200	14.8/HEA200
Ph Trav	40.9/HEA240	31.3/HEA220	23.0/HEA200	21.9/HEA200	21.0/HEA200

Hauteur écran : 5.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	41.8/HEA260	34.2/HEA240	27.1/HEA240	21.2/HEA220	17.9/HEA220
2	63.3/HEA300	51.8/HEA280	41.1/HEA260	32.1/HEA240	27.1/HEA240
3	59.2/HEA280	48.4/HEA280	38.4/HEA260	30.0/HEA240	25.4/HEA240
4	50.5/HEA280	41.3/HEA260	32.8/HEA240	25.6/HEA240	21.7/HEA220
5	49.1/HEA280	40.2/HEA260	31.9/HEA240	24.9/HEA240	21.1/HEA220
6	41.9/HEA260	34.3/HEA240	27.2/HEA240	21.2/HEA220	17.9/HEA220
Courant	34.6/HEA240	28.3/HEA240	22.5/HEA220	17.5/HEA220	14.8/HEA200
Ph Trav	49.0/HEA260	40.1/HEA240	31.8/HEA220	24.8/HEA220	21.0/HEA200

Vitesse de référence du vent : 28.0 m/s (Région 4)

Hauteur écran : 5.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	39.9/HEA280	30.8/HEA260	22.8/HEA240	21.0/HEA240	20.1/HEA240
2	59.9/HEA300	46.2/HEA280	34.2/HEA260	31.4/HEA260	30.1/HEA260
3	56.5/HEA300	43.6/HEA280	32.3/HEA260	29.7/HEA260	28.4/HEA240
4	49.1/HEA280	37.9/HEA260	28.1/HEA240	25.7/HEA240	24.7/HEA240
5	46.0/HEA280	35.5/HEA260	26.3/HEA240	24.1/HEA240	23.2/HEA240
6	44.3/HEA280	34.2/HEA260	25.4/HEA240	23.3/HEA240	22.3/HEA240
7	34.2/HEA260	26.4/HEA240	19.5/HEA220	17.9/HEA220	17.2/HEA220
Courant	32.5/HEA260	25.1/HEA240	18.6/HEA220	17.0/HEA220	16.3/HEA220
Ph Trav	46.3/HEA260	35.8/HEA240	26.5/HEA220	24.3/HEA220	23.3/HEA220

Hauteur écran : 5.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	47.2/HEA280	38.8/HEA280	30.8/HEA260	24.2/HEA240	20.1/HEA240
2	70.8/HEA320	58.1/HEA300	46.2/HEA280	36.2/HEA260	30.1/HEA260
3	66.9/HEA300	54.9/HEA300	43.6/HEA280	34.2/HEA260	28.4/HEA240
4	58.0/HEA300	47.6/HEA280	37.9/HEA260	29.7/HEA260	24.7/HEA240
5	54.4/HEA300	44.7/HEA280	35.5/HEA260	27.8/HEA240	23.2/HEA240
6	52.4/HEA300	43.0/HEA280	34.2/HEA260	26.8/HEA240	22.3/HEA240
7	40.4/HEA280	33.2/HEA260	26.4/HEA240	20.7/HEA240	17.2/HEA220
Courant	38.4/HEA260	31.5/HEA260	25.1/HEA240	19.6/HEA220	16.3/HEA220
Ph Trav	54.8/HEA280	45.0/HEA260	35.8/HEA240	28.0/HEA220	23.3/HEA220

Vitesse de référence du vent : 28.0 m/s (Région 4)

Hauteur écran : 6.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	45.2/HEA300	35.2/HEA280	26.3/HEA260	23.3/HEA240	22.3/HEA240
2	67.2/HEA320	52.2/HEA300	39.0/HEA280	34.6/HEA280	33.2/HEA280
3	63.2/HEA320	49.1/HEA300	36.7/HEA280	32.6/HEA280	31.2/HEA260
4	57.2/HEA320	44.4/HEA300	33.2/HEA280	29.4/HEA260	28.2/HEA260
5	51.1/HEA300	39.8/HEA280	29.7/HEA260	26.3/HEA260	25.3/HEA260
6	51.1/HEA300	39.8/HEA280	29.7/HEA260	26.3/HEA260	25.3/HEA260
7	43.6/HEA300	33.9/HEA280	25.4/HEA260	22.5/HEA240	21.5/HEA240
Courant	36.1/HEA280	28.1/HEA260	21.0/HEA240	18.6/HEA240	17.8/HEA240
Ph Trav	52.0/HEA280	40.4/HEA260	30.2/HEA240	26.8/HEA240	25.7/HEA240

Hauteur écran : 6.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	52.9/HEA300	43.5/HEA300	34.7/HEA280	27.3/HEA260	22.3/HEA240
2	78.6/HEA340	64.6/HEA320	51.6/HEA300	40.5/HEA280	33.2/HEA280
3	73.9/HEA340	60.8/HEA320	48.5/HEA300	38.1/HEA280	31.2/HEA260
4	66.9/HEA320	55.0/HEA300	43.9/HEA300	34.5/HEA280	28.2/HEA260
5	59.8/HEA320	49.2/HEA300	39.3/HEA280	30.9/HEA260	25.3/HEA260
6	59.8/HEA320	49.2/HEA300	39.3/HEA280	30.9/HEA260	25.3/HEA260
7	51.0/HEA300	42.0/HEA280	33.5/HEA280	26.3/HEA260	21.5/HEA240
Courant	42.2/HEA280	34.7/HEA280	27.7/HEA260	21.8/HEA240	17.8/HEA240
Ph Trav	60.8/HEA300	50.0/HEA280	39.9/HEA260	31.4/HEA240	25.7/HEA240

Vitesse de référence du vent : 28.0 m/s (Région 4)

Hauteur écran : 6.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	50.7/HEA320	39.7/HEA300	29.9/HEA280	25.7/HEA260	24.6/HEA260
2	74.7/HEA360	58.5/HEA320	44.1/HEA300	37.9/HEA300	36.3/HEA300
3	69.6/HEA340	54.5/HEA320	41.1/HEA300	35.3/HEA280	33.8/HEA280
4	65.9/HEA340	51.6/HEA320	38.9/HEA300	33.4/HEA280	32.0/HEA280
5	56.8/HEA320	44.4/HEA300	33.5/HEA280	28.8/HEA280	27.6/HEA260
6	56.4/HEA320	44.1/HEA300	33.2/HEA280	28.5/HEA280	27.4/HEA260
7	54.3/HEA320	42.5/HEA300	32.0/HEA280	27.5/HEA260	26.4/HEA260
8	41.8/HEA300	32.7/HEA280	24.7/HEA260	21.2/HEA260	20.3/HEA240
Courant	39.8/HEA300	31.1/HEA280	23.4/HEA260	20.1/HEA240	19.3/HEA240
Ph Trav	57.9/HEA300	45.3/HEA280	34.1/HEA260	29.3/HEA240	28.1/HEA240

Hauteur écran : 6.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	58.7/HEA320	48.4/HEA320	38.8/HEA300	30.5/HEA280	24.6/HEA260
2	86.6/HEA360	71.4/HEA340	57.1/HEA320	45.1/HEA300	36.3/HEA300
3	80.7/HEA360	66.5/HEA340	53.2/HEA320	42.0/HEA300	33.8/HEA280
4	76.4/HEA360	63.0/HEA340	50.4/HEA320	39.7/HEA300	32.0/HEA280
5	65.8/HEA340	54.3/HEA320	43.4/HEA300	34.2/HEA280	27.6/HEA260
6	65.3/HEA340	53.9/HEA320	43.1/HEA300	34.0/HEA280	27.4/HEA260
7	62.9/HEA340	51.9/HEA320	41.5/HEA300	32.7/HEA280	26.4/HEA260
8	48.5/HEA320	40.0/HEA300	32.0/HEA280	25.2/HEA260	20.3/HEA240
Courant	46.1/HEA300	38.0/HEA300	30.4/HEA280	24.0/HEA260	19.3/HEA240
Ph Trav	67.1/HEA320	55.3/HEA300	44.2/HEA280	34.9/HEA260	28.1/HEA240

A.2.6 - Abaques pour la Guyane : predimensionnement des poteaux

Vitesse de référence du vent : 17.0 m/s (Guyane)

Hauteur écran : 2.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m

Longueur panneaux : 4.00 m

Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	3.54/HEA120	2.47/HEA120	2.46/HEA120	2.34/HEA120	2.25/HEA120
2	5.52/HEA120	3.84/HEA120	3.83/HEA120	3.65/HEA120	3.50/HEA120
3	4.18/HEA120	2.91/HEA120	2.90/HEA120	2.76/HEA120	2.65/HEA120
Courant	3.46/HEA120	2.41/HEA120	2.40/HEA120	2.28/HEA120	2.19/HEA120
Ph Trav	4.27/HEA120	2.98/HEA120	2.96/HEA120	2.82/HEA120	2.71/HEA120

Hauteur écran : 2.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m

Longueur panneaux : 4.00 m

Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	4.95/HEA120	3.97/HEA120	3.08/HEA120	2.34/HEA120	2.25/HEA120
2	7.70/HEA120	6.18/HEA120	4.79/HEA120	3.65/HEA120	3.50/HEA120
3	5.83/HEA120	4.68/HEA120	3.63/HEA120	2.76/HEA120	2.65/HEA120
Courant	4.82/HEA120	3.87/HEA120	3.00/HEA120	2.28/HEA120	2.19/HEA120
Ph Trav	5.96/HEA120	4.78/HEA120	3.71/HEA120	2.82/HEA120	2.71/HEA120

Vitesse de référence du vent : 17.0 m/s (Guyane)

Hauteur écran : 2.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m

Longueur panneaux : 4.00 m

Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	4.83/HEA120	3.45/HEA120	3.17/HEA120	3.03/HEA120	2.90/HEA120
2	7.64/HEA120	5.46/HEA120	5.02/HEA120	4.79/HEA120	4.59/HEA120
3	6.27/HEA120	4.48/HEA120	4.12/HEA120	3.93/HEA120	3.77/HEA120
4	4.80/HEA120	3.43/HEA120	3.15/HEA120	3.01/HEA120	2.88/HEA120
Courant	4.56/HEA120	3.26/HEA120	3.00/HEA120	2.86/HEA120	2.74/HEA120
Ph Trav	5.91/HEA120	4.23/HEA120	3.89/HEA120	3.71/HEA120	3.56/HEA120

Hauteur écran : 2.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m

Longueur panneaux : 4.00 m

Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	6.46/HEA120	5.20/HEA120	4.05/HEA120	3.10/HEA120	2.90/HEA120
2	10.2/HEA120	8.23/HEA120	6.41/HEA120	4.91/HEA120	4.59/HEA120
3	8.39/HEA120	6.75/HEA120	5.26/HEA120	4.03/HEA120	3.77/HEA120
4	6.42/HEA120	5.17/HEA120	4.02/HEA120	3.08/HEA120	2.88/HEA120
Courant	6.10/HEA120	4.91/HEA120	3.83/HEA120	2.93/HEA120	2.74/HEA120
Ph Trav	7.91/HEA120	6.37/HEA120	4.96/HEA120	3.80/HEA120	3.56/HEA120

Vitesse de référence du vent : 17.0 m/s (Guyane)

Hauteur écran : 3.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m

Longueur panneaux : 4.00 m

Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	6.23/HEA120	4.54/HEA120	3.93/HEA120	3.74/HEA120	3.59/HEA120
2	9.91/HEA120	7.23/HEA120	6.25/HEA120	5.95/HEA120	5.71/HEA120
3	8.33/HEA120	6.07/HEA120	5.25/HEA120	5.00/HEA120	4.80/HEA120
4	6.90/HEA120	5.03/HEA120	4.35/HEA120	4.14/HEA120	3.97/HEA120
Courant	5.71/HEA120	4.16/HEA120	3.60/HEA120	3.43/HEA120	3.29/HEA120
Ph Trav	7.67/HEA120	5.60/HEA120	4.84/HEA120	4.61/HEA120	4.42/HEA120

Hauteur écran : 3.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m

Longueur panneaux : 4.00 m

Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	8.07/HEA120	6.52/HEA120	5.10/HEA120	3.92/HEA120	3.59/HEA120
2	12.8/HEA140	10.3/HEA120	8.12/HEA120	6.24/HEA120	5.71/HEA120
3	10.7/HEA120	8.72/HEA120	6.82/HEA120	5.24/HEA120	4.80/HEA120
4	8.94/HEA120	7.22/HEA120	5.65/HEA120	4.34/HEA120	3.97/HEA120
Courant	7.39/HEA120	5.98/HEA120	4.67/HEA120	3.59/HEA120	3.29/HEA120
Ph Trav	9.94/HEA120	8.03/HEA120	6.28/HEA120	4.83/HEA120	4.42/HEA120

Vitesse de référence du vent : 17.0 m/s (Guyane)

Hauteur écran : 3.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	7.74/HEA140	5.74/HEA120	4.71/HEA120	4.49/HEA120	4.31/HEA120
2	12.2/HEA160	9.08/HEA140	7.46/HEA140	7.11/HEA120	6.82/HEA120
3	10.4/HEA140	7.72/HEA140	6.34/HEA120	6.04/HEA120	5.80/HEA120
4	9.42/HEA140	6.98/HEA120	5.73/HEA120	5.46/HEA120	5.24/HEA120
5	7.26/HEA140	5.38/HEA120	4.42/HEA120	4.21/HEA120	4.04/HEA120
Courant	6.90/HEA120	5.11/HEA120	4.20/HEA120	4.00/HEA120	3.84/HEA120
Ph Trav	9.50/HEA120	7.03/HEA120	5.78/HEA120	5.51/HEA120	5.28/HEA120

Hauteur écran : 3.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	9.78/HEA140	7.93/HEA140	6.23/HEA120	4.81/HEA120	4.31/HEA120
2	15.4/HEA160	12.5/HEA160	9.86/HEA140	7.61/HEA140	6.82/HEA120
3	13.1/HEA160	10.6/HEA140	8.38/HEA140	6.47/HEA120	5.80/HEA120
4	11.9/HEA140	9.64/HEA140	7.57/HEA140	5.85/HEA120	5.24/HEA120
5	9.17/HEA140	7.43/HEA140	5.84/HEA120	4.51/HEA120	4.04/HEA120
Courant	8.71/HEA140	7.06/HEA120	5.55/HEA120	4.28/HEA120	3.84/HEA120
Ph Trav	12.0/HEA140	9.72/HEA140	7.64/HEA120	5.90/HEA120	5.28/HEA120

Vitesse de référence du vent : 17.0 m/s (Guyane)

Hauteur écran : 4.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	9.36/HEA160	7.02/HEA140	5.52/HEA140	5.26/HEA140	5.05/HEA140
2	14.6/HEA180	10.9/HEA160	8.63/HEA160	8.23/HEA160	7.89/HEA140
3	12.8/HEA160	9.66/HEA160	7.60/HEA140	7.24/HEA140	6.95/HEA140
4	11.5/HEA160	8.64/HEA160	6.80/HEA140	6.48/HEA140	6.22/HEA140
5	9.82/HEA160	7.37/HEA140	5.80/HEA140	5.53/HEA140	5.30/HEA140
Courant	8.13/HEA140	6.10/HEA140	4.80/HEA140	4.57/HEA120	4.39/HEA120
Ph Trav	11.3/HEA140	8.49/HEA140	6.68/HEA140	6.37/HEA120	6.11/HEA120

Hauteur écran : 4.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	11.5/HEA160	9.41/HEA160	7.42/HEA140	5.75/HEA140	5.05/HEA140
2	18.0/HEA180	14.7/HEA180	11.6/HEA160	8.99/HEA160	7.89/HEA140
3	15.9/HEA180	12.9/HEA160	10.2/HEA160	7.91/HEA140	6.95/HEA140
4	14.2/HEA180	11.5/HEA160	9.13/HEA160	7.08/HEA140	6.22/HEA140
5	12.1/HEA160	9.88/HEA160	7.79/HEA140	6.04/HEA140	5.30/HEA140
Courant	10.0/HEA160	8.18/HEA160	6.44/HEA140	5.00/HEA140	4.39/HEA120
Ph Trav	14.0/HEA160	11.4/HEA160	8.98/HEA140	6.96/HEA140	6.11/HEA120

Vitesse de référence du vent : 17.0 m/s (Guyane)

Hauteur écran : 4.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	11.0/HEA180	8.39/HEA160	6.36/HEA160	6.07/HEA160	5.82/HEA160
2	17.0/HEA200	12.9/HEA180	9.78/HEA180	9.32/HEA180	8.94/HEA160
3	15.5/HEA200	11.8/HEA180	8.94/HEA160	8.52/HEA160	8.18/HEA160
4	13.4/HEA180	10.1/HEA180	7.70/HEA160	7.34/HEA160	7.04/HEA160
5	12.8/HEA180	9.71/HEA180	7.37/HEA160	7.02/HEA160	6.74/HEA160
6	9.87/HEA180	7.49/HEA160	5.68/HEA140	5.41/HEA140	5.19/HEA140
Courant	9.38/HEA180	7.12/HEA160	5.40/HEA140	5.14/HEA140	4.94/HEA140
Ph Trav	13.1/HEA180	9.99/HEA160	7.57/HEA140	7.22/HEA140	6.93/HEA140

Hauteur écran : 4.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	13.4/HEA180	10.9/HEA180	8.68/HEA160	6.75/HEA160	5.82/HEA160
2	20.6/HEA220	16.8/HEA200	13.3/HEA180	10.3/HEA180	8.94/HEA160
3	18.9/HEA200	15.4/HEA200	12.2/HEA180	9.49/HEA180	8.18/HEA160
4	16.2/HEA200	13.2/HEA180	10.5/HEA180	8.18/HEA160	7.04/HEA160
5	15.5/HEA200	12.7/HEA180	10.0/HEA180	7.82/HEA160	6.74/HEA160
6	12.0/HEA180	9.79/HEA180	7.74/HEA160	6.03/HEA160	5.19/HEA140
Courant	11.4/HEA180	9.31/HEA180	7.36/HEA160	5.73/HEA160	4.94/HEA140
Ph Trav	16.0/HEA180	13.0/HEA180	10.3/HEA160	8.04/HEA160	6.93/HEA140

Vitesse de référence du vent : 17.0 m/s (Guyane)

Hauteur écran : 5.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	12.8/HEA200	9.84/HEA180	7.23/HEA160	6.89/HEA160	6.61/HEA160
2	19.5/HEA220	14.9/HEA200	10.9/HEA180	10.4/HEA180	10.0/HEA180
3	18.2/HEA220	13.9/HEA200	10.2/HEA180	9.77/HEA180	9.37/HEA180
4	15.5/HEA200	11.9/HEA200	8.75/HEA180	8.34/HEA180	8.00/HEA180
5	15.1/HEA200	11.5/HEA200	8.50/HEA180	8.10/HEA180	7.77/HEA180
6	12.9/HEA200	9.87/HEA180	7.25/HEA160	6.91/HEA160	6.63/HEA160
Courant	10.6/HEA180	8.17/HEA180	6.00/HEA160	5.72/HEA160	5.48/HEA160
Ph Trav	15.1/HEA180	11.5/HEA180	8.48/HEA160	8.09/HEA160	7.76/HEA160

Hauteur écran : 5.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	15.4/HEA200	12.6/HEA200	10.0/HEA180	7.81/HEA180	6.61/HEA180
2	23.3/HEA220	19.1/HEA220	15.1/HEA200	11.8/HEA200	10.0/HEA180
3	21.8/HEA220	17.8/HEA220	14.1/HEA200	11.0/HEA180	9.37/HEA180
4	18.6/HEA220	15.2/HEA200	12.1/HEA200	9.45/HEA180	8.00/HEA180
5	18.1/HEA220	14.8/HEA200	11.7/HEA200	9.18/HEA180	7.77/HEA180
6	15.4/HEA200	12.6/HEA200	10.0/HEA180	7.83/HEA180	6.63/HEA160
Courant	12.7/HEA200	10.4/HEA180	8.30/HEA180	6.48/HEA160	5.48/HEA160
Ph Trav	18.0/HEA200	14.8/HEA180	11.7/HEA180	9.17/HEA160	7.76/HEA160

Vitesse de référence du vent : 17.0 m/s (Guyane)

Hauteur écran : 5.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	14.7/HEA220	11.3/HEA200	8.43/HEA180	7.73/HEA180	7.42/HEA180
2	22.0/HEA240	17.0/HEA220	12.6/HEA200	11.6/HEA200	11.1/HEA200
3	20.8/HEA240	16.1/HEA220	11.9/HEA200	10.9/HEA200	10.5/HEA200
4	18.1/HEA220	13.9/HEA220	10.3/HEA200	9.50/HEA200	9.11/HEA180
5	16.9/HEA220	13.1/HEA200	9.72/HEA200	8.91/HEA180	8.55/HEA180
6	16.3/HEA220	12.6/HEA200	9.36/HEA200	8.58/HEA180	8.23/HEA180
7	12.6/HEA200	9.73/HEA200	7.21/HEA180	6.62/HEA180	6.35/HEA180
Courant	11.9/HEA200	9.25/HEA180	6.86/HEA180	6.29/HEA180	6.03/HEA160
Ph Trav	17.1/HEA200	13.2/HEA180	9.78/HEA180	8.97/HEA180	8.61/HEA160

Hauteur écran : 5.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	17.4/HEA220	14.3/HEA220	11.3/HEA200	8.92/HEA180	7.42/HEA180
2	26.1/HEA240	21.4/HEA240	17.0/HEA220	13.3/HEA200	11.1/HEA200
3	24.6/HEA240	20.2/HEA240	16.1/HEA220	12.6/HEA200	10.5/HEA200
4	21.4/HEA240	17.5/HEA220	13.9/HEA220	10.9/HEA200	9.11/HEA180
5	20.0/HEA240	16.4/HEA220	13.1/HEA200	10.2/HEA200	8.55/HEA180
6	19.3/HEA220	15.8/HEA220	12.6/HEA200	9.90/HEA200	8.23/HEA180
7	14.9/HEA220	12.2/HEA200	9.73/HEA200	7.63/HEA180	6.35/HEA180
Courant	14.1/HEA220	11.6/HEA200	9.25/HEA180	7.25/HEA180	6.03/HEA160
Ph Trav	20.2/HEA220	16.6/HEA200	13.2/HEA180	10.3/HEA180	8.61/HEA160

Vitesse de référence du vent : 17.0 m/s (Guyane)

Hauteur écran : 6.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	16.6/HEA220	12.9/HEA220	9.70/HEA200	8.60/HEA200	8.25/HEA200
2	24.7/HEA260	19.2/HEA240	14.4/HEA220	12.7/HEA220	12.2/HEA220
3	23.3/HEA240	18.1/HEA240	13.5/HEA220	12.0/HEA220	11.5/HEA220
4	21.0/HEA240	16.4/HEA220	12.2/HEA220	10.8/HEA200	10.4/HEA200
5	18.8/HEA240	14.6/HEA220	10.9/HEA200	9.72/HEA200	9.33/HEA200
6	18.8/HEA240	14.6/HEA220	10.9/HEA200	9.72/HEA200	9.33/HEA200
7	16.1/HEA220	12.5/HEA220	9.36/HEA200	8.29/HEA200	7.95/HEA200
Courant	13.3/HEA220	10.3/HEA200	7.74/HEA180	6.86/HEA180	6.58/HEA180
Ph Trav	19.1/HEA220	14.9/HEA200	11.1/HEA180	9.88/HEA180	9.48/HEA180

Hauteur écran : 6.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	19.5/HEA240	16.0/HEA220	12.8/HEA220	10.0/HEA200	8.25/HEA200
2	28.9/HEA260	23.8/HEA240	19.0/HEA240	14.9/HEA220	12.2/HEA220
3	27.2/HEA260	22.4/HEA240	17.9/HEA240	14.0/HEA220	11.5/HEA220
4	24.6/HEA260	20.3/HEA240	16.2/HEA220	12.7/HEA220	10.4/HEA200
5	22.0/HEA240	18.1/HEA240	14.5/HEA220	11.4/HEA200	9.33/HEA200
6	22.0/HEA240	18.1/HEA240	14.5/HEA220	11.4/HEA200	9.33/HEA200
7	18.8/HEA240	15.5/HEA220	12.3/HEA220	9.71/HEA200	7.95/HEA200
Courant	15.5/HEA220	12.8/HEA220	10.2/HEA200	8.04/HEA200	6.58/HEA180
Ph Trav	22.4/HEA220	18.4/HEA220	14.7/HEA200	11.5/HEA200	9.48/HEA180

Vitesse de référence du vent : 17.0 m/s (Guyane)

Hauteur écran : 6.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	18.7/HEA240	14.6/HEA240	11.0/HEA220	9.47/HEA200	9.09/HEA200
2	27.5/HEA260	21.5/HEA260	16.2/HEA240	13.9/HEA220	13.4/HEA220
3	25.6/HEA260	20.1/HEA240	15.1/HEA240	13.0/HEA220	12.4/HEA220
4	24.3/HEA260	19.0/HEA240	14.3/HEA220	12.3/HEA220	11.8/HEA220
5	20.9/HEA260	16.3/HEA240	12.3/HEA220	10.6/HEA220	10.1/HEA220
6	20.7/HEA260	16.2/HEA240	12.2/HEA220	10.5/HEA220	10.1/HEA220
7	20.0/HEA240	15.6/HEA240	11.8/HEA220	10.1/HEA220	9.73/HEA200
8	15.4/HEA240	12.0/HEA220	9.10/HEA200	7.82/HEA200	7.50/HEA200
Courant	14.6/HEA240	11.4/HEA220	8.65/HEA200	7.43/HEA200	7.13/HEA200
Ph Trav	21.3/HEA240	16.7/HEA220	12.6/HEA200	10.8/HEA200	10.3/HEA200

Hauteur écran : 6.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	21.6/HEA260	17.8/HEA240	14.3/HEA220	11.2/HEA220	9.09/HEA200
2	31.9/HEA280	26.3/HEA260	21.0/HEA260	16.6/HEA240	13.4/HEA220
3	29.7/HEA280	24.5/HEA260	19.6/HEA240	15.4/HEA240	12.4/HEA220
4	28.1/HEA280	23.2/HEA260	18.5/HEA240	14.6/HEA240	11.8/HEA220
5	24.2/HEA260	20.0/HEA240	16.0/HEA240	12.6/HEA220	10.1/HEA220
6	24.0/HEA260	19.8/HEA240	15.9/HEA240	12.5/HEA220	10.1/HEA220
7	23.2/HEA260	19.1/HEA240	15.3/HEA240	12.0/HEA220	9.73/HEA200
8	17.8/HEA240	14.7/HEA240	11.8/HEA220	9.30/HEA200	7.50/HEA200
Courant	17.0/HEA240	14.0/HEA220	11.2/HEA220	8.84/HEA200	7.13/HEA200
Ph Trav	24.7/HEA240	20.4/HEA220	16.3/HEA220	12.8/HEA200	10.3/HEA200

A.2.7 - Abaques pour la Martinique : predimensionnement des poteaux

Vitesse de référence du vent : 32.0 m/s (Martinique)

Hauteur écran : 2.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m

Longueur panneaux : 4.00 m

Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	12.5/HEA120	8.76/HEA120	8.72/HEA120	8.31/HEA120	7.97/HEA120
2	19.5/HEA140	13.6/HEA120	13.5/HEA120	12.9/HEA120	12.4/HEA120
3	14.8/HEA120	10.3/HEA120	10.2/HEA120	9.79/HEA120	9.39/HEA120
Courant	12.2/HEA120	8.54/HEA120	8.50/HEA120	8.10/HEA120	7.77/HEA120
Ph Trav	15.1/HEA120	10.5/HEA120	10.5/HEA120	10.0/HEA120	9.61/HEA120

Hauteur écran : 2.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m

Longueur panneaux : 4.00 m

Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	17.5/HEA140	14.0/HEA120	10.9/HEA120	8.31/HEA120	7.97/HEA120
2	27.3/HEA160	21.9/HEA140	16.9/HEA140	12.9/HEA120	12.4/HEA120
3	20.6/HEA140	16.5/HEA120	12.8/HEA120	9.79/HEA120	9.39/HEA120
Courant	17.1/HEA140	13.7/HEA120	10.6/HEA120	8.10/HEA120	7.77/HEA120
Ph Trav	21.1/HEA140	16.9/HEA140	13.1/HEA120	10.0/HEA120	9.61/HEA120

Vitesse de référence du vent : 32.0 m/s (Martinique)

Hauteur écran : 2.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m

Longueur panneaux : 4.00 m

Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	17.1/HEA140	12.2/HEA120	11.2/HEA120	10.7/HEA120	10.3/HEA120
2	27.0/HEA160	19.3/HEA140	17.8/HEA140	16.9/HEA140	16.2/HEA140
3	22.2/HEA160	15.9/HEA140	14.6/HEA140	13.9/HEA140	13.3/HEA140
4	17.0/HEA140	12.1/HEA120	11.1/HEA120	10.6/HEA120	10.2/HEA120
Courant	16.1/HEA140	11.5/HEA120	10.6/HEA120	10.1/HEA120	9.72/HEA120
Ph Trav	20.9/HEA160	15.0/HEA140	13.8/HEA140	13.1/HEA120	12.6/HEA120

Hauteur écran : 2.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m

Longueur panneaux : 4.00 m

Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	22.9/HEA160	18.4/HEA140	14.3/HEA140	11.0/HEA120	10.3/HEA120
2	36.2/HEA180	29.1/HEA180	22.7/HEA160	17.4/HEA140	16.2/HEA140
3	29.7/HEA180	23.9/HEA160	18.6/HEA140	14.2/HEA140	13.3/HEA140
4	22.7/HEA160	18.3/HEA140	14.2/HEA140	10.9/HEA120	10.2/HEA120
Courant	21.6/HEA160	17.4/HEA140	13.5/HEA140	10.3/HEA120	9.72/HEA120
Ph Trav	28.0/HEA180	22.5/HEA160	17.6/HEA140	13.4/HEA140	12.6/HEA120

Vitesse de référence du vent : 32.0 m/s (Martinique)

Hauteur écran : 3.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m

Longueur panneaux : 4.00 m

Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	22.1/HEA160	16.1/HEA140	13.9/HEA140	13.2/HEA140	12.7/HEA140
2	35.1/HEA200	25.6/HEA180	22.1/HEA160	21.1/HEA160	20.2/HEA160
3	29.5/HEA180	21.5/HEA160	18.6/HEA160	17.7/HEA160	17.0/HEA160
4	24.4/HEA180	17.8/HEA160	15.4/HEA140	14.7/HEA140	14.1/HEA140
Courant	20.2/HEA160	14.7/HEA140	12.7/HEA140	12.1/HEA140	11.6/HEA140
Ph Trav	27.2/HEA180	19.8/HEA160	17.1/HEA160	16.3/HEA160	15.6/HEA140

Hauteur écran : 3.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m

Longueur panneaux : 4.00 m

Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	28.6/HEA180	23.1/HEA180	18.1/HEA160	13.9/HEA140	12.7/HEA140
2	45.5/HEA220	36.7/HEA200	28.7/HEA180	22.1/HEA160	20.2/HEA160
3	38.2/HEA200	30.9/HEA200	24.1/HEA180	18.5/HEA160	17.0/HEA160
4	31.6/HEA200	25.6/HEA180	20.0/HEA160	15.4/HEA140	14.1/HEA140
Courant	26.2/HEA180	21.1/HEA160	16.5/HEA160	12.7/HEA140	11.6/HEA140
Ph Trav	35.2/HEA200	28.4/HEA180	22.2/HEA160	17.1/HEA160	15.6/HEA140

Vitesse de référence du vent : 32.0 m/s (Martinique)
 Hauteur écran : 3.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
 Longueur panneaux : 4.00 m
 Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	27.4/HEA200	20.3/HEA180	16.7/HEA160	15.9/HEA160	15.2/HEA160
2	43.4/HEA220	32.2/HEA200	26.4/HEA200	25.2/HEA180	24.1/HEA180
3	36.9/HEA220	27.3/HEA200	22.4/HEA180	21.4/HEA180	20.5/HEA180
4	33.3/HEA200	24.7/HEA180	20.3/HEA180	19.3/HEA160	18.5/HEA160
5	25.7/HEA180	19.0/HEA160	15.6/HEA160	14.9/HEA160	14.3/HEA160
Courant	24.4/HEA180	18.1/HEA160	14.8/HEA160	14.1/HEA160	13.6/HEA160
Ph Trav	33.6/HEA200	24.9/HEA180	20.4/HEA180	19.5/HEA160	18.7/HEA160

Hauteur écran : 3.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
 Longueur panneaux : 4.00 m
 Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	34.6/HEA200	28.1/HEA200	22.0/HEA180	17.0/HEA160	15.2/HEA160
2	54.8/HEA240	44.5/HEA220	34.9/HEA220	27.0/HEA200	24.1/HEA180
3	46.6/HEA240	37.8/HEA220	29.7/HEA200	22.9/HEA180	20.5/HEA180
4	42.1/HEA220	34.1/HEA200	26.8/HEA200	20.7/HEA180	18.5/HEA160
5	32.4/HEA200	26.3/HEA200	20.7/HEA180	15.9/HEA160	14.3/HEA160
Courant	30.8/HEA200	25.0/HEA180	19.6/HEA180	15.2/HEA160	13.6/HEA160
Ph Trav	42.5/HEA220	34.4/HEA200	27.0/HEA200	20.9/HEA180	18.7/HEA160

Vitesse de référence du vent : 32.0 m/s (Martinique)
 Hauteur écran : 4.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
 Longueur panneaux : 4.00 m
 Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	33.1/HEA220	24.8/HEA200	19.5/HEA180	18.6/HEA180	17.9/HEA180
2	51.8/HEA240	38.8/HEA220	30.6/HEA220	29.1/HEA220	27.9/HEA200
3	45.6/HEA240	34.2/HEA220	26.9/HEA200	25.6/HEA200	24.6/HEA200
4	40.8/HEA240	30.6/HEA220	24.1/HEA200	22.9/HEA200	22.0/HEA200
5	34.8/HEA220	26.1/HEA200	20.5/HEA200	19.6/HEA180	18.8/HEA180
Courant	28.8/HEA200	21.6/HEA200	17.0/HEA180	16.2/HEA180	15.5/HEA180
Ph Trav	40.1/HEA220	30.1/HEA200	23.7/HEA200	22.5/HEA180	21.6/HEA180

Hauteur écran : 4.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
 Longueur panneaux : 4.00 m
 Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	41.0/HEA240	33.3/HEA220	26.3/HEA200	20.4/HEA200	17.9/HEA180
2	64.0/HEA260	52.1/HEA240	41.0/HEA240	31.8/HEA220	27.9/HEA200
3	56.4/HEA260	45.8/HEA240	36.1/HEA220	28.0/HEA200	24.6/HEA200
4	50.4/HEA240	41.0/HEA240	32.3/HEA220	25.1/HEA200	22.0/HEA200
5	43.0/HEA240	35.0/HEA220	27.6/HEA200	21.4/HEA200	18.8/HEA180
Courant	35.6/HEA220	28.9/HEA200	22.8/HEA200	17.7/HEA180	15.5/HEA180
Ph Trav	49.6/HEA240	40.3/HEA240	31.8/HEA220	24.6/HEA200	21.6/HEA180

Vitesse de référence du vent : 32.0 m/s (Martinique)
 Hauteur écran : 4.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
 Longueur panneaux : 4.00 m
 Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	39.2/HEA240	29.7/HEA220	22.5/HEA220	21.5/HEA220	20.6/HEA220
2	60.2/HEA280	45.7/HEA260	34.6/HEA240	33.0/HEA240	31.7/HEA240
3	55.1/HEA260	41.8/HEA240	31.7/HEA240	30.2/HEA240	28.9/HEA220
4	47.4/HEA260	36.0/HEA240	27.3/HEA220	26.0/HEA220	24.9/HEA220
5	45.4/HEA260	34.4/HEA240	26.1/HEA220	24.9/HEA220	23.8/HEA220
6	35.0/HEA240	26.5/HEA220	20.1/HEA200	19.2/HEA200	18.4/HEA200
Courant	33.2/HEA240	25.2/HEA220	19.1/HEA200	18.2/HEA200	17.5/HEA200
Ph Trav	46.6/HEA240	35.4/HEA220	26.8/HEA200	25.6/HEA200	24.5/HEA200

Hauteur écran : 4.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
 Longueur panneaux : 4.00 m
 Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	47.6/HEA260	38.9/HEA240	30.7/HEA240	23.9/HEA220	20.6/HEA220
2	73.2/HEA300	59.7/HEA280	47.2/HEA260	36.8/HEA240	31.7/HEA240
3	66.9/HEA280	54.6/HEA260	43.2/HEA260	33.6/HEA240	28.9/HEA220
4	57.7/HEA260	47.0/HEA260	37.2/HEA240	28.9/HEA220	24.9/HEA220
5	55.1/HEA260	45.0/HEA260	35.6/HEA240	27.7/HEA220	23.8/HEA220
6	42.5/HEA240	34.7/HEA240	27.4/HEA220	21.3/HEA220	18.4/HEA200
Courant	40.4/HEA240	33.0/HEA240	26.1/HEA220	20.3/HEA200	17.5/HEA200
Ph Trav	56.7/HEA260	46.2/HEA240	36.6/HEA240	28.5/HEA220	24.5/HEA200

Vitesse de référence du vent : 32.0 m/s (Martinique)

Hauteur écran : 5.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	45.5/HEA260	34.9/HEA260	25.6/HEA240	24.4/HEA240	23.4/HEA220
2	69.0/HEA300	52.8/HEA280	38.8/HEA260	37.0/HEA260	35.5/HEA260
3	64.6/HEA300	49.4/HEA280	36.3/HEA260	34.6/HEA240	33.2/HEA240
4	55.1/HEA280	42.2/HEA260	31.0/HEA240	29.5/HEA240	28.3/HEA240
5	53.5/HEA280	41.0/HEA260	30.1/HEA240	28.7/HEA240	27.5/HEA240
6	45.7/HEA260	35.0/HEA260	25.7/HEA240	24.5/HEA240	23.5/HEA220
Courant	37.8/HEA260	28.9/HEA240	21.2/HEA220	20.2/HEA220	19.4/HEA220
Ph Trav	53.4/HEA280	40.9/HEA240	30.0/HEA220	28.6/HEA220	27.5/HEA220

Hauteur écran : 5.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	54.5/HEA280	44.6/HEA260	35.4/HEA260	27.6/HEA240	23.4/HEA220
2	82.7/HEA320	67.7/HEA300	53.7/HEA280	41.9/HEA260	35.5/HEA260
3	77.3/HEA300	63.3/HEA300	50.2/HEA280	39.2/HEA260	33.2/HEA240
4	66.0/HEA300	54.0/HEA280	42.8/HEA260	33.5/HEA240	28.3/HEA240
5	64.1/HEA300	52.5/HEA280	41.6/HEA260	32.5/HEA240	27.5/HEA240
6	54.7/HEA280	44.8/HEA260	35.5/HEA260	27.7/HEA240	23.5/HEA220
Courant	45.3/HEA260	37.0/HEA260	29.4/HEA240	22.9/HEA220	19.4/HEA220
Ph Trav	64.0/HEA300	52.4/HEA280	41.6/HEA240	32.4/HEA220	27.5/HEA220

Vitesse de référence du vent : 32.0 m/s (Martinique)

Hauteur écran : 5.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	52.2/HEA300	40.3/HEA280	29.9/HEA260	27.4/HEA240	26.3/HEA240
2	78.2/HEA320	60.3/HEA300	44.7/HEA280	41.0/HEA280	39.4/HEA280
3	73.8/HEA320	57.0/HEA300	42.2/HEA280	38.7/HEA280	37.2/HEA260
4	64.1/HEA300	49.5/HEA280	36.7/HEA260	33.6/HEA260	32.3/HEA260
5	60.1/HEA300	46.4/HEA280	34.4/HEA260	31.5/HEA260	30.3/HEA260
6	57.9/HEA300	44.7/HEA280	33.1/HEA260	30.4/HEA260	29.1/HEA260
7	44.6/HEA280	34.4/HEA260	25.5/HEA240	23.4/HEA240	22.5/HEA240
Courant	42.4/HEA280	32.7/HEA260	24.3/HEA240	22.3/HEA240	21.3/HEA240
Ph Trav	60.5/HEA300	46.7/HEA260	34.6/HEA240	31.8/HEA240	30.5/HEA240

Hauteur écran : 5.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	61.7/HEA300	50.6/HEA300	40.3/HEA280	31.6/HEA260	26.3/HEA240
2	92.5/HEA340	75.9/HEA320	60.4/HEA300	47.3/HEA280	39.4/HEA280
3	87.3/HEA340	71.7/HEA320	57.0/HEA300	44.7/HEA280	37.2/HEA260
4	75.8/HEA320	62.2/HEA300	49.5/HEA280	38.8/HEA280	32.3/HEA260
5	71.1/HEA320	58.3/HEA300	46.4/HEA280	36.4/HEA260	30.3/HEA260
6	68.5/HEA320	56.2/HEA300	44.7/HEA280	35.0/HEA260	29.1/HEA260
7	52.8/HEA300	43.3/HEA280	34.5/HEA260	27.0/HEA240	22.5/HEA240
Courant	50.2/HEA280	41.2/HEA280	32.8/HEA260	25.7/HEA240	21.3/HEA240
Ph Trav	71.6/HEA300	58.8/HEA300	46.7/HEA260	36.6/HEA240	30.5/HEA240

Vitesse de référence du vent : 32.0 m/s (Martinique)

Hauteur écran : 6.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	59.1/HEA320	45.9/HEA300	34.3/HEA280	30.4/HEA260	29.2/HEA260
2	87.7/HEA360	68.2/HEA320	51.0/HEA300	45.2/HEA300	43.4/HEA300
3	82.5/HEA340	64.2/HEA320	48.0/HEA300	42.5/HEA300	40.8/HEA280
4	74.7/HEA340	58.1/HEA320	43.4/HEA300	38.5/HEA280	36.9/HEA280
5	66.8/HEA320	51.9/HEA300	38.8/HEA280	34.4/HEA280	33.0/HEA280
6	66.8/HEA320	51.9/HEA300	38.8/HEA280	34.4/HEA280	33.0/HEA280
7	57.0/HEA320	44.3/HEA300	33.1/HEA280	29.4/HEA260	28.2/HEA260
Courant	47.2/HEA300	36.7/HEA280	27.4/HEA260	24.3/HEA260	23.3/HEA240
Ph Trav	67.9/HEA320	52.8/HEA280	39.5/HEA260	35.0/HEA260	33.6/HEA240

Hauteur écran : 6.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	69.1/HEA320	56.9/HEA320	45.4/HEA300	35.7/HEA280	29.2/HEA260
2	102./HEA400	84.4/HEA340	67.4/HEA320	53.0/HEA300	43.4/HEA300
3	96.6/HEA360	79.5/HEA340	63.4/HEA320	49.8/HEA300	40.8/HEA280
4	87.4/HEA360	71.9/HEA340	57.3/HEA320	45.1/HEA300	36.9/HEA280
5	78.2/HEA340	64.3/HEA320	51.3/HEA300	40.3/HEA280	33.0/HEA280
6	78.2/HEA340	64.3/HEA320	51.3/HEA300	40.3/HEA280	33.0/HEA280
7	66.7/HEA320	54.8/HEA300	43.8/HEA300	34.4/HEA280	28.2/HEA260
Courant	55.2/HEA300	45.4/HEA300	36.2/HEA280	28.5/HEA260	23.3/HEA240
Ph Trav	79.5/HEA340	65.4/HEA300	52.2/HEA280	41.0/HEA260	33.6/HEA240

Vitesse de référence du vent : 32.0 m/s (Martinique)

Hauteur écran : 6.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	66.2/HEA340	51.8/HEA320	39.1/HEA300	33.5/HEA280	32.2/HEA280
2	97.6/HEA400	76.4/HEA360	57.6/HEA320	49.5/HEA320	47.5/HEA300
3	91.0/HEA400	71.2/HEA340	53.6/HEA320	46.1/HEA300	44.2/HEA300
4	86.1/HEA360	67.4/HEA340	50.8/HEA320	43.6/HEA300	41.8/HEA300
5	74.2/HEA360	58.0/HEA320	43.7/HEA300	37.6/HEA300	36.0/HEA280
6	73.6/HEA360	57.6/HEA320	43.4/HEA300	37.3/HEA300	35.8/HEA280
7	70.9/HEA340	55.5/HEA320	41.8/HEA300	35.9/HEA280	34.5/HEA280
8	54.7/HEA320	42.8/HEA300	32.2/HEA280	27.7/HEA280	26.6/HEA260
Courant	52.0/HEA320	40.7/HEA300	30.6/HEA280	26.3/HEA260	25.2/HEA260
Ph Trav	75.6/HEA340	59.2/HEA300	44.6/HEA280	38.3/HEA260	36.7/HEA260

Hauteur écran : 6.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	76.7/HEA360	63.3/HEA340	50.6/HEA320	39.9/HEA300	32.2/HEA280
2	113./HEA450	93.3/HEA400	74.7/HEA360	58.9/HEA320	47.5/HEA300
3	105./HEA400	86.9/HEA360	69.5/HEA340	54.8/HEA320	44.2/HEA300
4	99.8/HEA400	82.3/HEA360	65.8/HEA340	51.9/HEA320	41.8/HEA300
5	85.9/HEA360	70.9/HEA340	56.7/HEA320	44.7/HEA300	36.0/HEA280
6	85.3/HEA360	70.4/HEA340	56.3/HEA320	44.4/HEA300	35.8/HEA280
7	82.2/HEA360	67.8/HEA340	54.2/HEA320	42.7/HEA300	34.5/HEA280
8	63.3/HEA340	52.2/HEA320	41.8/HEA300	32.9/HEA280	26.6/HEA260
Courant	60.2/HEA320	49.7/HEA320	39.7/HEA300	31.3/HEA280	25.2/HEA260
Ph Trav	87.6/HEA360	72.3/HEA340	57.8/HEA300	45.6/HEA280	36.7/HEA260

A.2.8 - Abaques pour la Réunion⁽¹⁵⁾ : predimensionnement des poteaux

Vitesse de référence du vent : 34.0 m/s (Réunion)

Hauteur écran : 2.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m

Longueur panneaux : 4.00 m

Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	14.1/HEA120	9.89/HEA120	9.84/HEA120	9.38/HEA120	9.00/HEA120
2	22.0/HEA140	15.3/HEA120	15.3/HEA120	14.6/HEA120	14.0/HEA120
3	16.7/HEA140	11.6/HEA120	11.6/HEA120	11.0/HEA120	10.6/HEA120
Courant	13.8/HEA120	9.64/HEA120	9.60/HEA120	9.15/HEA120	8.78/HEA120
Ph Trav	17.1/HEA140	11.9/HEA120	11.8/HEA120	11.3/HEA120	10.8/HEA120

Hauteur écran : 2.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m

Longueur panneaux : 4.00 m

Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	19.8/HEA140	15.8/HEA120	12.3/HEA120	9.38/HEA120	9.00/HEA120
2	30.8/HEA160	24.7/HEA160	19.1/HEA140	14.6/HEA120	14.0/HEA120
3	23.3/HEA140	18.7/HEA140	14.5/HEA120	11.0/HEA120	10.6/HEA120
Courant	19.3/HEA140	15.5/HEA120	12.0/HEA120	9.15/HEA120	8.78/HEA120
Ph Trav	23.8/HEA140	19.1/HEA140	14.8/HEA120	11.3/HEA120	10.8/HEA120

Vitesse de référence du vent : 34.0 m/s (Réunion)

Hauteur écran : 2.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m

Longueur panneaux : 4.00 m

Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	19.3/HEA140	13.8/HEA140	12.7/HEA120	12.1/HEA120	11.6/HEA120
2	30.5/HEA180	21.8/HEA160	20.1/HEA160	19.1/HEA140	18.3/HEA140
3	25.1/HEA160	17.9/HEA140	16.5/HEA140	15.7/HEA140	15.1/HEA140
4	19.2/HEA140	13.7/HEA140	12.6/HEA120	12.0/HEA120	11.5/HEA120
Courant	18.2/HEA140	13.0/HEA120	12.0/HEA120	11.4/HEA120	10.9/HEA120
Ph Trav	23.6/HEA160	16.9/HEA140	15.5/HEA140	14.8/HEA120	14.2/HEA140

Hauteur écran : 2.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m

Longueur panneaux : 4.00 m

Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	25.8/HEA160	20.8/HEA160	16.2/HEA140	12.4/HEA120	11.6/HEA120
2	40.8/HEA200	32.9/HEA180	25.6/HEA160	19.6/HEA160	18.3/HEA140
3	33.5/HEA180	27.0/HEA160	21.0/HEA160	16.1/HEA140	15.1/HEA140
4	25.6/HEA160	20.6/HEA160	16.1/HEA140	12.3/HEA120	11.5/HEA120
Courant	24.4/HEA160	19.6/HEA160	15.3/HEA140	11.7/HEA120	10.9/HEA120
Ph Trav	31.6/HEA180	25.5/HEA160	19.8/HEA160	15.2/HEA140	14.2/HEA140

Vitesse de référence du vent : 34.0 m/s (Réunion)

Hauteur écran : 3.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m

Longueur panneaux : 4.00 m

Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	24.9/HEA180	18.2/HEA160	15.7/HEA140	14.9/HEA140	14.3/HEA140
2	39.6/HEA200	28.9/HEA180	25.0/HEA180	23.8/HEA180	22.8/HEA160
3	33.3/HEA200	24.3/HEA180	21.0/HEA160	20.0/HEA160	19.2/HEA160
4	27.6/HEA180	20.1/HEA160	17.4/HEA160	16.6/HEA160	15.9/HEA140
Courant	22.8/HEA160	16.6/HEA160	14.4/HEA140	13.7/HEA140	13.1/HEA140
Ph Trav	30.7/HEA200	22.4/HEA160	19.3/HEA160	18.4/HEA160	17.7/HEA160

Hauteur écran : 3.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m

Longueur panneaux : 4.00 m

Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	32.3/HEA200	26.1/HEA180	20.4/HEA160	15.7/HEA140	14.3/HEA140
2	51.3/HEA220	41.5/HEA220	32.4/HEA200	24.9/HEA180	22.8/HEA160
3	43.1/HEA220	34.8/HEA200	27.3/HEA180	20.9/HEA160	19.2/HEA160
4	35.7/HEA200	28.9/HEA180	22.6/HEA160	17.3/HEA160	15.9/HEA140
Courant	29.6/HEA180	23.9/HEA180	18.7/HEA160	14.4/HEA140	13.1/HEA140
Ph Trav	39.7/HEA200	32.1/HEA200	25.1/HEA180	19.3/HEA160	17.7/HEA160

(15) Applicables également en Nouvelle-Calédonie par décision du Maître de l'Ouvrage.

Vitesse de référence du vent : 34.0 m/s (Réunion)

Hauteur écran : 3.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	30.9/HEA200	22.9/HEA180	18.8/HEA160	17.9/HEA160	17.2/HEA160
2	49.0/HEA240	36.3/HEA220	29.8/HEA200	28.4/HEA200	27.3/HEA200
3	41.7/HEA220	30.9/HEA200	25.3/HEA180	24.2/HEA180	23.2/HEA180
4	37.6/HEA220	27.9/HEA200	22.9/HEA180	21.8/HEA180	20.9/HEA180
5	29.0/HEA200	21.5/HEA180	17.6/HEA160	16.8/HEA160	16.1/HEA160
Courant	27.6/HEA200	20.4/HEA180	16.8/HEA160	16.0/HEA160	15.3/HEA160
Ph Trav	38.0/HEA220	28.1/HEA200	23.1/HEA180	22.0/HEA180	21.1/HEA180

Hauteur écran : 3.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	39.1/HEA220	31.7/HEA200	24.9/HEA180	19.2/HEA160	17.2/HEA160
2	61.9/HEA260	50.2/HEA240	39.4/HEA220	30.4/HEA200	27.3/HEA200
3	52.6/HEA240	42.7/HEA220	33.5/HEA200	25.9/HEA180	23.2/HEA180
4	47.5/HEA240	38.5/HEA220	30.3/HEA200	23.4/HEA180	20.9/HEA180
5	36.6/HEA220	29.7/HEA200	23.3/HEA180	18.0/HEA160	16.1/HEA160
Courant	34.8/HEA220	28.2/HEA200	22.2/HEA180	17.1/HEA160	15.3/HEA160
Ph Trav	47.9/HEA240	38.9/HEA220	30.5/HEA200	23.6/HEA180	21.1/HEA180

Vitesse de référence du vent : 34.0 m/s (Réunion)

Hauteur écran : 4.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	37.4/HEA220	28.1/HEA200	22.1/HEA200	21.0/HEA200	20.2/HEA200
2	58.5/HEA260	43.9/HEA240	34.5/HEA220	32.9/HEA220	31.5/HEA220
3	51.5/HEA240	38.6/HEA220	30.4/HEA220	28.9/HEA200	27.8/HEA200
4	46.0/HEA240	34.5/HEA220	27.2/HEA200	25.9/HEA200	24.8/HEA200
5	39.3/HEA220	29.4/HEA220	23.2/HEA200	22.1/HEA200	21.2/HEA200
Courant	32.5/HEA220	24.4/HEA200	19.2/HEA180	18.3/HEA180	17.5/HEA180
Ph Trav	45.3/HEA240	34.0/HEA220	26.7/HEA200	25.5/HEA200	24.4/HEA200

Hauteur écran : 4.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	46.3/HEA240	37.6/HEA220	29.6/HEA220	23.0/HEA200	20.2/HEA200
2	72.3/HEA280	58.8/HEA260	46.3/HEA240	35.9/HEA220	31.5/HEA220
3	63.6/HEA260	51.8/HEA240	40.8/HEA240	31.6/HEA220	27.8/HEA200
4	56.9/HEA260	46.3/HEA240	36.5/HEA220	28.3/HEA200	24.8/HEA200
5	48.5/HEA240	39.5/HEA220	31.1/HEA220	24.1/HEA200	21.2/HEA200
Courant	40.2/HEA220	32.7/HEA220	25.7/HEA200	20.0/HEA200	17.5/HEA180
Ph Trav	56.0/HEA260	45.5/HEA240	35.9/HEA220	27.8/HEA200	24.4/HEA200

Vitesse de référence du vent : 34.0 m/s (Réunion)

Hauteur écran : 4.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	44.2/HEA260	33.5/HEA240	25.4/HEA220	24.2/HEA220	23.3/HEA220
2	68.0/HEA280	51.6/HEA260	39.1/HEA240	37.3/HEA240	35.8/HEA240
3	62.2/HEA280	47.1/HEA260	35.7/HEA240	34.1/HEA240	32.7/HEA240
4	53.6/HEA260	40.6/HEA240	30.8/HEA240	29.4/HEA220	28.2/HEA220
5	51.2/HEA260	38.8/HEA240	29.4/HEA220	28.1/HEA220	26.9/HEA220
6	39.5/HEA240	29.9/HEA240	22.7/HEA220	21.6/HEA220	20.7/HEA220
Courant	37.5/HEA240	28.4/HEA220	21.6/HEA220	20.6/HEA220	19.7/HEA200
Ph Trav	52.6/HEA260	39.9/HEA240	30.3/HEA220	28.9/HEA220	27.7/HEA220

Hauteur écran : 4.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	53.8/HEA260	43.9/HEA260	34.7/HEA240	27.0/HEA220	23.3/HEA220
2	82.6/HEA300	67.4/HEA280	53.3/HEA260	41.5/HEA240	35.8/HEA240
3	75.5/HEA300	61.6/HEA280	48.7/HEA260	37.9/HEA240	32.7/HEA240
4	65.1/HEA280	53.1/HEA260	42.0/HEA240	32.7/HEA240	28.2/HEA220
5	62.2/HEA280	50.8/HEA260	40.2/HEA240	31.2/HEA240	26.9/HEA220
6	48.0/HEA260	39.1/HEA240	30.9/HEA240	24.1/HEA220	20.7/HEA220
Courant	45.6/HEA260	37.2/HEA240	29.4/HEA220	22.9/HEA220	19.7/HEA200
Ph Trav	64.0/HEA280	52.2/HEA260	41.3/HEA240	32.1/HEA220	27.7/HEA220

Vitesse de référence du vent : 34.0 m/s (Réunion)

Hauteur écran : 5.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	51.4/HEA280	39.4/HEA260	28.9/HEA240	27.5/HEA240	26.4/HEA240
2	77.9/HEA300	59.7/HEA280	43.8/HEA260	41.7/HEA260	40.0/HEA260
3	72.9/HEA300	55.8/HEA280	41.0/HEA260	39.1/HEA260	37.5/HEA260
4	62.2/HEA300	47.6/HEA280	35.0/HEA260	33.3/HEA240	32.0/HEA240
5	60.4/HEA280	46.3/HEA260	34.0/HEA240	32.4/HEA240	31.1/HEA240
6	51.5/HEA280	39.5/HEA260	29.0/HEA240	27.6/HEA240	26.5/HEA240
Courant	42.7/HEA260	32.7/HEA240	24.0/HEA220	22.8/HEA220	21.9/HEA220
Ph Trav	60.3/HEA280	46.2/HEA260	33.9/HEA240	32.3/HEA240	31.0/HEA220

Hauteur écran : 5.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	61.6/HEA300	50.4/HEA280	40.0/HEA260	31.2/HEA240	26.4/HEA240
2	93.3/HEA340	76.4/HEA300	60.6/HEA280	47.3/HEA280	40.0/HEA260
3	87.3/HEA320	71.5/HEA300	56.7/HEA280	44.3/HEA260	37.5/HEA260
4	74.5/HEA300	61.0/HEA280	48.4/HEA280	37.8/HEA260	32.0/HEA240
5	72.4/HEA300	59.2/HEA280	47.0/HEA280	36.7/HEA260	31.1/HEA240
6	61.7/HEA300	50.5/HEA280	40.1/HEA260	31.3/HEA240	26.5/HEA240
Courant	51.1/HEA280	41.8/HEA260	33.2/HEA240	25.9/HEA240	21.9/HEA220
Ph Trav	72.3/HEA300	59.1/HEA280	46.9/HEA260	36.6/HEA240	31.0/HEA220

Vitesse de référence du vent : 34.0 m/s (Réunion)

Hauteur écran : 5.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	58.9/HEA300	45.5/HEA280	33.7/HEA260	30.9/HEA260	29.7/HEA260
2	88.3/HEA340	68.1/HEA320	50.5/HEA280	46.3/HEA280	44.4/HEA280
3	83.4/HEA320	64.3/HEA300	47.7/HEA280	43.7/HEA280	42.0/HEA280
4	72.4/HEA320	55.9/HEA300	41.4/HEA280	38.0/HEA260	36.4/HEA260
5	67.9/HEA320	52.4/HEA300	38.8/HEA280	35.6/HEA260	34.2/HEA260
6	65.4/HEA300	50.5/HEA280	37.4/HEA260	34.3/HEA260	32.9/HEA260
7	50.4/HEA280	38.9/HEA280	28.8/HEA260	26.4/HEA240	25.4/HEA240
Courant	47.9/HEA280	37.0/HEA260	27.4/HEA240	25.1/HEA240	24.1/HEA240
Ph Trav	68.3/HEA300	52.8/HEA280	39.1/HEA260	35.9/HEA240	34.4/HEA240

Hauteur écran : 5.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	69.7/HEA320	57.2/HEA300	45.5/HEA280	35.6/HEA260	29.7/HEA260
2	104./HEA360	85.7/HEA340	68.2/HEA320	53.4/HEA300	44.4/HEA280
3	98.6/HEA360	80.9/HEA320	64.4/HEA300	50.4/HEA280	42.0/HEA280
4	85.6/HEA340	70.2/HEA320	55.9/HEA300	43.8/HEA280	36.4/HEA260
5	80.3/HEA320	65.9/HEA300	52.4/HEA300	41.1/HEA280	34.2/HEA260
6	77.3/HEA320	63.5/HEA300	50.5/HEA280	39.6/HEA280	32.9/HEA260
7	59.6/HEA300	48.9/HEA280	38.9/HEA280	30.5/HEA260	25.4/HEA240
Courant	56.7/HEA300	46.5/HEA280	37.0/HEA260	29.0/HEA260	24.1/HEA240
Ph Trav	80.8/HEA320	66.3/HEA300	52.8/HEA280	41.4/HEA260	34.4/HEA240

Vitesse de référence du vent : 34.0 m/s (Réunion)

Hauteur écran : 6.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	66.7/HEA320	51.9/HEA300	38.8/HEA280	34.4/HEA280	33.0/HEA280
2	99.0/HEA400	77.0/HEA340	57.6/HEA320	51.0/HEA300	48.9/HEA300
3	93.2/HEA360	72.5/HEA340	54.2/HEA300	48.0/HEA300	46.1/HEA300
4	84.3/HEA340	65.5/HEA320	49.0/HEA300	43.4/HEA300	41.7/HEA280
5	75.4/HEA340	58.6/HEA320	43.9/HEA300	38.9/HEA280	37.3/HEA280
6	75.4/HEA340	58.6/HEA320	43.9/HEA300	38.9/HEA280	37.3/HEA280
7	64.3/HEA320	50.0/HEA300	37.4/HEA280	33.1/HEA280	31.8/HEA260
Courant	53.2/HEA300	41.4/HEA280	30.9/HEA260	27.4/HEA260	26.3/HEA260
Ph Trav	76.7/HEA320	59.6/HEA300	44.6/HEA280	39.5/HEA260	37.9/HEA260

Hauteur écran : 6.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	78.0/HEA340	64.2/HEA320	51.2/HEA300	40.3/HEA280	33.0/HEA280
2	116./HEA400	95.3/HEA360	76.1/HEA340	59.8/HEA320	48.9/HEA300
3	109./HEA400	89.7/HEA360	71.6/HEA340	56.3/HEA300	46.1/HEA300
4	98.6/HEA360	81.2/HEA340	64.7/HEA320	50.9/HEA300	41.7/HEA280
5	88.3/HEA360	72.6/HEA340	57.9/HEA320	45.5/HEA300	37.3/HEA280
6	88.3/HEA360	72.6/HEA340	57.9/HEA320	45.5/HEA300	37.3/HEA280
7	75.3/HEA340	61.9/HEA320	49.4/HEA300	38.8/HEA280	31.8/HEA260
Courant	62.3/HEA320	51.2/HEA300	40.9/HEA280	32.1/HEA260	26.3/HEA260
Ph Trav	89.7/HEA360	73.8/HEA320	58.9/HEA300	46.3/HEA280	37.9/HEA260

Vitesse de référence du vent : 34.0 m/s (Réunion)

Hauteur écran : 6.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	74.8/HEA360	58.5/HEA320	44.1/HEA300	37.9/HEA300	36.3/HEA300
2	110./HEA400	86.3/HEA360	65.0/HEA340	55.8/HEA320	53.6/HEA320
3	102./HEA400	80.3/HEA360	60.6/HEA320	52.0/HEA320	49.9/HEA320
4	97.2/HEA400	76.0/HEA360	57.3/HEA320	49.2/HEA320	47.2/HEA300
5	83.7/HEA360	65.5/HEA340	49.4/HEA320	42.4/HEA300	40.7/HEA300
6	83.1/HEA360	65.0/HEA340	49.0/HEA320	42.1/HEA300	40.4/HEA300
7	80.1/HEA360	62.6/HEA340	47.2/HEA300	40.6/HEA300	38.9/HEA300
8	61.7/HEA340	48.3/HEA300	36.4/HEA300	31.3/HEA280	30.0/HEA280
Courant	58.7/HEA320	45.9/HEA300	34.6/HEA280	29.7/HEA280	28.5/HEA280
Ph Trav	85.4/HEA360	66.8/HEA320	50.3/HEA300	43.2/HEA280	41.5/HEA280

Hauteur écran : 6.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	86.6/HEA360	71.5/HEA340	57.2/HEA320	45.1/HEA300	36.3/HEA300
2	127./HEA450	105./HEA400	84.3/HEA360	66.5/HEA340	53.6/HEA320
3	119./HEA450	98.1/HEA400	78.5/HEA360	61.9/HEA340	49.9/HEA320
4	112./HEA450	92.9/HEA400	74.3/HEA360	58.6/HEA320	47.2/HEA300
5	97.0/HEA400	80.0/HEA360	64.0/HEA340	50.5/HEA320	40.7/HEA300
6	96.3/HEA400	79.4/HEA360	63.5/HEA340	50.1/HEA320	40.4/HEA300
7	92.8/HEA400	76.5/HEA360	61.2/HEA340	48.3/HEA300	38.9/HEA300
8	71.5/HEA340	59.0/HEA320	47.2/HEA300	37.2/HEA300	30.0/HEA280
Courant	68.0/HEA340	56.1/HEA320	44.8/HEA300	35.4/HEA280	28.5/HEA280
Ph Trav	98.9/HEA400	81.6/HEA360	65.3/HEA320	51.5/HEA300	41.5/HEA280

A.2.9 - Abaques pour la Guadeloupe : predimensionnement des poteaux

Vitesse de référence du vent : 36.0 m/s (Guadeloupe)

Hauteur écran : 2.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m

Longueur panneaux : 4.00 m

Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	15.9/HEA120	11.0/HEA120	11.0/HEA120	10.5/HEA120	10.1/HEA120
2	24.7/HEA160	17.2/HEA140	17.1/HEA140	16.3/HEA120	15.7/HEA120
3	18.7/HEA140	13.0/HEA120	13.0/HEA120	12.4/HEA120	11.9/HEA120
Courant	15.5/HEA120	10.8/HEA120	10.7/HEA120	10.2/HEA120	9.84/HEA120
Ph Trav	19.1/HEA140	13.3/HEA120	13.3/HEA120	12.6/HEA120	12.1/HEA120

Hauteur écran : 2.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m

Longueur panneaux : 4.00 m

Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	22.2/HEA140	17.8/HEA140	13.8/HEA120	10.5/HEA120	10.1/HEA120
2	34.5/HEA180	27.7/HEA160	21.5/HEA140	16.3/HEA120	15.7/HEA120
3	26.1/HEA160	20.9/HEA140	16.2/HEA120	12.4/HEA120	11.9/HEA120
Courant	21.6/HEA140	17.3/HEA140	13.4/HEA120	10.2/HEA120	9.84/HEA120
Ph Trav	26.7/HEA160	21.4/HEA140	16.6/HEA120	12.6/HEA120	12.1/HEA120

Vitesse de référence du vent : 36.0 m/s (Guadeloupe)

Hauteur écran : 2.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m

Longueur panneaux : 4.00 m

Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	21.6/HEA160	15.5/HEA140	14.2/HEA140	13.5/HEA140	13.0/HEA120
2	34.2/HEA180	24.5/HEA160	22.5/HEA160	21.4/HEA160	20.6/HEA160
3	28.1/HEA180	20.1/HEA160	18.5/HEA140	17.6/HEA140	16.9/HEA140
4	21.5/HEA160	15.4/HEA140	14.1/HEA140	13.5/HEA140	12.9/HEA120
Courant	20.4/HEA160	14.6/HEA140	13.4/HEA140	12.8/HEA120	12.3/HEA120
Ph Trav	26.5/HEA160	18.9/HEA140	17.4/HEA140	16.6/HEA120	15.9/HEA120

Hauteur écran : 2.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m

Longueur panneaux : 4.00 m

Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	28.9/HEA180	23.3/HEA160	18.1/HEA140	13.9/HEA140	13.0/HEA120
2	45.8/HEA200	36.9/HEA200	28.7/HEA180	22.0/HEA160	20.6/HEA160
3	37.6/HEA200	30.3/HEA180	23.6/HEA160	18.0/HEA140	16.9/HEA140
4	28.7/HEA180	23.1/HEA160	18.0/HEA140	13.8/HEA140	12.9/HEA120
Courant	27.3/HEA160	22.0/HEA160	17.1/HEA140	13.1/HEA120	12.3/HEA120
Ph Trav	35.5/HEA180	28.5/HEA180	22.2/HEA160	17.0/HEA140	15.9/HEA140

Vitesse de référence du vent : 36.0 m/s (Guadeloupe)

Hauteur écran : 3.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m

Longueur panneaux : 4.00 m

Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	27.9/HEA180	20.4/HEA160	17.6/HEA160	16.8/HEA160	16.1/HEA140
2	44.4/HEA220	32.4/HEA200	28.0/HEA180	26.7/HEA180	25.6/HEA180
3	37.3/HEA200	27.2/HEA180	23.5/HEA180	22.4/HEA160	21.5/HEA160
4	30.9/HEA200	22.5/HEA160	19.5/HEA160	18.6/HEA160	17.8/HEA160
Courant	25.6/HEA180	18.6/HEA160	16.1/HEA140	15.4/HEA140	14.7/HEA140
Ph Trav	34.4/HEA200	25.1/HEA180	21.7/HEA160	20.7/HEA160	19.8/HEA160

Hauteur écran : 3.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m

Longueur panneaux : 4.00 m

Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	36.2/HEA200	29.2/HEA180	22.9/HEA160	17.6/HEA160	16.1/HEA140
2	57.5/HEA240	46.5/HEA220	36.4/HEA200	28.0/HEA180	25.6/HEA180
3	48.3/HEA220	39.1/HEA200	30.6/HEA180	23.5/HEA180	21.5/HEA160
4	40.0/HEA200	32.4/HEA200	25.3/HEA180	19.5/HEA160	17.8/HEA160
Courant	33.1/HEA200	26.8/HEA180	20.9/HEA160	16.1/HEA140	14.7/HEA140
Ph Trav	44.6/HEA220	36.0/HEA200	28.2/HEA180	21.6/HEA160	19.8/HEA160

Vitesse de référence du vent : 36.0 m/s (Guadeloupe)

Hauteur écran : 3.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	34.7/HEA200	25.7/HEA180	21.1/HEA180	20.1/HEA180	19.3/HEA160
2	55.0/HEA240	40.7/HEA220	33.4/HEA200	31.9/HEA200	30.6/HEA200
3	46.7/HEA240	34.6/HEA200	28.4/HEA200	27.1/HEA200	26.0/HEA180
4	42.2/HEA220	31.3/HEA200	25.7/HEA180	24.5/HEA180	23.5/HEA180
5	32.5/HEA200	24.1/HEA180	19.8/HEA180	18.9/HEA160	18.1/HEA160
Courant	30.9/HEA200	22.9/HEA180	18.8/HEA160	17.9/HEA160	17.2/HEA160
Ph Trav	42.6/HEA220	31.5/HEA200	25.9/HEA180	24.7/HEA180	23.7/HEA180

Hauteur écran : 3.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	43.8/HEA220	35.5/HEA220	27.9/HEA200	21.5/HEA180	19.3/HEA160
2	69.4/HEA260	56.3/HEA240	44.2/HEA220	34.1/HEA200	30.6/HEA200
3	59.0/HEA240	47.8/HEA240	37.6/HEA220	29.0/HEA200	26.0/HEA180
4	53.3/HEA240	43.2/HEA220	33.9/HEA200	26.2/HEA180	23.5/HEA180
5	41.1/HEA220	33.3/HEA200	26.2/HEA180	20.2/HEA180	18.1/HEA160
Courant	39.0/HEA220	31.7/HEA200	24.9/HEA180	19.2/HEA160	17.2/HEA160
Ph Trav	53.7/HEA240	43.6/HEA220	34.2/HEA200	26.4/HEA200	23.7/HEA180

Vitesse de référence du vent : 36.0 m/s (Guadeloupe)

Hauteur écran : 4.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	41.9/HEA240	31.5/HEA220	24.7/HEA200	23.6/HEA200	22.6/HEA200
2	65.5/HEA280	49.2/HEA240	38.7/HEA220	36.9/HEA220	35.4/HEA220
3	57.7/HEA260	43.3/HEA240	34.0/HEA220	32.5/HEA220	31.1/HEA220
4	51.6/HEA240	38.7/HEA220	30.5/HEA220	29.0/HEA220	27.9/HEA200
5	44.0/HEA240	33.0/HEA220	26.0/HEA200	24.8/HEA200	23.8/HEA200
Courant	36.4/HEA220	27.3/HEA200	21.5/HEA200	20.5/HEA200	19.6/HEA180
Ph Trav	50.7/HEA240	38.1/HEA220	29.9/HEA200	28.5/HEA200	27.4/HEA200

Hauteur écran : 4.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	51.9/HEA240	42.2/HEA240	33.2/HEA220	25.8/HEA200	22.6/HEA200
2	81.1/HEA300	65.9/HEA280	52.0/HEA240	40.3/HEA220	35.4/HEA220
3	71.3/HEA280	58.0/HEA260	45.7/HEA240	35.5/HEA220	31.1/HEA220
4	63.8/HEA260	51.9/HEA240	40.9/HEA240	31.7/HEA220	27.9/HEA200
5	54.4/HEA260	44.3/HEA240	34.9/HEA220	27.1/HEA200	23.8/HEA200
Courant	45.0/HEA240	36.6/HEA220	28.9/HEA200	22.4/HEA200	19.6/HEA180
Ph Trav	62.8/HEA260	51.1/HEA240	40.2/HEA220	31.2/HEA220	27.4/HEA200

Vitesse de référence du vent : 36.0 m/s (Guadeloupe)

Hauteur écran : 4.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	49.6/HEA260	37.6/HEA240	28.5/HEA220	27.2/HEA220	26.1/HEA220
2	76.2/HEA300	57.8/HEA280	43.8/HEA260	41.8/HEA240	40.1/HEA240
3	69.7/HEA280	52.9/HEA260	40.1/HEA240	38.2/HEA240	36.6/HEA240
4	60.0/HEA280	45.5/HEA260	34.5/HEA240	32.9/HEA240	31.6/HEA240
5	57.4/HEA260	43.5/HEA260	33.0/HEA240	31.5/HEA240	30.2/HEA240
6	44.3/HEA260	33.6/HEA240	25.4/HEA220	24.3/HEA220	23.3/HEA220
Courant	42.1/HEA240	31.9/HEA240	24.2/HEA220	23.0/HEA220	22.1/HEA220
Ph Trav	59.0/HEA280	44.8/HEA240	33.9/HEA220	32.4/HEA220	31.0/HEA220

Hauteur écran : 4.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	60.3/HEA280	49.2/HEA260	38.9/HEA240	30.3/HEA240	26.1/HEA220
2	92.7/HEA320	75.6/HEA300	59.8/HEA280	46.5/HEA260	40.1/HEA240
3	84.7/HEA300	69.1/HEA280	54.7/HEA260	42.5/HEA240	36.6/HEA240
4	73.0/HEA300	59.5/HEA280	47.1/HEA260	36.6/HEA240	31.6/HEA240
5	69.8/HEA280	56.9/HEA260	45.0/HEA260	35.0/HEA240	30.2/HEA240
6	53.8/HEA260	43.9/HEA260	34.7/HEA240	27.0/HEA220	23.3/HEA220
Courant	51.1/HEA260	41.7/HEA240	33.0/HEA240	25.7/HEA220	22.1/HEA220
Ph Trav	71.7/HEA300	58.5/HEA280	46.3/HEA240	36.0/HEA240	31.0/HEA220

Vitesse de référence du vent : 36.0 m/s (Guadeloupe)

Hauteur écran : 5.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	57.6/HEA280	44.1/HEA260	32.4/HEA240	30.9/HEA240	29.6/HEA240
2	87.4/HEA320	66.9/HEA300	49.1/HEA280	46.8/HEA280	44.9/HEA260
3	81.7/HEA320	62.6/HEA300	45.9/HEA260	43.8/HEA260	42.0/HEA260
4	69.8/HEA300	53.4/HEA280	39.2/HEA260	37.4/HEA260	35.9/HEA260
5	67.8/HEA300	51.9/HEA280	38.1/HEA260	36.3/HEA260	34.8/HEA260
6	57.8/HEA280	44.2/HEA260	32.5/HEA240	31.0/HEA240	29.7/HEA240
Courant	47.8/HEA280	36.6/HEA260	26.9/HEA240	25.6/HEA240	24.6/HEA240
Ph Trav	67.7/HEA300	51.8/HEA260	38.0/HEA240	36.2/HEA240	34.8/HEA240

Hauteur écran : 5.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	69.0/HEA300	56.5/HEA280	44.8/HEA260	35.0/HEA260	29.6/HEA240
2	104./HEA340	85.6/HEA320	67.9/HEA300	53.1/HEA280	44.9/HEA260
3	97.9/HEA340	80.1/HEA320	63.5/HEA300	49.6/HEA280	42.0/HEA260
4	83.6/HEA320	68.4/HEA300	54.2/HEA280	42.4/HEA260	35.9/HEA260
5	81.2/HEA320	66.4/HEA300	52.7/HEA280	41.2/HEA260	34.8/HEA260
6	69.2/HEA300	56.7/HEA280	44.9/HEA260	35.1/HEA260	29.7/HEA240
Courant	57.3/HEA280	46.9/HEA260	37.2/HEA260	29.0/HEA240	24.6/HEA240
Ph Trav	81.0/HEA320	66.3/HEA300	52.6/HEA280	41.1/HEA240	34.8/HEA240

Vitesse de référence du vent : 36.0 m/s (Guadeloupe)

Hauteur écran : 5.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	66.0/HEA300	51.0/HEA300	37.8/HEA260	34.7/HEA260	33.3/HEA260
2	99.0/HEA360	76.4/HEA320	56.6/HEA300	51.9/HEA300	49.8/HEA280
3	93.5/HEA340	72.1/HEA320	53.5/HEA300	49.1/HEA280	47.1/HEA280
4	81.1/HEA320	62.6/HEA300	46.4/HEA280	42.6/HEA280	40.8/HEA280
5	76.1/HEA320	58.7/HEA300	43.5/HEA280	39.9/HEA280	38.3/HEA260
6	73.3/HEA320	56.6/HEA300	41.9/HEA280	38.5/HEA260	36.9/HEA260
7	56.5/HEA300	43.6/HEA280	32.3/HEA260	29.6/HEA260	28.4/HEA240
Courant	53.7/HEA300	41.4/HEA280	30.7/HEA260	28.2/HEA240	27.0/HEA240
Ph Trav	76.6/HEA320	59.1/HEA300	43.9/HEA260	40.2/HEA260	38.6/HEA260

Hauteur écran : 5.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	78.1/HEA320	64.1/HEA300	51.0/HEA300	40.0/HEA280	33.3/HEA260
2	117./HEA400	96.1/HEA360	76.4/HEA320	59.9/HEA300	49.8/HEA280
3	110./HEA400	90.7/HEA340	72.2/HEA320	56.6/HEA300	47.1/HEA280
4	96.0/HEA360	78.7/HEA320	62.7/HEA300	49.1/HEA280	40.8/HEA280
5	90.0/HEA340	73.9/HEA320	58.8/HEA300	46.0/HEA280	38.3/HEA260
6	86.7/HEA340	71.1/HEA320	56.6/HEA300	44.4/HEA280	36.9/HEA260
7	66.8/HEA300	54.8/HEA300	43.6/HEA280	34.2/HEA260	28.4/HEA240
Courant	63.5/HEA300	52.1/HEA300	41.5/HEA280	32.5/HEA260	27.0/HEA240
Ph Trav	90.6/HEA340	74.4/HEA320	59.2/HEA300	46.4/HEA260	38.6/HEA260

Vitesse de référence du vent : 36.0 m/s (Guadeloupe)

Hauteur écran : 6.00 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	74.8/HEA340	58.1/HEA320	43.5/HEA300	38.5/HEA280	37.0/HEA280
2	111./HEA400	86.3/HEA360	64.6/HEA320	57.2/HEA320	54.9/HEA300
3	104./HEA400	81.2/HEA340	60.8/HEA320	53.8/HEA300	51.6/HEA300
4	94.5/HEA360	73.5/HEA340	55.0/HEA300	48.7/HEA300	46.7/HEA300
5	84.6/HEA340	65.8/HEA320	49.2/HEA300	43.6/HEA300	41.8/HEA280
6	84.6/HEA340	65.8/HEA320	49.2/HEA300	43.6/HEA300	41.8/HEA280
7	72.1/HEA340	56.1/HEA300	41.9/HEA280	37.2/HEA280	35.6/HEA280
Courant	59.7/HEA320	46.4/HEA300	34.7/HEA280	30.7/HEA260	29.5/HEA260
Ph Trav	86.0/HEA340	66.8/HEA320	50.0/HEA280	44.3/HEA280	42.5/HEA260

Hauteur écran : 6.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	87.5/HEA360	72.0/HEA340	57.4/HEA320	45.1/HEA300	37.0/HEA280
2	130./HEA450	107./HEA400	85.3/HEA340	67.0/HEA320	54.9/HEA300
3	122./HEA450	100./HEA400	80.2/HEA340	63.1/HEA320	51.6/HEA300
4	110./HEA400	91.0/HEA360	72.6/HEA340	57.1/HEA320	46.7/HEA300
5	98.9/HEA400	81.4/HEA340	64.9/HEA320	51.1/HEA300	41.8/HEA280
6	98.9/HEA400	81.4/HEA340	64.9/HEA320	51.1/HEA300	41.8/HEA280
7	84.4/HEA340	69.4/HEA320	55.4/HEA300	43.5/HEA300	35.6/HEA280
Courant	69.8/HEA320	57.4/HEA320	45.8/HEA300	36.0/HEA280	29.5/HEA260
Ph Trav	100./HEA400	82.8/HEA340	66.0/HEA320	51.9/HEA280	42.5/HEA260

Vitesse de référence du vent : 36.0 m/s (Guadeloupe)

Hauteur écran : 6.50 m Cote bas écran/TN : 0.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	83.8/HEA360	65.6/HEA340	49.4/HEA320	42.5/HEA300	40.7/HEA300
2	123./HEA450	96.7/HEA400	72.9/HEA340	62.6/HEA340	60.1/HEA320
3	115./HEA450	90.1/HEA400	67.9/HEA340	58.3/HEA320	55.9/HEA320
4	109./HEA400	85.3/HEA360	64.3/HEA340	55.2/HEA320	52.9/HEA320
5	93.9/HEA400	73.5/HEA360	55.4/HEA320	47.6/HEA300	45.6/HEA300
6	93.2/HEA400	72.9/HEA340	55.0/HEA320	47.2/HEA300	45.3/HEA300
7	89.8/HEA400	70.2/HEA340	52.9/HEA320	45.5/HEA300	43.6/HEA300
8	69.2/HEA340	54.1/HEA320	40.8/HEA300	35.0/HEA280	33.6/HEA280
Courant	65.8/HEA340	51.5/HEA320	38.8/HEA300	33.3/HEA280	32.0/HEA280
Ph Trav	95.7/HEA400	74.9/HEA340	56.4/HEA300	48.5/HEA280	46.5/HEA280

Hauteur écran : 6.50 m Cote bas écran/TN : 7.00 m
Longueur panneaux : 4.00 m
Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat 0	Cat II	Cat IIIa	Cat IIIb	Cat IV
1	97.1/HEA400	80.1/HEA360	64.1/HEA340	50.5/HEA320	40.7/HEA300
2	143./HEA500	118./HEA450	94.5/HEA400	74.5/HEA360	60.1/HEA320
3	133./HEA450	110./HEA400	88.0/HEA400	69.4/HEA340	55.9/HEA320
4	126./HEA450	104./HEA400	83.3/HEA360	65.7/HEA340	52.9/HEA320
5	108./HEA400	89.7/HEA400	71.8/HEA340	56.6/HEA320	45.6/HEA300
6	108./HEA400	89.1/HEA400	71.2/HEA340	56.2/HEA320	45.3/HEA300
7	104./HEA400	85.8/HEA360	68.6/HEA340	54.1/HEA320	43.6/HEA300
8	80.2/HEA360	66.1/HEA340	52.9/HEA320	41.7/HEA300	33.6/HEA280
Courant	76.2/HEA360	62.9/HEA340	50.3/HEA320	39.6/HEA300	32.0/HEA280
Ph Trav	111./HEA400	91.5/HEA400	73.2/HEA340	57.7/HEA300	46.5/HEA280

A.3 - Exemple de justifications d'un écran acoustique

L'objet des fiches qui suivent est de présenter le dimensionnement d'un écran acoustique sur la base d'un exemple. L'écran considéré est constitué de panneaux en béton armé avec revêtement phonique sur une face. Le panneau est maintenu latéralement dans des profilés métalliques de type HEA. Ces profilés sont ancrés dans la fondation par des tiges d'ancrages boulonnées. L'écran a une hauteur de 4 m et les poteaux sont espacés de 4 m. La fondation est une semelle superficielle filante surmontée d'une nervure implantée à proximité de la crête d'un talus, elle a une géométrie symétrique. Le talus sur lequel est implanté l'écran est en remblai par rapport au terrain naturel environnant. L'écran est situé dans la région de vent 2 et la catégorie de terrain est la catégorie II. L'action du souffle des véhicules n'est pas prise en compte. La fondation de l'écran n'a pas de fonction soutènement et la poussée d'éventuelles charges sur remblai n'est pas considérée.

Les différentes fiches sont les suivantes :

FICHE A - Description de l'écran

FICHE B - Matériaux

FICHE C - Actions

C1 - Actions autres que le vent

C2 - Action du vent

FICHE D - Justification des poteaux

FICHE E - Justification de la liaison poteau / fondation

FICHE F - Justification en stabilité externe de la fondation

FICHE G - Justification en stabilité interne de la fondation

Les justifications sont menées pour les situations de projet :

- durable : situation du mur en service ;
- transitoire en phase chantier : situation de construction où tout panneau peut être un panneau d'extrémité sous un vent minoré (période de retour de 5 ans au lieu de 50 ans en situation durable et accidentelle), le vent est pondéré en combinaison ELU par $1,5 \cdot c_{\text{prob}}^2$ avec $c_{\text{prob}} = 0,88$, soit $1,5 \cdot 0,88^2 = 1,16$;
- accidentelle : situation où l'on suppose que n'importe quel panneau peut avoir eu une défaillance et a disparu, les panneaux adjacents deviennent donc des panneaux d'extrémité et sont susceptibles d'être sollicités par un vent majoré en raison de la modification du facteur de forme c_{index} . La vérification est faite en combinaison ELU accidentelle, l'action du vent est donc multipliée par 1.

Indépendamment des vérifications en situations durables, on constate que la situation accidentelle n'est prépondérante sur la phase transitoire de chantier que si des dispositions particulières (par exemple étalement des panneaux) sont prises lors de cette phase provisoire. Si de telles dispositions ne sont pas envisagées, la situation transitoire en phase chantier devient prépondérante par rapport à la situation accidentelle.

Nota : Les abaques du présent guide concernant la détermination des efforts dans les poteaux reprennent les principes présentés dans les fiches, ils ont été établis en faisant varier les paramètres suivants :

- hauteur d'écran ;
- région de vent ;
- catégorie de terrain ;
- hauteur de talus.

A.3.1 - Fiche A - Description de l'écran

L'écran est constitué de panneaux phoniques en béton maintenus latéralement dans des profilés métalliques de type HEA. Ces profilés sont ancrés dans la fondation par des tiges d'ancrages boulonnées. La fondation est une semelle superficielle filante. Pour l'exemple, nous considérerons que la semelle est implantée à proximité de la crête d'un talus.

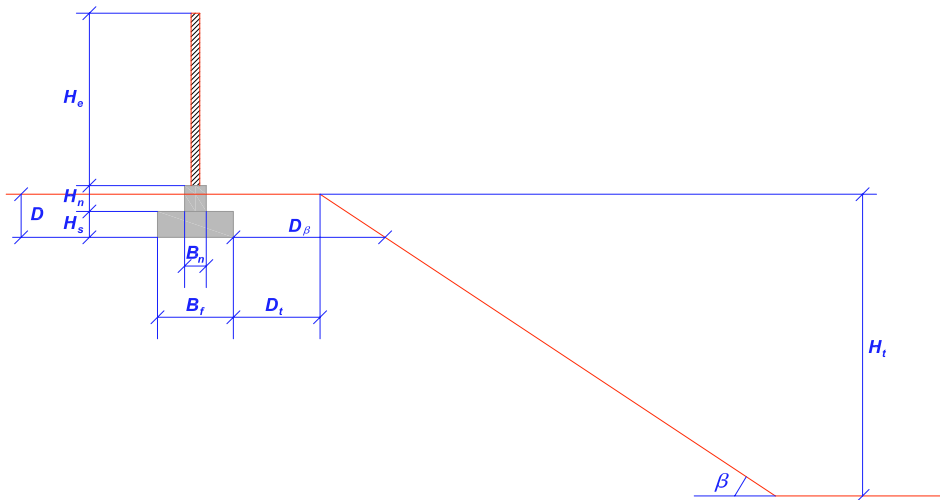


Figure A.10 : Géométrie générale de l'écran

Les données caractérisant la géométrie de l'écran de l'exemple sont les suivantes :

Fondation

largeur de semelle : $B_f = 1,75$ m
largeur de nervure : $B_n = 0,5$ m
épaisseur de semelle : $H_s = 0,6$ m
hauteur de nervure : $H_n = 0,6$ m
profondeur de fondation : $D = 1$ m

Ecran

hauteur d'écran : $H_e = 4$ m
espacement des poteaux : $esp = 4$ m

Cas de la présence d'un talus :

Lorsque l'écran est implanté en bord de talus, il convient de décrire le talus et de donner la distance du bord de talus au bord de semelle. Pour l'exemple, nous retiendrons les caractéristiques de talus suivantes :

hauteur de talus : $H_t = 7$ m
angle de talus : $\beta = \arctan(2/3)$
distance du bord de talus au nu de la fondation : $D_t = 2$ m

On en déduit la distance D_β : $D_\beta = D_t + \frac{D}{\tan(\beta)} = 3,5$ m

A.3.2 - Fiche B - Matériaux

Les principaux matériaux à décrire pour réaliser la justification de l'écran sont :

- le béton de la semelle de fondation : on retient un béton de résistance classique pour une fondation à savoir C30/37 ;
- les armatures de béton armé de la semelle, il s'agit classiquement d'armatures à haute adhérence B500B. On retient un enrobage de 5 cm ;
- les profilés constituant les poteaux sont en acier standard de nuance S235J2, il n'est pas nécessaire de rechercher des aciers de nuance plus élevée ;
- la platine assurant l'ancrage des poteaux dans la semelle de fondation, ces platines ont la même nuance d'acier que les poteaux ;
- les tiges assurant le scellement de la fondation : pour ces tiges, on se limite dans le calcul à une valeur de résistance à rupture de 500 MPa de façon à disposer de tiges résistant mieux aux phénomènes de fatigue ;
- le sol de fondation : on retient une pression limite assez faible de 0,5 MPa, qui est en général la pression minimale que l'on rencontre pour un remblai routier existant.

Les panneaux phoniques ne font pas l'objet d'une vérification développée dans les présentes fiches. Ils interviennent essentiellement par leur poids qui sera précisé dans la fiche C « Actions ».

L'hypothèse est faite que l'ancrage ou le scellement des tiges dans la fondation assure leur pleine résistance.

Les principales caractéristiques retenues pour l'exemple sont les suivantes :

Béton

Classe de résistance : $f_{ck} = 30$ MPa $f_{ctm} = 2,9$ MPa

Enrobage : $c_{nom} = 50$ mm

Aciers passifs

Limite élastique : $f_{yks} = 500$ MPa

Fissuration : $w_{max} = 0,2$ mm et contrainte maximale ELS QP : $\sigma_{maxqp} = 200$ MPa

Acier de construction des profilés

Limite élastique : $f_{yka} = 235$ MPa et $\gamma_{M0} = 1,0$

Module d'élasticité : $E_a = 210000$ MPa

Tiges d'ancrages

On fait le calcul en limitant la résistance à rupture f_{ub} à 500 MPa et la limite élastique f_{yb} à 400 MPa.

On fixe :

$$\alpha_v = 0,6 \quad \text{et} \quad \gamma_{M2} = 1,25$$

Platines

Limite élastique : $f_{ykp} = 235$ MPa

Résistance à la rupture : $f_{ukp} = 450$ MPa

L'épaisseur t de la platine est un paramètre à déterminer.

Sol

Pression limite nette équivalente : $p_{ie} = 0,5$ MPa

Encastrement équivalent : $D_e^{(16)} = 0,5 D$ (hypothèse faite pour le cas présent)

Catégorie de sol : Sables et graves

Type de fondation : Filante

Termes permettant la détermination du facteur de portance du sol⁽¹⁷⁾ : $a = 0,3$; $b = 0,05$; $c = 2$; $k_{p0} = 1$

Masse volumique : $\gamma_s = 20$ kN/m³

Angle de frottement : $\phi = 30^\circ$

(16) L'encastrement équivalent est déterminé selon l'annexe C de la norme NF P94-261.

(17) Les termes a , b , c et k_{p0} sont déterminés à partir de la catégorie de sol et du type de fondation selon le tableau D.2.3 de l'annexe D de la norme NF P94-261.

A.3.3 - Fiche C - Détermination des actions

Les actions appliquées à l'écran comprennent les actions pondérales et l'action du vent. La fondation de l'écran n'a pas de rôle de soutènement, il n'y a pas d'actions de poussée des terres déstabilisant l'ouvrage.

C1 - Actions pondérales

Les actions pondérales sont :

- le poids de l'écran (c'est-à-dire essentiellement le poids des panneaux phoniques, le poids des profilés est négligé pour l'exemple) ;
- le poids de la fondation ;
- le poids des terres sur la semelle.

Pour l'exemple, nous obtenons les poids linéiques suivants :

Poids de la fondation

$$\begin{aligned} \text{Section :} & V_f = (B_f \cdot H_s + H_n \cdot B_n) = 1,35 \text{ m}^2 \\ \text{Poids volumique du béton armé :} & \gamma_b = 25 \text{ kN/m}^3 \\ \text{Poids linéique :} & q_f = V_f \cdot \gamma_b = 33,75 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Poids de l'écran

$$\begin{aligned} \text{Epaisseur de l'âme en béton :} & e_{\text{âme}} = 0,1 \text{ m} \\ \text{Epaisseur du revêtement phonique :} & e_{\text{phon}} = 0,08 \text{ m} \\ \text{Poids volumique du revêtement phonique :} & \gamma_{\text{bb}} = 9,5 \text{ kN/m}^3 \text{ (une seule valeur est considérée par simplification)} \\ \text{Poids linéique :} & q_e = H_e \cdot (e_{\text{âme}} \cdot \gamma_b + e_{\text{phon}} \cdot \gamma_{\text{bb}}) = 13,04 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Poids des terres

$$\begin{aligned} \text{Section de sol sur la fondation :} & V_s = (D - H_s) \cdot (B_f - B_n) = 0,5 \text{ m}^2 \\ \text{Poids linéique :} & q_s = V_s \cdot \gamma_s = 10 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Le poids de l'écran y compris sa fondation est donc de 56,8 kN/m.

C2 - Action du vent

Pour le dimensionnement des poteaux, l'action du vent s'applique sur la hauteur H_e de l'écran. Pour le dimensionnement de la semelle de fondation l'action du vent s'applique sur la hauteur H_v comprenant la hauteur de l'écran et la hauteur non enterrée de la nervure de la fondation.

La hauteur de référence z_e de l'écran, c'est-à-dire l'altitude de calcul de l'action du vent, doit intégrer la hauteur du talus supposé être en remblai par rapport au terrain naturel environnant.

Pour l'exemple, on détermine ainsi :

$$\begin{aligned} \text{Hauteur au vent :} & H_v = H_e + H_s + H_n - D = 4,2 \text{ m} \\ \text{Hauteur de référence de l'écran :} & z_e = H_t + H_v = 11,2 \text{ m} \end{aligned}$$

La caractérisation de l'action du vent nécessite ensuite successivement :

- la détermination de la vitesse moyenne du vent au niveau de l'écran ;
- la détermination de la pression dynamique de pointe ;
- la détermination des efforts pour différentes zones d'exposition de l'écran.

a) Vitesse moyenne au niveau de la structure :

$$\begin{aligned} \text{Région de vent :} & 2 \\ \text{Catégorie de terrain :} & \text{II} \\ \text{Valeur de base de la Vitesse de référence du vent :} & v_{b0} = 24 \text{ m/s} \\ \text{Masse volumique de l'air :} & \rho = 1,225 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Coefficients liés à la période de retour, à la durée d'application et à l'orientation :} & \\ & c_{\text{prob}} = 1 \qquad c_{\text{season}} = 1 \qquad c_{\text{dir}} = 1 \end{aligned}$$

Vitesse du vent de référence : $v_b = c_{\text{prob}} \cdot c_{\text{season}} \cdot c_{\text{dir}} \cdot v_{b0} = 24 \text{ m/s}$

Pression dynamique de référence q_b : $q_b = 1/2 \rho v_b^2 = 352,8 \text{ kN/m}^2$

Les paramètres $z_{0,II}$, z_0 et z_{min} caractérisant la rugosité selon la catégorie de terrain sont donnés par le tableau 4.1 (NA) de l'EC1-1-4 NA, pour la catégorie de terrain II, on a :

Longueur de rugosité de référence : $z_{0,II} = 0,05 \text{ m}$

Longueur de rugosité : $z_0 = 0,05 \text{ m}$

Hauteur z_{min} : $z_{\text{min}} = 2 \text{ m}$

Facteur de terrain : $k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} = 0,19$

Coefficient de rugosité : $c_r = k_r \cdot \ln \left[\frac{\max(z_e, z_{\text{min}})}{z_0} \right] = 1,028$

Coefficient d'orographie : $c_o = 1,0$

Vitesse moyenne : $v_m = v_b \cdot c_r \cdot c_o = 24,677 \text{ m/s}$

La vitesse moyenne du vent au niveau de l'écran est donc de 24,677 m/s.

b) Détermination de la pression dynamique de pointe :

Coefficient de turbulence : $k_t = 1 - 2 \cdot 10^{-4} \cdot [\log(z_0) + 3]^6 = 0,995$

Intensité de turbulence : $I_v = \frac{k_t}{c_o \cdot \ln \left[\frac{\max(z_e, z_{\text{min}})}{z_0} \right]} = 0,184$

Pression dynamique de pointe : $q_p = (1 + 7 \cdot I_v) \cdot \frac{1}{2} \rho \cdot v_m^2 = 853 \text{ N/m}^2$

On obtient une pression dynamique de pointe de 853 N/m².

c) Détermination des efforts sur la structure :

L'intensité des efforts est variable selon les zones de l'écran, les zones d'extrémité étant plus sollicitées que les zones centrales. Dans notre cas, l'écran est supposé rigide et le coefficient structural c_{sd} est pris égal à 1.

L'écran est découpé en 4 zones A, B, C et D dont les coefficients de forme ont respectivement pour valeur : 3,4 en zone A, 2,1 en zone B, 1,7 en zone C et 1,2 en zone D.

L'application à l'exemple permet de déterminer les pressions sur chaque zone :

Coefficient structural de l'écran : $c_s c_d = 1$

Coefficients de forme (ou coefficient de pression résultante c_f) :

$c_{\text{indexA}} = 3,4$ $q_{pA} = c_{\text{indexA}} \cdot q_p = 290 \text{ daN/m}^2$ (288 daN/m² selon abaque A.1.3)

$c_{\text{indexB}} = 2,1$ $q_{pB} = c_{\text{indexB}} \cdot q_p = 179 \text{ daN/m}^2$ (178 daN/m² selon abaque A.1.3)

$c_{\text{indexC}} = 1,7$ $q_{pC} = c_{\text{indexC}} \cdot q_p = 145 \text{ daN/m}^2$ (144 daN/m² selon abaque A.1.3)

$c_{\text{indexD}} = 1,2$ $q_{pD} = c_{\text{indexD}} \cdot q_p = 102 \text{ daN/m}^2$ (101 daN/m² selon abaque A.1.3)

Les pressions appliquées à l'écran varient de 102 à 290 daN/m² suivant les zones.

La lecture des abaques donne sensiblement les mêmes résultats (la différence provient de l'altitude de calcul de l'action du vent : 11,00 m pour les abaques, 11,20 m pour l'exemple).

Pour déterminer les efforts sur les parties structurelles de l'écran, il convient de situer en relatif la position des zones d'exposition A,B,C et D et la position des poteaux.

La limite des zones d'exposition dépend de la hauteur exposée au vent de l'écran, on obtient ainsi :

$$0,3H_v = 1,26 \text{ m} ; \quad 2H_v = 8,4 \text{ m} ; \quad 4H_v = 16,8 \text{ m}$$

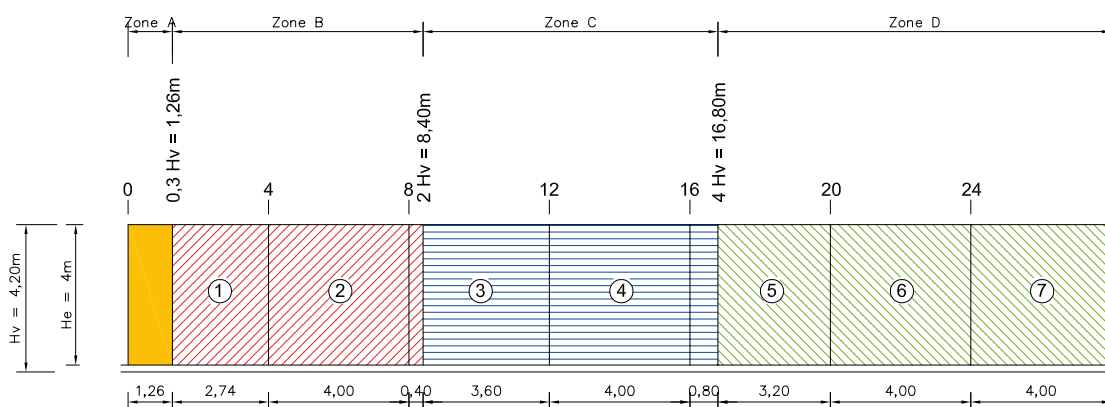


Figure A.11 : Zones de l'écran et position des poteaux

Le schéma statique retenu pour déterminer les efforts dans les poteaux sous l'action du vent revient à considérer chaque panneau simplement appuyé sur les poteaux le bordant.

La figure ci-dessous synthétise ce principe. Elle représente un panneau positionné entre deux poteaux espacés d'une distance h . Ce panneau est soumis à deux valeurs de pression uniforme de vent notées respectivement q_1 et q_2 . La pression q_1 s'applique sur une longueur $\alpha \cdot h$ depuis l'appui a et la pression q_2 sur une longueur $(1-\alpha) \cdot h$ depuis l'appui b. Les résultantes des efforts du vent sur le panneau dans les poteaux sont respectivement notées R_a pour le poteau a de gauche et R_b pour le poteau b de droite.

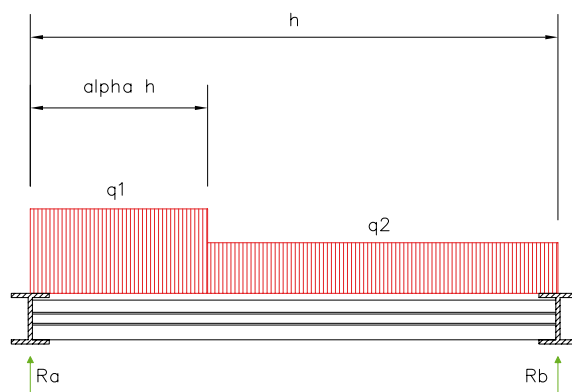


Figure A.12 : Schéma statique retenu pour la détermination des efforts dans les poteaux

On détermine les valeurs de R_a et R_b selon les formules suivantes :

$$R_a = \left[\alpha \cdot q_1 \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{2} \right) + (1-\alpha) \cdot q_2 \cdot \left(\frac{1-\alpha}{2} \right) \right] \cdot h \quad \text{et} \quad R_b = \left[\frac{\alpha^2}{2} \cdot q_1 + \frac{(1-\alpha^2)}{2} \cdot q_2 \right] \cdot h$$

Pour un poteau qui reprend les efforts apportés par les deux panneaux adjacents, la résultante totale est donnée par la formule suivante :

$$R_{\text{total,poteau}} = R_{\text{a,panneaudroite}} + R_{\text{b,panneaugauche}}$$

Sur la base des formules précédentes, on détermine les efforts dans chaque poteau en considérant une hauteur d'application du vent égale à H_e .

On obtient :

$$\text{Poteau 1 : } P_{v1} = 19,042\text{kN}$$

$$\text{Poteau 2 : } P_{v2} = 29,546\text{kN}$$

$$\text{Poteau 3 : } P_{v3} = 26,454\text{kN}$$

$$\text{Poteau 4 : } P_{v4} = 23,232\text{kN}$$

$$\text{Poteau 5 : } P_{v5} = 21,021\text{kN}$$

$$\text{Poteau 6 : } P_{v6} = 16,517\text{kN}$$

$$\text{Poteau 7 : } P_{v7} = 16,38\text{kN}$$

Le poteau le plus sollicité est le deuxième poteau depuis l'extrémité, il est environ deux fois plus sollicité qu'un poteau courant.

On détermine ensuite les efforts s'appliquant à un panneau de hauteur H_v . Ces efforts sont moyennés sur la largeur d'un panneau (espacement des poteaux), ils serviront à justifier la fondation dans un calcul réalisé sur un mètre linéaire.

Efforts moyens par panneau ramenés à 1 m de longueur pour le calcul des fondations (hauteur H_v) :

$$\text{Panneau 1 : } F_{v1} = \frac{(q_{pA} \cdot 1,26\text{m} + q_{pB} \cdot 2,74\text{m})H_v}{\text{esp}} = 8,992 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{Panneau 2 : } F_{v2} = \frac{(q_{pB} \cdot 4,00\text{m})H_v}{\text{esp}} = 7,525 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{Panneau 3 : } F_{v3} = \frac{(q_{pB} \cdot 0,4\text{m} + q_{pC} \cdot 3,60\text{m})H_v}{\text{esp}} = 6,235 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{Panneau 4 : } F_{v4} = \frac{(q_{pC} \cdot 4,00\text{m})H_v}{\text{esp}} = 6,091 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{Panneau 5 : } F_{v5} = \frac{(q_{pC} \cdot 0,8\text{m} + q_{pD} \cdot 3,20\text{m})H_v}{\text{esp}} = 4,658 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{Panneau 6 : } F_{v6} = \frac{(q_{pD} \cdot 4,00\text{m})H_v}{\text{esp}} = 4,3 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Les efforts varient du simple au double entre le panneau d'extrémité et le panneau courant. A partir du sixième panneau, tous les panneaux centraux reçoivent le même effort.

A.3.4 - Fiche D - Justifications des poteaux

Les poteaux de l'écran fonctionnent en console, ils sont soumis à une charge uniformément répartie sur leur hauteur provenant de l'action du vent sur les panneaux qui leur sont adjacents.

Les vérifications à réaliser sur les poteaux sont les suivantes :

- **situation durable**
 - vérification de la résistance à l'ELU en combinaison fondamentale,
 - vérification de la flèche à l'ELS ;
- **situation transitoire de construction**
 - tout poteau peut être provisoirement associé à un panneau d'extrémité ($c_{prob} = 0,88$ pour une durée de situation comprise entre 3 jours et 3 mois) : vérification de la résistance à l'ELU en combinaison fondamentale ;
- **situation accidentelle**
 - tout poteau peut être associé à un panneau d'extrémité en cas de rupture accidentelle d'un quelconque panneau de l'écran : vérification de la résistance à l'ELU en combinaison accidentelle.

Nota : La vérification vis-à-vis du cisaillement d'effort tranchant n'est pas prépondérante pour le choix des profilés par rapport à la vérification en contrainte normale.

Vérification en situation durable :

Le critère de vérification élastique vis-à-vis des contraintes normales permet de déterminer le module minimal du profilé :

$$W_{min} = \frac{M_{ELU}}{\frac{f_{yka}}{\gamma_{M0}}}$$

Pour l'exemple, nous déterminons ainsi :

poteau	Effort ELS	Effort ELU	Moment ELU fond	W_{min}	HEA
	kN	kN	kN.m	cm ³	
1	19,0	28,6	57,1	243,1	180
2	29,5	44,3	88,6	377,2	200
3	26,5	39,7	79,4	337,7	200
4	23,2	34,8	69,7	296,6	200
5	21,0	31,5	63,1	268,4	180
6	16,5	24,8	49,6	210,9	160
7	16,4	24,6	49,1	209,1	160

Tableau A3 : Choix de profilés selon le critère de résistance

Pour un écran de 4 m de haut, la flèche doit être limitée à $f_{lim} = 30$ mm. Le critère de vérification vis-à-vis de la flèche permet de déterminer l'inertie minimale du profilé :

$$I_{min} = \frac{F_{ELS} \cdot H_e^3}{8 \cdot E_a \cdot f_{lim}}$$

Pour l'exemple, nous déterminons ainsi :

poteau	Effort ELS	I_{min}	HEA
	kN	cm ⁴	
1	19,0	2418	180
2	29,5	3752	220
3	26,5	3359	200
4	23,2	2950	200
5	21,0	2669	200
6	16,5	2097	180
7	16,4	2080	180

Tableau A4 : Choix de profilés selon le critère de flèche

Vérification en situation transitoire de chantier :

Nota : Pour éviter que cette situation soit le cas échéant dimensionnante, il est possible d'étayer provisoirement les profilés.

L'intensité du vent en phase chantier peut être réduite d'un facteur 0,88 au carré. Seul le critère de résistance est à vérifier pour cette phase transitoire.

On détermine pour l'exemple : $F_{ELstransitoire} = 0,88^2 \times 29,5 = 22,9$ kN

Poteau	Effort ELS	Effort ELU	Moment ELU-fond	W_{min}	HEA
	kN	kN	kN.m	cm ³	
Tous	22,9	34,3	68,6	292,1	180

Tableau A5 : Choix de profilés selon le critère de résistance en phase travaux

Vérification en situation accidentelle :

Chaque poteau doit être capable de reprendre un effort accidentel égal à l'effort du poteau 2.

Pour l'exemple, chaque poteau doit être apte à prendre 29,5 kN.

Poteau	Effort ELS	Effort ELU	Moment ELU acc	W_{min}	HEA
	kN	kN	kN.m	cm ³	
Tous	29,5	29,5	59,1	251,5	180

Tableau A6 : Choix de profilés selon le critère de résistance en situation accidentelle

Conclusion pour les poteaux de l'exemple :

La phase transitoire de chantier et la situation accidentelle ne dimensionnent pas.

Le second poteau doit être au moins un HEA220.

Les poteaux 3, 4 et 5 doivent au moins être des HEA200 et les autres poteaux des HEA180.

Le tableau ci-dessous résume ces résultats :

n° du poteau depuis l'extrémité	Choix des HEA
1	HEA 180
2	HEA 220
3	HEA 200
4	HEA 200
5	HEA 200
6	HEA 180
7 et courants	HEA 180

Tableau A7 : Choix final de profilés

Nota : On applique les abaques de l'annexe A.2 avec les données d'entrée suivantes :

- hauteur d'écran de 4 m ;
- région de vent 2 ;
- catégorie de terrain II ;
- hauteur de talus de 7 m.

Abaques de la région de vent 2 :

Hauteur écran : 4.00 m Cote bas écran/TN : 7.00 m

Longueur panneaux : 4.00 m

Résultante en kN / Profilé HEA (acier S235)

poteau	Cat II
1	18.7/HEA180
2	29.3/HEA220
3	25.8/HEA200
4	23.1/HEA200
5	19.7/HEA180
Courant	16.3/HEA180
Ph Trav	22.7/HEA180

On retrouve les mêmes types de profilés. Les petites différences sur la valeur des efforts proviennent de la différence de hauteur considérée pour la détermination de la position des zones d'exposition A, B, C et D et pour l'altitude de calcul de l'action du vent. L'exemple prend en compte la hauteur totale exposée au vent depuis le terrain naturel (soit 4,20 m) alors que l'abaque donne des valeurs pour une hauteur de 4 m.

A.3.5 - Fiche E - Justification de la liaison poteau/fondation

Les poteaux de l'écran sont ancrés dans la fondation par l'intermédiaire d'une platine munie de 4 tiges d'ancrage.

Les vérifications présentées ci-après concernent :

- la vérification de la résistance des tiges d'ancrages ;
- la vérification de la résistance de la platine ;
- la vérification de la transmission de l'effort tranchant en pied de poteau.

Il convient par ailleurs de s'assurer que le système d'ancrage ou de scellement des tiges permet l'utilisation de leur pleine résistance et que l'éventuel mortier de calage n'est pas excessivement comprimé, ce dernier critère est généralement largement vérifié.

Les soudures assurant la liaison du poteau sur la platine doivent représenter une section au moins égale à la section des éléments assemblés (la nuance de l'acier des cordons de soudure étant au moins égale à celle de l'acier des profilés). Dans le cas de l'exemple, des cordons de soudures de 5 mm permettent de répondre à ce critère, sauf pour le poteau 2 (HEA220) pour lequel des cordons de 6 mm sont à prévoir.

Les situations de projet sont les mêmes que celles retenues pour les poteaux.

La liaison est soumise à un effort tranchant T_{Ed} et à un moment fléchissant M_{Ed} . On néglige tout effort normal qui pourrait provenir du poids de l'écran.

L'effort tranchant se répartit de façon égale sur les 4 tiges d'ancrage. Le moment est supposé repris par un couple de forces ($F_{t,Ed}$ pour l'effort de traction et $F_{c,Ed}$ pour l'effort de compression) dont le bras de levier Z est la distance entre l'axe des tiges d'ancrage en traction et l'axe de la semelle comprimée du profilé.

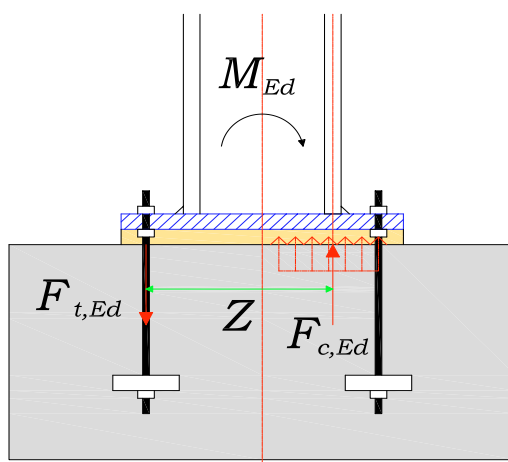


Figure A.13 : Principe de reprise du moment de flexion à la base du poteau

On fixe les dispositions constructives suivantes :

- les pinces (voir figure A.15) sont égales à :
 - 1,5 fois le diamètre nominal du trou d_0 dans la direction du vent,
 - 3,5 fois le diamètre nominal du trou d_0 perpendiculairement à la direction du vent ;
- l'entraxe perpendiculaire à la direction du vent est égal à la largeur de la semelle du profilé ;
- l'entraxe dans la direction du vent est égal à la hauteur h du profilé augmenté de 2 fois $2,5 \cdot d_0$.

La géométrie de la platine est donnée par la figure A.14.

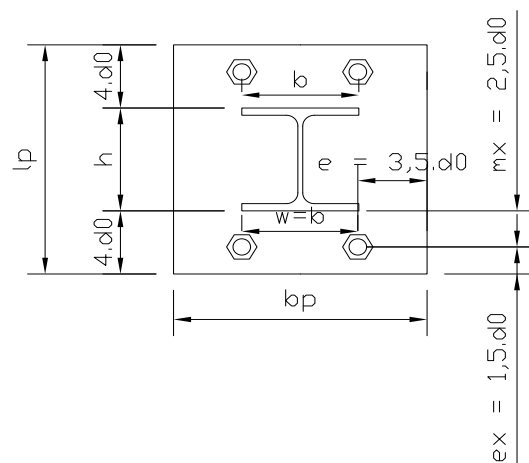


Figure A.14 : Schéma de principe de la platine d'ancrage

Les caractéristiques dimensionnelles en plan de la platine sont :

- bp : largeur de platine ;
- lp : longueur de platine ;
- b : largeur de semelle du profilé ;
- h : hauteur du profilé.

Les pincés, notés $e_{i,r}$ et les espacements, notés $p_{i,r}$ des boulons doivent respecter des critères définis par l'EN 1993-1-8 tableau 3.3.

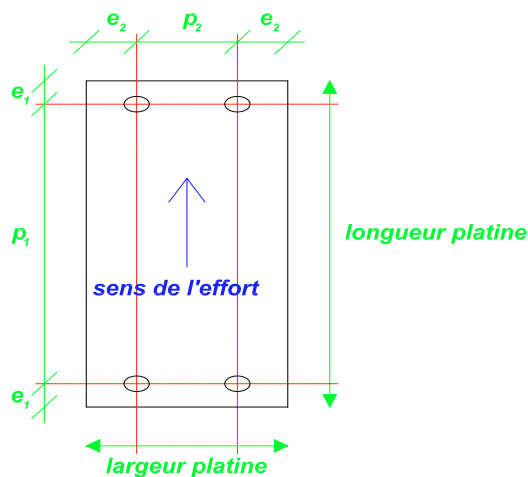


Figure A.15 : Définition des pincés et espacement sur une platine d'ancrage selon EN 1993-1-8 3.5

On établit les correspondances et les vérifications suivantes :

- $e_1 = e_x = 1,5 d_0 > e_{1,min} = 1,2 d_0$;
- $e_2 = e = 3,5 d_0 > e_{2,min} = 1,2 d_0$;
- $p_1 = h + 2 m_x$;
- $p_2 = w = b$.

L'effort de traction $F_{t,Ed}$ dans chaque boulon est égal à : $F_{t,Ed} = (M_{Ed} / 2) / (h - t_f / 2 + 2,5 d_0)$ où t_f est l'épaisseur de semelle du profilé.

L'effort de compression $F_{c,Ed}$ dans la semelle comprimée est égal à : $F_{c,Ed} = M_{Ed} / (h - t_f / 2 + 2,5 d_0)$

L'effort de cisaillement $F_{v,Ed}$ dans chaque boulon est égal à : $F_{v,Ed} = T_{Ed} / 4$

1) Vérification de tiges d'ancrage

Selon le tableau 3.4 de la norme NF EN 1993-1-8 :

- la résistance à la traction est définie par $F_{t,Rd} = 0,9 f_{ub} A_s / \gamma_{M2}$;
- la résistance au cisaillement est définie par $F_{v,Rd} = \alpha_v f_{ub} A / \gamma_{M2}$.

avec :

A_s : diamètre de la partie fileté ;

A : diamètre de la partie lisse, on retient la section A pour déterminer la résistance en cisaillement (calcul sur la section extérieure de la tige) ; le calcul avec la section en fond de filet A_s permettrait également de justifier les tiges ;

γ_{M2} : coefficient partiel égal à 1,25.

Pour les tiges d'ancrage, il convient de vérifier les inégalités suivantes :

$$\begin{aligned} \text{Traction :} & F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd} \\ \text{Cisaillement :} & F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd} \\ \text{Efforts combinés :} & F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / (1,4F_{t,Rd}) \leq 1 \end{aligned}$$

C'est le critère de vérification vis-à-vis de la traction qui est généralement prépondérant.

Nous ne détaillons pas la vérification de l'ancrage de la tige dans le béton. Cet ancrage doit être en capacité de transmettre l'effort apporté par la tige. La justification est liée au mode constructif retenu (conformité du scellement à la fiche technique du produit utilisé, justification par le calcul des plaques d'ancrage noyées, etc.).

Vérification en situation durable :

Critère vis-à-vis de la traction

Pour l'exemple, nous déterminons en premier lieu la section A_s minimale permettant de vérifier le critère de traction. Le bras de levier Z est déterminé à partir des profilés résultant des vérifications en situation durable : $Z = h - t_f / 2 + 2,5 d_o$. On obtient :

n° poteau	Type HEA	Moment ELUfond	h	t _f	Z	F _{t,Ed}	A _{smin}	Désignation tige	A _s	F _{t,Rd}	Critère traction
		kN.m							mm ²	kN	
1	180	57,1	171	9,5	231,25	123,5	343,1	M24	353	127,1	0,97
2	220	88,6	210	11	279,50	158,6	440,5	M27	459	165,2	0,96
3	200	79,4	190	10	260,00	152,6	423,9	M27	459	165,2	0,92
4	200	69,7	190	10	260,00	134,0	372,3	M27	459	165,2	0,81
5	200	63,1	190	10	260,00	121,3	336,9	M27	459	165,2	0,73
6	180	49,6	171	9,5	226,25	109,5	304,2	M22	303	109,1	1,00
7	180	49,1	171	9,5	226,25	108,6	301,7	M22	303	109,1	1,00

Tableau A.8 : Critères de traction dans les tiges

On s'assure que les deux autres critères sont satisfaits.

Critère vis-à-vis du cisaillement

n° poteau	Désignation tige	A	F _{v,Ed}	F _{v,Rd}	Critère cisaillement
		mm ²	kN	kN	
1	M24	452	7,1	108,5	0,07
2	M27	573	11,1	137,5	0,08
3	M27	573	9,9	137,5	0,07
4	M27	573	8,7	137,5	0,06
5	M27	573	7,9	137,5	0,06
6	M22	380	6,2	91,2	0,07
7	M22	380	6,1	91,2	0,07

Tableau A.9 : Critères de cisaillement dans les tiges

La vérification du critère de cisaillement est largement assurée.

Critère de cisaillement et de traction combinés

n° poteau	Désignation tige	Critère efforts combinés
1	M24	0,76
2	M27	0,77
3	M27	0,73
4	M27	0,64
5	M27	0,58
6	M22	0,78
7	M22	0,78

Tableau A.10 : Critères combinés dans les tiges

Ce critère est également satisfait.

Vérification en situation transitoire de chantier :

On retient le bras de levier Z déterminé à partir du profilé résultant de la vérification en phase transitoire. On détermine pour l'exemple :

n° poteau	Type HEA	Moment ELUfond	Z	F _{t,Ed}	A _{smin}	Désignation tige	A _s	F _{t,Rd}	Critère traction
		kN.m	mm	kN	mm ²		mm ²	kN	
tous	180	68,6	241,25*	142,3	395,2	M27	459	165,2	0,86

* Le calcul est fait sur la base d'une tige M27

n° poteau	Désignation tige	A	F _{v,Ed}	F _{v,Rd}	Critère cisaillement
		mm ²	kN	kN	
tous	M27	573	8,6	137,5	0,06

n° poteau	Désignation tige	Critère efforts combinés
tous	M27	0,68

Tableaux A.11 à A13 : Critères de vérification en situation transitoire de travaux

Le critère est justifié pour la phase transitoire.

Vérification en situation accidentelle :

On détermine pour l'exemple :

n° poteau	Type HEA	Moment ELUfond	Z	F _{t,Ed}	A _{smin}	Désignation tige	A _s	F _{t,Rd}	Critère traction
		kN.m	mm	kN	mm ²		mm ²	kN	
tous	180	59,1	231,25	127,8	354,9	M24	353	127,1	1,01

n° poteau	Désignation tige	A	F _{v,Ed}	F _{v,Rd}	Critère cisaillement
		mm ²	kN	kN	
tous	M24	452	7,4	108,5	0,07

n° poteau	Désignation tige	Critère efforts combinés
tous	M24	0,79

Tableaux A.14 à A16 : Critères de vérification en situation accidentelle

Le critère est juste justifié pour la phase accidentelle.

Conclusion pour les tiges d'ancrage de l'exemple hors prise en compte de la fatigue :

Les poteaux 2, 3, 4 et 5 doivent être ancrés par des tiges M27 au moins.

Si des dispositions sont prises pour que la phase chantier ne soit pas dimensionnante, les autres poteaux doivent être ancrés par des tiges M24 au moins.

Si de telles dispositions en phase transitoire ne peuvent être prises, tous les poteaux doivent être ancrés par des tiges M27 au moins.

Vérification à la fatigue à titre informatif :

La principale action cyclique que va subir l'écran acoustique est l'action du vent. Le calcul consiste à vérifier que les boulons résistent à 2 millions de cycles du vent de fatigue. La durée de vie escomptée de l'assemblage est de 50 ans. L'action du vent de fatigue vaut 26 % de celle du vent caractéristique.

La classe de détail en fatigue du boulon soumis à la traction est de 50 MPa selon la norme NF EN 1993-1-9 tableau 8.1 pour $d < 30$ mm, où d est le diamètre extérieur de la tige (compte tenu du faible niveau de cisaillement des boulons, la vérification en fatigue sous cisaillement n'est pas dimensionnante). Selon le tableau 8.1, l'étendue de contrainte est déterminée sur la base du diamètre extérieur de la tige. Comme la platine fait l'objet d'un calage et que l'effort tranchant est faible, on ne tient pas compte d'efforts de flexion parasites.

Ainsi, pour une durée de vie de 50 ans, le critère à vérifier est le suivant :

$$\Delta\sigma_{t,Ed} = \gamma_{Ff} \cdot \sigma_{ventCARA} \cdot 0,26 \leq \frac{\Delta\sigma_c}{\gamma_{Mf}} = 50\text{MPa}/\gamma_{Mf}$$

Pour l'exemple, en repartant des types de tiges obtenus dans le cas où des dispositions en phase chantier ont pu être prises pour que cette phase ne soit pas dimensionnante, on obtient, en considérant $\gamma_{Ff} = \gamma_{Mf} = 1,00$:

n° poteau	Type HEA	Moment ELU fatigue	h	t _f	Z	F _{t,Ed}	Désignation tige	A	Δσ _{t,Ed}	Critère fatigue
		kN.m						Mm ²	Mpa	
1	180	9,9	171	9,5	231,25	21,4	M24	452	47,4	0,95
2	220	15,4	210	11	279,50	27,5	M27	573	48,0	0,96
3	200	13,8	190	10	260,00	26,5	M27	573	46,2	0,92
4	200	12,1	190	10	260,00	23,2	M27	573	40,5	0,81
5	200	10,9	190	10	260,00	21,0	M27	573	36,7	0,73
6	180	8,6	171	9,5	231,25	19,0	M24	452	41,1	0,82
7	180	8,5	171	9,5	231,25	18,8	M24	452	40,7	0,81

Tableau A.17 : Critères de vérification en fatigue

On constate que le critère en fatigue est respecté pour les boulons de tous les poteaux avec des coefficients partiels de sécurité égaux à 1,00. Pour les poteaux courants, le critère est également pratiquement vérifié en considérant un coefficient partiel de sécurité sur le chargement en fatigue γ_{Ff} de 1,00 et un coefficient partiel de sécurité sur la résistance en fatigue γ_{Mf} de 1,15 (en effet $40,7 \times 1,00 \times 1,15 = 46,8$ MPa).

Synthèse des résultats pour les tiges d'ancrage :

Le tableau ci-dessous résume ces résultats :

N° du poteau depuis l'extrémité	Cas de dispositions prises pour que la phase chantier ne soit pas dimensionnante	Absence de dispositions particulières en phase chantier
1	M24	M27
2	M27	M27
3	M27	M27
4	M27	M27
5	M27	M27
6	M24	M27
7 et courants	M24	M27

Tableau A.18 : Choix final des tiges d'ancrage

De façon simplifiée, il apparaît que l'on peut conserver pour les 5 premiers poteaux, le dimensionnement retenu pour le poteau 2 qui est le poteau le plus sollicité. A partir du poteau 6 et pour tous les poteaux courants, on peut retenir des tiges de plus petit diamètre qui sont dimensionnées par la situation provisoire de chantier si elle ne peut être évitée.

2) Vérification de la platine en pied de poteau

Trois critères sont à vérifier :

- la résistance vis-à-vis de la pression diamétrale ;
- la résistance vis-à-vis du poinçonnement ;
- la résistance en flexion de la platine (deux vérifications sont en pratique à réaliser : l'une portant sur la résistance en compression du produit présent sous la platine comprimée, l'autre sur la résistance à la reprise de l'effort de traction).

Ces critères permettent de déterminer l'épaisseur minimale de la platine.

Principes des vérifications :

a) Résistance en flexion de la platine :

Le moment de flexion est repris par un couple de forces. L'effort de compression F_c est centré dans la semelle comprimée du profilé et l'effort de traction F_t est centré sur l'axe de la rangée de boulons tendus.

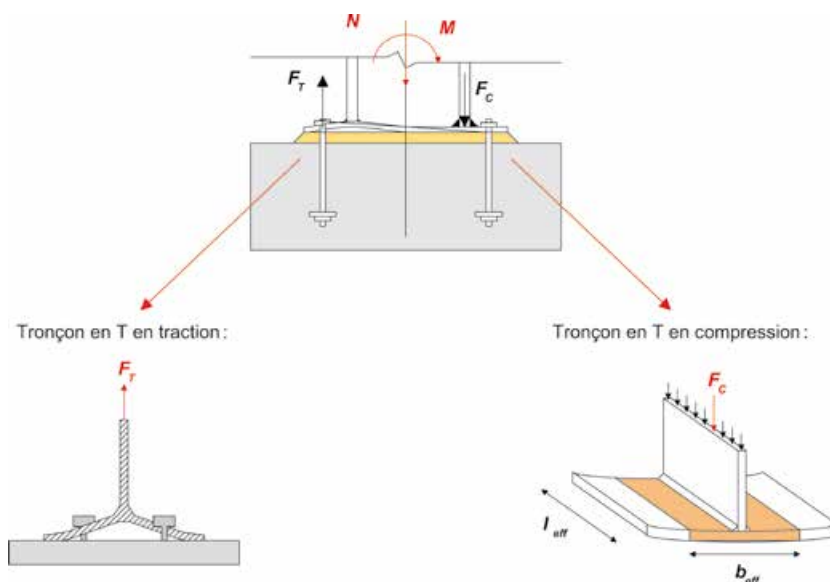


Figure A.16 : Schémas de principe du fonctionnement de la platine en flexion

Justification de la partie comprimée :

La platine va diffuser l'effort de compression de la semelle du profilé vers le matériau support.

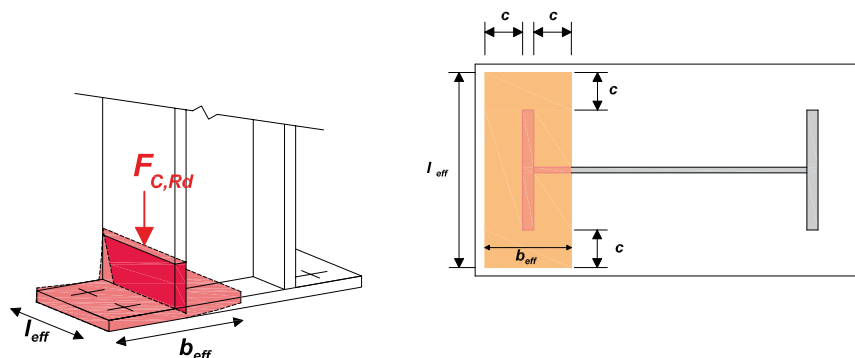


Figure A.17 : Section efficace de la partie comprimée

La figure A.17 introduit les paramètres suivants :

$F_{c,Rd}$: effort résistance en compression ;

c : largeur de diffusion ;

l_{eff} : longueur efficace ;

b_{eff} : largeur efficace.

L'Eurocode (NF EN 1993-1-8 6.2.5) définit la largeur de diffusion par : $c = t \cdot \sqrt{\frac{f_{yp}}{3 \cdot f_{jd} \cdot \gamma_{M0}}}$

avec :

t : épaisseur de la plaque ;

f_{yp} : limite élastique de la platine égale à 235 MPa ;

$\gamma_{M0} = 1$;

$f_{jd} = \alpha_{bf} \cdot \beta_j \cdot f_{cd}$;

$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{f_{ck}}{1,5}$ (NF EN 1992-1-1) ;

$\beta_j = 2/3$ pour une faible épaisseur de mortier ;

$\alpha_{bf} \geq 1$, pris de façon sécuritaire égal à 1.

L'effort résistant de la semelle comprimée vaut :

$$F_{c,Rd} = f_{jd} \cdot b_{eff} \cdot l_{eff}$$

avec :

$l_{eff} = \min (b_p ; b + 2c)$;

$b_{eff} = c + t_f + \min (c ; 4 \cdot d_o)$.

Le critère de vérification est :

$$F_{c,Ed} \leq F_{c,Rd}$$

Justification de la partie tendue :

Il s'agit de vérifier que l'effort dans la semelle tendue arrive à transiter dans les boulons par flexion de la platine. La norme NF EN 1993-1-8 6.2.6.5 traite le cas de la platine d'about fléchi comme celui d'une platine symétrique par rapport à la semelle tendue :

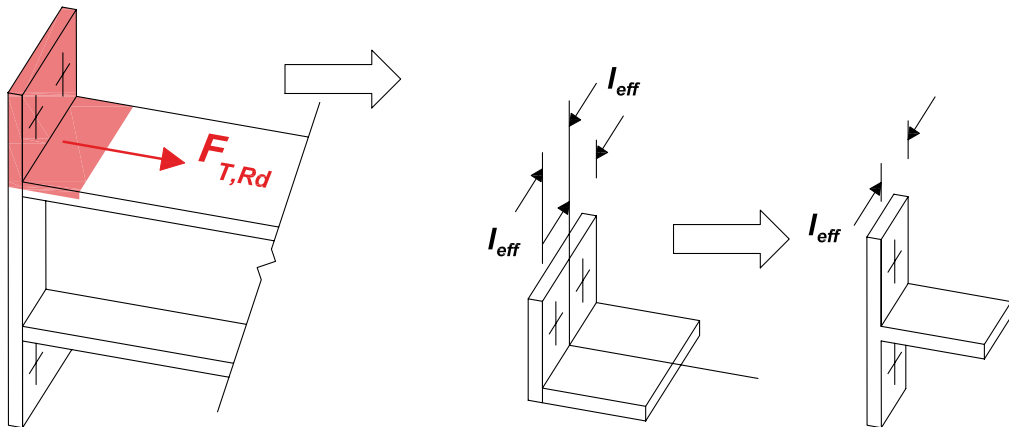


Figure A.18 : Figure 6.10 de la norme NF EN1993-1-8

La norme NF EN 1993-1-8 6.2.4.1 envisage 3 modes de rupture qui dépendent de la rigidité relative de la platine et des boulons.

Ces 3 modes sont :

- mode 1 : plastification totale de la platine ;
- mode 2 : ruine de boulons avec plastification de la semelle ;
- mode 3 : ruine de boulons.

Pour les modes 1 et 2, la résistance dépend de la possibilité ou non d'apparition d'un effet levier (appui de l'extrémité de la platine).

Les schémas correspondant à ces modes de ruine sont présentés ci-après.

Mode de rupture 1 : Ruine de la platine souple - formation de 2 rotules plastiques et avec effet levier

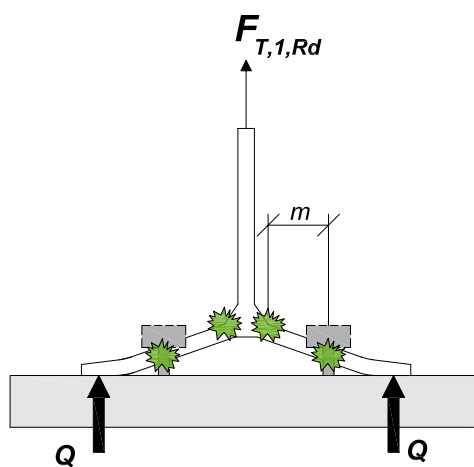


Figure A.19 : Platine en T tendue - Mode de rupture 1

Résistance en traction en mode 1 : $F_{t,1,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,Rd}}{m_x}$

où $M_{pl,Rd} = m_{pl,Rd} \cdot I_{eff}$ et $m_{pl,Rd} = \frac{t^2 \cdot f_{yp}}{4 \cdot \gamma_{MO}}$

Mode de rupture 2 : Ruine dans les boulons avec formation d'une rotule plastique dans la platine et avec effet levier

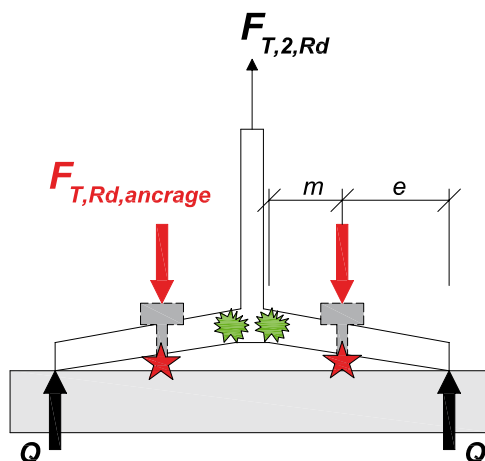


Figure A.20 : Platine en T tendue - Mode de rupture 2

Résistance en traction en mode 2 : $F_{t,2,Rd} = \frac{2.M_{pl,Rd} + 2.n.F_{t,Rd,ancrage}}{m_x + n}$

avec $n = \min(e_x ; 1,25 \cdot m_x)$ et $F_{t,Rd,ancrage}$ la résistance ultime à la traction d'un boulon.

Mode de rupture 1 - 2 : Schéma pouvant apparaître pour les modes 1 et 2 en l'absence d'effet levier

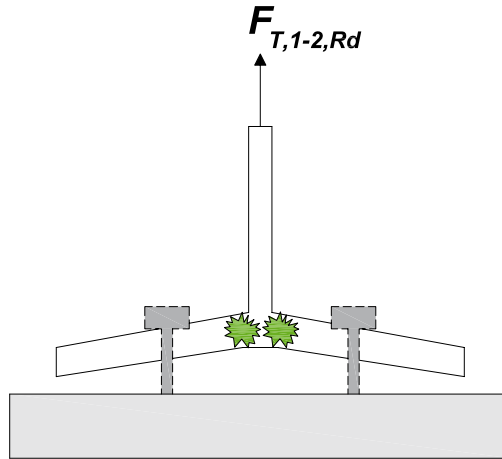


Figure A.21 : Platine en T tendue - Mode de rupture 1-2

Résistance en traction en mode 1-2 : $F_{t,1-2,Rd} = \frac{2.M_{pl,Rd}}{m_x}$

Mode de rupture 3 : Ruine des boulons

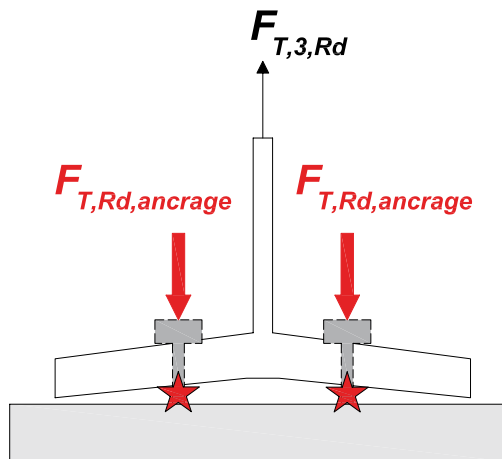


Figure A.22 : Platine en T tendue - Mode de rupture 3

Résistance en traction en mode 3 : $F_{t,3,Rd} = \sum F_{t,Rd,ancrage}$

Pour déterminer le mode de rupture, on calcule la longueur d'allongement des boulons L_B que l'on compare à la longueur critique L_B^* (NF EN 1993-1-8 Tableau 6.2).

On fixe $L_B \approx 9.d + t$

$$L_B^* = \frac{8,8.m_x^3.A_s}{l_{eff}.t^3}$$

où $l_{eff} = \min(l_{eff,cp}; l_{eff,nc})$

avec

$l_{eff,cp}$: longueur efficace pour une ruine de la platine selon un mécanisme circulaire ;

$l_{eff,nc}$: longueur efficace pour une ruine de la platine selon un mécanisme non circulaire.

Les longueurs efficaces pour une platine d'about sont données par la norme NF EN1993-1-8 tableau 6.6 :

- Mécanisme de ruine circulaire :

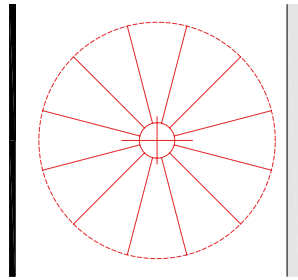


Figure A.23 : Mécanisme de ruine circulaire d'une platine en T tendue

$$l_{eff,cp} = \min(2\pi m_x; \pi m_x + w; \pi m_x + 2e)$$

- Mécanisme de ruine non circulaire :

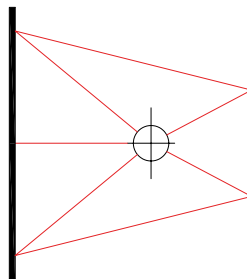


Figure A.24 : Mécanisme de ruine non circulaire d'une platine en T tendue

$$l_{eff,np} = \min \left[4m_x + 1,25e_x; 2m_x + 0,625e_x + \frac{w}{2}; 2m_x + 0,625e_x + e; \frac{b_p}{2} \right]$$

Si $L_B > L_B$, il n'y a pas d'effet levier et $F_{t,Rd} = \min(F_{t,1-2,Rd}; F_{t,3,Rd})$, sinon $F_{t,Rd} = \min(F_{t,1,Rd}; F_{t,2,Rd}; F_{t,3,Rd})$

Le critère de vérification est :

$$F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd}$$

b) Résistance à la pression diamétrale :

Elle est définie par (NF EN 1993-1-8 tableau 3.4) :

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_{ukp} d t}{\gamma_{M2}}$$

où : $\alpha_b = \min(\alpha_d = \frac{e_1}{3d_o}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0)$.

Avec :

d : diamètre de la partie non fileté de la vis (on retient le diamètre extérieur de la tige) ;

t : épaisseur de la platine ;

$$\text{et } k_1 = \min \left[2,8 \frac{e_2}{d_o} - 1,7; 1,4 \frac{D_2}{d_o} - 1,7; 2,5 \right]$$

Pour l'exemple, compte tenu des choix de pince, on a :

$\alpha_b = \alpha_d = 0,5$ et k_1 variable entre 1,57 et 2,50 suivant les platines.

Le critère de vérification est : $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$

c) Résistance au poinçonnement :

Elle est définie par (NF EN 1993-1-8 tableau 3.4) :

$$B_{p,Rd} = 0,6 \pi d_m t f_{ukp} / \gamma_{M2}$$

avec :

t : épaisseur de la platine ;

d_m : diamètre du cercle moyen entre le cercle circonscrit et le cercle inscrit à la tête du boulon.

Le critère de vérification est : $F_{t,Ed} < B_{p,Rd}$

Application à l'exemple :

Dans la pratique c'est le critère de vérification à la flexion de la platine qui dimensionne.

On détermine la géométrie des platines en fonction des dimensions des profilés et des diamètres des tiges pour le cas où des dispositions sont prises en phase provisoire de chantier pour que cette situation ne soit pas dimensionnante. On retient les critères géométriques définis au début de cette fiche :

n° poteau	Désignation tige	HEA	d_o	b	h	e_1	p_1	e_2	p_2	Largeur platine	Hauteur platine
			mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1	M24	180	26	180	171	39	301	91	180	362	379
2	M27	220	30	220	210	45	360	105	220	430	450
3	M27	200	30	200	190	45	340	105	200	410	430
4	M27	200	30	200	190	45	340	105	200	410	430
5	M27	200	30	200	190	45	340	105	200	410	430
6	M24	180	26	180	171	39	301	91	180	362	379
7	M24	180	26	180	171	39	301	91	180	362	379

Tableau A.19 : Dimensions des platines types

On commence par déterminer l'épaisseur minimale selon le critère de résistance en flexion de la platine :

n° poteau	HEA	Désignation tige	$F_{t,Ed}$	t_{min}	$F_{t,Rd}$	Mode de ruine	Critère traction
			kN	mm	kN		
1	180	M24	123,5	28	127,1	3	0,97
2	220	M27	158,6	32	165,2	3	0,96
3	200	M27	152,6	32	164,4	1-2	0,93
4	200	M27	134,0	28	140,7	2	0,95
5	200	M27	121,3	26	129,8	2	0,93
6	180	M24	107,1	26	116,8	2	0,92
7	180	M24	106,2	24	106,5	2	1,00

Tableau A.20 : Vérification des platines en flexion

Les résultats de la vérification en compression ne sont pas présentés. La vérification est largement assurée, les contraintes sollicitantes étant situées entre 2 et 3 MPa.

On obtient ensuite les critères de vérification suivants :

Poinçonnement :

n° poteau	Désignation tige	d_m	$B_{p,Rd}$	$F_{t,Ed}$	Critère poinçonnement
		mm	kN	kN	
1	M24	38,8	737,2	123,5	0,17
2	M27	44,2	959,8	158,6	0,17
3	M27	44,2	959,8	152,6	0,16
4	M27	44,2	839,8	134,0	0,16
5	M27	44,2	779,8	126,1	0,16
6	M24	38,8	684,6	109,5	0,16
7	M24	38,8	631,9	108,6	0,17

Tableau A.21 : Vérification des platines au poinçonnement

Pression diamétrale :

n° poteau	Désignation tige	d	$F_{b,Rd}$	$F_{v,Ed}$	Critère pression diamétrale
		mm	kN	kN	
1	M24	24	302,4	7,4	0,02
2	M27	27	388,8	11,1	0,03
3	M27	27	388,8	9,9	0,03
4	M27	27	340,2	8,7	0,03
5	M27	27	315,9	7,9	0,02
6	M24	24	280,8	7,4	0,03
7	M24	24	259,2	7,4	0,03

Tableau A.22 : Vérification des platines en pression diamétrale

Ces deux critères sont largement vérifiés.

3) Vérification de la transmission de l'effort tranchant en pied de poteau

Selon la norme NF EN1993-1-8 6.2.2 (7), la résistance de calcul au cisaillement d'un boulon d'ancrage est donnée par :

$$F_{vb,Rd} = \alpha_{bc} f_{ub} A_s / \gamma_{M2}$$

avec $\alpha_{bc} = 0,44 - 0,0003f_{yb}$.

La vérification s'écrit :

$$F_{v,Ed} < F_{vb,Rd}$$

Avec, pour l'exemple, $f_{yb} = 400$ MPa et $\alpha_{bc} = 0,32$.

Sur la base de la géométrie retenue pour les ancrages, on montre que cette justification est largement assurée.

A.3.6 - Fiche F - Justification en stabilité externe de la fondation

Les justifications géotechniques (GEO) de la fondation concernent :

- à l'ELU :
 - la portance ;
 - l'excentrement de la charge ;
 - le glissement.
- à l'ELS
 - l'excentrement de la charge ;
 - la limitation de la charge.

1) Combinaisons d'actions

On raisonne sur des tranches de semelle de fondation de 1 m sur lesquelles sont appliqués les efforts moyens du panneau correspondant ramenés à 1 m. Cela revient à considérer que l'effort s'appliquant sur un panneau de 4 m de longueur est repris par 4 m de fondation. Dans la pratique, les efforts de vent sont transmis à la fondation par les poteaux et la résistance interne en torsion de la semelle permet la répartition des efforts. A l'extrémité de l'écran, on considère que l'effort appliqué sur le panneau 1 d'extrémité est repris par 6 m de fondation et non 4 m. Cet allongement de la semelle de fondation d'un demi-espacement de poteau au-delà du premier poteau est lié à la plus grande valeur des coefficients de forme aux extrémités de l'écran. Dans l'exemple, la prise en compte de cette surlongueur est nécessaire pour justifier le critère d'excentrement ELS qui est le critère dimensionnant la largeur de la fondation.

La figure ci-dessous précise le principe du découpage adopté pour justifier la fondation de l'écran ; pour chaque tranche fictive, la semelle de fondation doit assurer la reprise des efforts s'y appliquant.

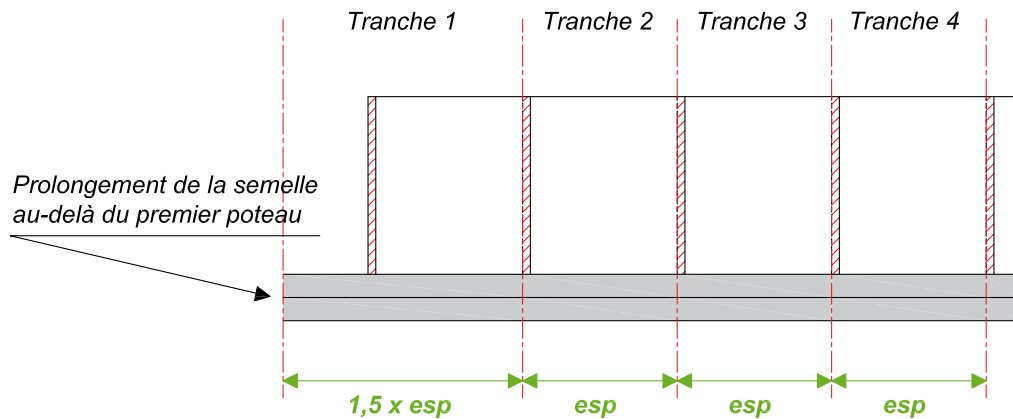


Figure A.25 : Principe de découpage en tranche de la semelle de fondation

Pour l'exemple, seul l'effort F_v du vent contribue à l'effort horizontal H et au moment M . Seuls les poids de l'écran, du sol et de la fondation contribuent à l'effort vertical V . Compte tenu des notations adoptées, le moment est égal à : $M = H \cdot (H_v / 2 + D)$. On a pour une tranche de 1 m :

panneau	V	Fv
	kN	kN
1	78,67	8,99
2	56,79	7,53
3		6,24
4		6,09
5		4,66
6		4,30

Tableau A.23 : Efforts par panneau ramenés à un mètre linéaire

Il convient de déterminer les différentes combinaisons d'actions associées aux situations de projet de l'écran. A l'ELU en combinaison fondamentale, deux combinaisons sont considérées, l'une avec majoration du poids de l'écran (ELU fond 1 : $1,35 G + 1,5 W$), l'autre avec minoration du poids (ELU fond 2 : $G + 1,5 W$). Comme le panneau 1 est panneau d'extrémité, il n'est pas vérifié en situation transitoire et en situation accidentelle qui lui sont moins préjudiciables.

Situation durable :

panneau	ELS quasi permanent		
	V	H	M
	kN	kN	kN.m
1	78,7	0,0	0,0
autres	56,8	0,0	0,0

panneau	ELS caractéristique		
	V	H	M
	kN	kN	kN.m
1	78,7	9,0	27,9
2	56,8	7,5	23,3
3		6,2	19,3
4		6,1	18,9
5		4,7	14,4
6		4,3	13,3

panneau	ELU fondamental 1		
	V	H	M
	kN	kN	kN.m
1	106,2	13,5	41,8
2	76,7	11,3	35,0
3		9,4	29,0
4		9,1	28,3
5		7,0	21,7
6		6,5	20,0

panneau	ELU fondamental 2		
	V	H	M
	kN	kN	kN.m
1	78,7	13,5	41,8
2	56,8	11,3	35,0
3		9,4	29,0
4		9,1	28,3
5		7,0	21,7
6		6,5	20,0

Tableaux A.24 à 27 : Combinaisons d'actions en situation durable

Situation transitoire :

panneau	ELS caractéristique		
	V	H	M
	kN	kN	kN.m
1	78,7	7,0	21,6
autres	56,8	7,0	21,6

ELU fondamental 1			
panneau	V	H	M
	kN	kN	kN.m
1	106,2	10,4	32,4
autres	76,7	10,4	32,4

ELU fondamental 2			
panneau	V	H	M
	kN	kN	kN.m
1	78,7	10,4	32,4
autres	56,8	10,4	32,4

Tableaux A.28 à 30 : Combinaisons d'actions en situation transitoire de travaux

Situation accidentelle :

ELU accidentel			
panneau	V	H	M
	kN	kN	kN.m
1	78,7	9,0	27,9
autres	56,8	9,0	27,9

Tableau A.31 : Combinaisons d'actions en situation accidentelle

2) Vérification de la portance ELU

On calcule en premier lieu le facteur de portance k_p :

$$k_p = k_{p0} + \left(a + b \cdot \frac{D_e}{B_f}\right) \cdot \left(1 - e^{-c \frac{D_e}{B_f}}\right)$$

On détermine ensuite successivement :

L'inclinaison de la résultante :

$$\delta_d = \arctan\left(\frac{H_{du}}{V_{du}}\right)$$

Le coefficient de réduction de la portance liée à cette inclinaison :

$$i_\delta = \left(1 - \frac{2 \cdot \delta_d}{\pi}\right)^2 - \frac{2 \cdot \delta_d}{\pi} \left(2 - 3 \frac{2 \cdot \delta_d}{\pi}\right) \cdot e^{-\frac{D_e}{B_f}}$$

Le coefficient de réduction liée à la proximité du talus :

$$i_\beta = 1 - 0,9 \cdot \tan(\beta) \cdot (2 - \tan(\beta)) \cdot \left(1 - \frac{D_\beta}{8, B}\right)^2 \text{ pour } D_\beta < 8B$$

Le facteur de réduction pour la prise en compte simultanée de l'inclinaison et de la présence du talus est défini par :

$$i_{\delta\beta} = i_\delta \cdot i_\beta$$

On détermine ensuite la valeur de la contrainte associée à la résistance nette du terrain sous la fondation selon :

$$q_{net\beta} = k_p \cdot p_{le} \cdot i_{\delta\beta}$$

Puis la surface effective (comprimée) de la fondation :

$$A = B_f \cdot (1 - 2 \cdot \frac{e_{el,u}}{B_f})$$

avec :

$$e_{el,u} : \text{l'excentrement de la résultante} : e_{el,u} = \frac{M_{el,u}}{V_{el,u}}$$

On détermine la valeur caractéristique et la valeur de calcul de la résistance nette du terrain sous la fondation :

$$R_{v,k} = \frac{A \cdot q_{net,\beta}}{\gamma_{Rd,v}} \quad \text{et} \quad R_{v,d} = \frac{R_{v,k}}{\gamma_{R,v}}$$

avec :

	$\gamma_{R,v}$	$\gamma_{Rd,v}$
ELU pour situations durables et transitoires	1.2	1.2
ELU pour situations accidentelles	1.0	1.2

Tableau A.32 : Coefficients partiels de sécurité sur la portance

On détermine la valeur R_0 du poids volume de terrain constitué du volume de la fondation sous le terrain naturel et des terrains compris entre la fondation et le terrain naturel :

$$R_0 = D \cdot \gamma_s \cdot B_f$$

Le critère de vérification de la portance est alors le suivant :

$$(V_{el,u} - R_0) / R_{v,d} \leq 1$$

Pour l'exemple on établit les tableaux suivants :

Rappel des données :

- $B_f = 1,75 \text{ m}$;
- $D_e = 0,50 \text{ m}$;
- $k_p = 1,137$;
- $p_{le} = 0,50 \text{ MPa}$;
- $R_0 = 35 \text{ kN}$;
- $\beta = 0,59 \text{ rad}$;
- $D_\beta = 3,50 \text{ m}$.

Panneau	ELU fondamental 1									
	δ	i_δ	i_β	$i_{\delta\beta}$	q_{net}	e	A	$R_{v,k}$	$R_{v,d}$	critère portance
	rad				MPa					
1	0,126	0,739	0,550	0,407	0,231	0,394	0,963	185,4	154,5	0,461
2	0,146	0,702	0,550	0,386	0,220	0,456	0,837	153,2	127,6	0,326
3	0,121	0,749	0,550	0,412	0,234	0,378	0,994	193,9	161,5	0,258
4	0,119	0,754	0,550	0,415	0,236	0,369	1,011	198,7	165,6	0,252
5	0,091	0,808	0,550	0,445	0,253	0,283	1,185	249,5	208,0	0,200
6	0,084	0,822	0,550	0,452	0,257	0,261	1,228	263,1	219,3	0,190

Panneau	ELU fondamental 2									critère portance
	δ rad	i_δ	i_β	$i_{\beta\phi}$	q_{net} MPa	e m	A m ²	$R_{v,k}$ kN	$R_{v,d}$ kN	
1	0,170	0,659	0,550	0,363	0,206	0,532	0,687	118,0	98,3	0,444
2	0,196	0,613	0,550	0,337	0,192	0,616	0,518	82,7	68,9	0,316
3	0,163	0,671	0,550	0,369	0,210	0,511	0,729	127,5	106,2	0,205
4	0,160	0,678	0,550	0,373	0,212	0,499	0,753	132,9	110,8	0,197
5	0,122	0,747	0,550	0,411	0,233	0,381	0,987	192,1	160,1	0,136
6	0,113	0,765	0,550	0,421	0,239	0,352	1,046	208,4	173,6	0,125

Panneau	ELU situations transitoires et accidentelle									critère portance
	δ rad	i_δ	i_β	$i_{\beta\phi}$	q_{net} MPa	e m	A m ²	$R_{v,k}$ kN	$R_{v,d}$ kN	
ELU chantier fondamental 1	0,135	0,722	0,550	0,397	0,226	0,422	0,905	170,4	142,0	0,293
ELU chantier fondamental 2	0,182	0,638	0,550	0,351	0,199	0,570	0,610	101,4	84,5	0,258
ELU accidentel	0,157	0,682	0,550	0,375	0,213	0,491	0,768	136,6	136,6	0,160

Tableaux A.33 à A.35 : Vérification de la portance à l'ELU

Le critère de portance est vérifié.

3) Excentrement de la charge ELU

Le critère de vérification ELU s'écrit pour les situations durables et transitoires et pour les situations accidentelles :

$$(1 - 2.e / B) > 1/15 \text{ soit } 30 / 14 . e / B < 1$$

Pour l'exemple on établit le tableau suivant :

Panneau	ELU fondamental 1	ELU fondamental 2	ELU chantier fondamental 1	ELU chantier fondamental 2	ELU accidentel
	critère excentrement				
1	0,482	0,651			
2	0,559	0,754			
3	0,463	0,625			
4	0,452	0,611	0,517	0,698	0,601
5	0,346	0,467			
6	0,319	0,431			

Tableau A.36 : Vérification de l'excentrement de la charge à l'ELU

Le critère d'excentrement est vérifié pour tous les panneaux.

4) Glissement à l'ELU

Le critère de vérification s'exprime selon :

$$H_{elu} < R_{h,d} = V_{elu} \tan \delta_{a,k} / \gamma_{Rh} / \gamma_{Rdh}$$

avec :

δ_{ak} : angle de frottement du sol de fondation

	γ_{Rh}	γ_{Rdh}
ELU pour situations durables et transitoires	0.9	1.1
ELU pour situations accidentelles	0.85	1.1

Tableau A.37 : Coefficients partiels de sécurité pour le glissement à l'ELU

Pour l'exemple on établit les tableaux suivants ($\delta_{ak} = \phi s = 30^\circ$):

Panneau	ELU fondamental 2					Critère glissement
	V_{elu} kN	$\tan \delta_{ak}$	R_{hk} kN	R_{hd} kN	H_{elu} kN	
1	78,7		0,577	50,5	45,9	13,5
2	56,8	36,4		33,1	11,3	0,341
3	56,8	36,4		33,1	9,4	0,282
4	56,8	36,4		33,1	9,1	0,276
5	56,8	36,4		33,1	7,0	0,211
6	56,8	36,4		33,1	6,5	0,195

Panneau	ELU chantier fondamental 2					Critère glissement
	V_{elu} kN	$\tan \delta_{ak}$	R_{hk} kN	R_{hd} kN	H_{elu} kN	
Tous	56,8		0,577	36,4	33,1	10,4

Panneau	ELU accidentel					Critère glissement
	V_{elu} kN	$\tan \delta_{ak}$	R_{hk} kN	R_{hd} kN	H_{elu} kN	
Tous	56,8		0,577	38,6	35,1	9,0

Tableaux A.38 à 40 : Vérification du glissement à l'ELU

Le critère de glissement est largement vérifié.

5) Excentrement de la charge à l'ELS

Le critère de vérification ELS s'écrit pour les combinaisons quasi permanentes et caractéristiques :

$$2. (1 - 2.e / B) > 1 \text{ soit } 4 . e / B < 1$$

Panneau	Durable		Transitoire	
	e (m)	critère excentrement e/B	e (m)	Critère excentrement e/B
1	0,354	0,810	0,380	0,869
2	0,411	0,939		
3	0,340	0,778		
4	0,332	0,760		
5	0,254	0,581		
6	0,235	0,537		

Tableau A.41 : Vérification de l'excentrement de la charge à l'ELS

Ce critère est vérifié, c'est le plus contraignant.

6) Limitation de la charge transmise ELS

Le critère de dimensionnement est le même que celui de la portance à l'ELU.

Les coefficients suivants sont considérés :

	γ_{RV}	$\gamma_{Rd,v}$
ELS combinaisons quasi permanentes et caractéristiques	2,0	1,2

Tableau A.42 : Coefficients partiels de sécurité sur la limitation de charge à l'ELS

ELS caractéristique durable										
panneau	δ	i_δ	i_β	$i_{\beta\beta}$	q_{net}	e	A	R_{vk}	R_{vd}	critère portance
	rad				MPa	m	m ²	kN	kN	
1	0,114	0,763	0,550	0,420	0,239	0,354	1,041	207,1	103,5	0,422
2	0,132	0,729	0,550	0,401	0,228	0,411	0,928	176,4	88,2	0,247
3	0,109	0,772	0,550	0,425	0,241	0,340	1,069	215,1	107,5	0,203
4	0,107	0,777	0,550	0,427	0,243	0,332	1,085	219,6	109,8	0,198
5	0,082	0,826	0,550	0,454	0,258	0,254	1,241	267,3	133,7	0,163
6	0,076	0,839	0,550	0,461	0,262	0,235	1,281	279,9	140,0	0,156

ELS caractéristique transitoire										
panneau	δ	i_δ	i_β	$i_{\beta\beta}$	q_{net}	e	A	R_{vk}	R_{vd}	critère portance
	rad				MPa	m	m ²	kN	kN	
tous	0,122	0,748	0,550	0,411	0,234	0,380	0,990	192,8	96,4	0,226

Tableaux A.43 et A.44 : Vérification de la limitation de charge à l'ELS

La vérification est assurée.

A.3.7 - Fiche G - Justification en stabilité interne de la fondation

Deux sections de la fondation sont analysées :

- section 1 : la section d'encastrement de la nervure dans la semelle ;
- section 2 : la section d'encastrement de la semelle dans la nervure.

On détermine dans un premier temps le ferrailage minimal puis le ferrailage de calcul devant être mis en place dans ces sections (contrainte des aciers limitée à 200 MPa à l'ELS quasi permanent, 400 MPa à l'ELS caractéristique et 434,8 MPa à l'ELU).

Pour la section 1, de façon sécuritaire, on considère les efforts apportés par le poteau 2 et on néglige l'effort normal, le moment est uniquement dû à l'action du vent. On considère une diffusion de l'effort à 45° dans la hauteur de la nervure, la longueur sur laquelle le ferrailage est calculé est donc arrondie de façon sécuritaire à $2 \times H_n$ soit 1,20 m pour l'exemple.

Pour la section 2, on considère que la contrainte sous la semelle est uniforme par panneau de 4 m et l'on considère l'effort moyen sur le premier panneau, sans tenir compte de la surlongueur de semelle au-delà du premier poteau ; le calcul est fait pour 1 m linéaire. Le moment est déterminé en considérant conventionnellement une répartition trapézoïdale ou triangulaire des contraintes sous la semelle de fondation.

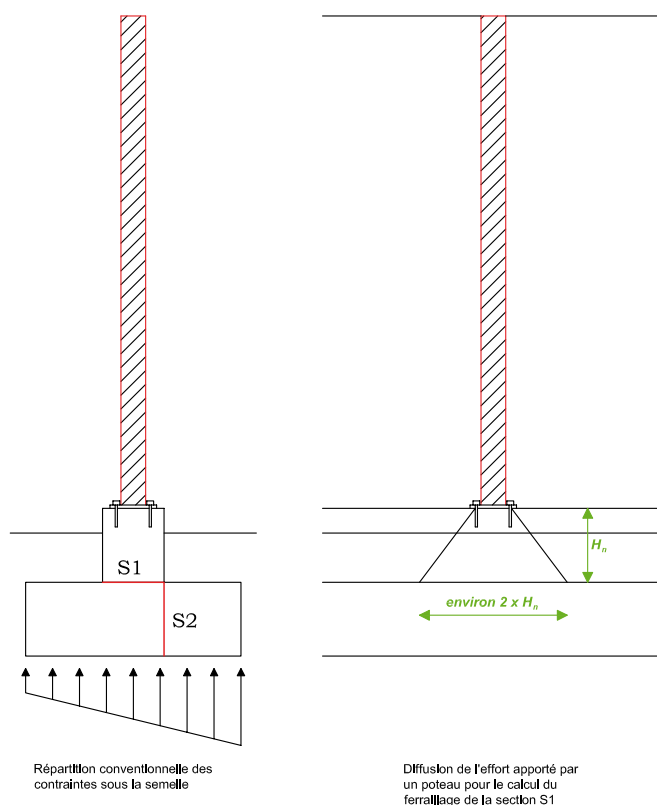


Figure A.26 : Sections d'études de la fondation

1) Ferrailage de la section S1

Ferrailage de non-fragilité

$$A_{s,\min} = \max (0,26 \cdot f_{ctm} / f_{yks} \cdot b_t \cdot d ; 0,0013 \cdot b_t \cdot d)$$

avec b_t la largeur de calcul (on raisonne ici par tranche de 1 mètre donc $b_t = 1$ m) et d la hauteur utile de la section (distance du centre de l'acier à la fibre extrême du béton comprimée) soit $d = 0,5 - 0,05 - \phi / 2 = 442$ mm (pour $\phi = 16$ mm).

$$\text{On trouve } A_{s,\min} = \max (6,67 \text{ cm}^2 ; 5,75 \text{ cm}^2) = 6,67 \text{ cm}^2$$

Ferraillage de calcul

Les moments de flexion dans la section S1 sont :

$$M_{\text{elsqp}} = 0 \text{ kN.m/m}$$

$$M_{\text{elscara}} = 29,55 \times (4 / 2 + 0,6) / 1,2 = 64 \text{ kN.mm}$$

$$M_{\text{elu}} = 1,5 M_{\text{els}} = 96 \text{ kN.m/m}$$

On montre que le ferraillage de calcul ($A_{s,\text{els}} = 3,45 \text{ cm}^2/\text{m}$ et $A_{s,\text{elu}} = 4,76 \text{ cm}^2/\text{m}$ avec $d = 0,44 \text{ m}$) est inférieur au ferraillage de non-fragilité.

Par disposition constructive, on souhaite enfin également mettre en place sur la longueur diffusée de 1,20 m une section d'aciers tendus au moins égale à la section des tiges d'ancrage, ce critère est dimensionnant pour le cas de poteaux fixés par des tiges M27 car on a :

$$2 A_s / 1,20 = 2 \times 459 \text{ mm}^2 / 1,20 = 7,65 \text{ cm}^2/\text{m}.$$

2) Ferraillage de la section S2

Ferraillage de non-fragilité

On a $d = 0,6 - 0,05 - \phi / 2 = 542 \text{ mm}$ (pour $\phi = 16 \text{ mm}$).

On trouve $A_{s,\text{min}} = \max(8,17 \text{ cm}^2 ; 7,05 \text{ cm}^2) = 8,17 \text{ cm}^2$

Ferraillage de calcul

On calcule dans un premier temps l'allure et la valeur des contraintes sous la semelle. On en déduit la valeur du moment de flexion dans la section.

	Forme du diagramme de contrainte	Longueur comprimée	Contrainte maximale	Contrainte minimale	Contrainte au droit de la section S2	Moment
		m	kPa	kPa	kPa	kN.m/m
ELS QP	Rectangulaire	1,75	32,45	32,45	32,45	6,34
ELS caractéristique	Triangulaire	1,15	98,55	0,00	45,11	15,77
ELU fondamental 1	Triangulaire	0,99	155,06	0,00	57,06	23,91
ELU fondamental 2	Triangulaire	0,42	272,91	0,00	0,00	27,62

Tableau A.45 : Moment dans la section S2

On montre que le ferraillage de calcul ($A_{s,\text{els}} = 0,69 \text{ cm}^2/\text{m}$ et $A_{s,\text{elu}} = 1.12 \text{ cm}^2/\text{m}$ avec $d = 0,54 \text{ m}$) est inférieur au ferraillage de non-fragilité.

Pour assurer la diffusion des efforts provenant des pieds de poteaux, il convient de positionner des aciers filants dans la nervure et dans la semelle. Ces aciers contribuent aussi à limiter et à répartir la fissuration de retrait. La fondation doit également présenter un ferraillage lui permettant de résister en torsion, puisque c'est le mode de fonctionnement qui permet de passer des efforts ponctuels introduits par les ancrages des poteaux à des contraintes uniformes sous la semelle.

Si on suppose, de façon défavorable, que le moment de torsion T_{ed} est intégralement repris par la section de semelle seule, on a pour le poteau 2 à l'ELU en combinaison fondamentale:

$$T_{\text{ed}} = 1,5 \times 29,55 \times (4 / 2 + 0,6 + 0,6 / 2) = 129 \text{ kN.m}$$

En outre, on suppose que l'effort tranchant V_{ed} (agissant parallèlement au grand côté de la semelle) correspondant est également repris par la semelle, on a $V_{\text{ed}} = 1,5 \times 29,55 = 45 \text{ kN}$.

Les vérifications à produire sont données par les clauses de l'EC2-1-1 6.3.

Pour l'exemple, les contraintes de cisaillement sont faibles (nettement inférieure à 1 MPa) et ne posent pas de problème pour la justification des contraintes dans le béton. Les quantités d'acier à mettre en œuvre sont également modérées, on obtient ainsi pour armatures transversales, disposées perpendiculairement à l'axe de la semelle, $A_{ws} / s > 2,3 \text{ cm}^2/\text{m}$ et pour la somme des aciers longitudinaux $A_{sl} > 8,5 \text{ cm}^2$.

Le schéma de principe de ferrailage de la fondation est le suivant (inspiré du guide « Dimensionnement des massifs de fondation pour les portiques potences et hauts mâts » - Novembre 1999 - Sétra [36]) :

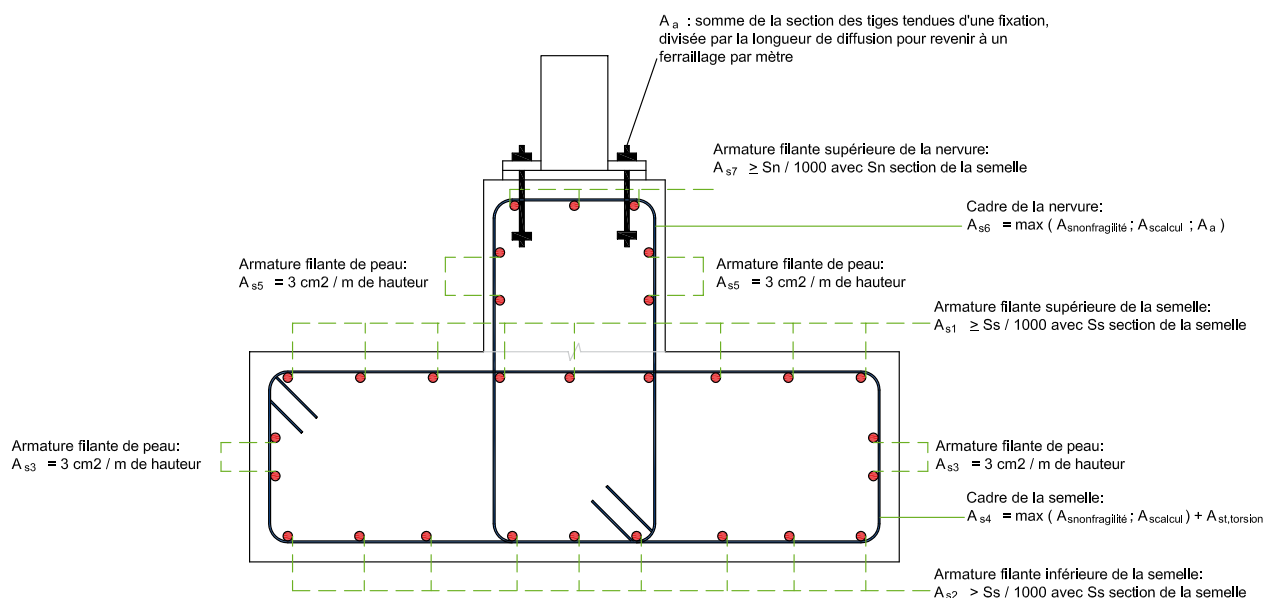


Figure A.27 : Ferrailage de principe de la fondation

Il faut en outre vérifier que la section $A_{s1} + A_{s2} + A_{s3}$ est supérieure la section d'aciers longitudinaux requise pour assurer la résistance à la torsion de la semelle et que la section A_{s4} intègre bien la section d'aciers transversaux requise pour la résistance en torsion de la semelle.

Les cadres verticaux peuvent le cas échéant être resserrés au droit des poteaux pour assurer la reprise des efforts apportés par les ancrages et les diffuser vers la semelle.

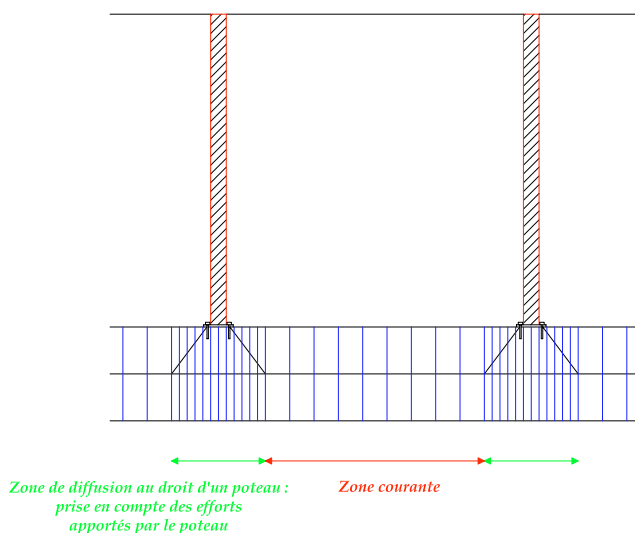


Figure A.28 : Principe de densification des cadres au droit des poteaux

A.4 - Géométrie de platines types

La présente annexe propose une géométrie de platines types et détermine les caractéristiques de ces platines pour des profilés HEA allant du profilé HEA120 au profilé HEA260.

La géométrie de la platine type est donnée par la figure ci-après (voir aussi figure A.14, notamment pour la légende de cotation).

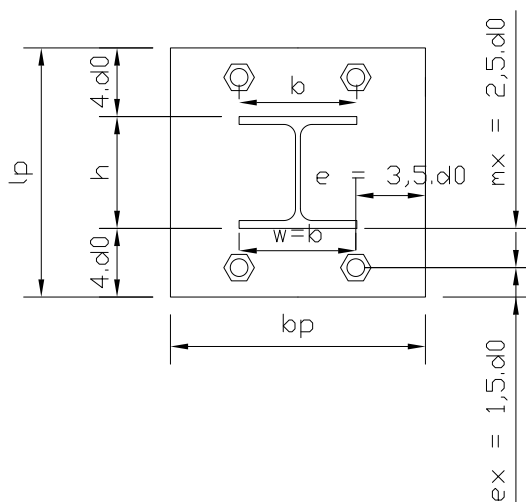


Figure A.29 : Schéma de la platine type fonction du diamètre perçage d_0 et des dimensions du profilé

Cette géométrie est bien sûr susceptible d'être adaptée selon la technologie retenue pour l'écran et en particulier selon la géométrie des panneaux.

Les dimensions en plan de la platine type et les pinces et espacements des tiges dépendent des caractéristiques dimensionnelles des profilés (hauteur h et la largeur de semelle b) et du diamètre du trou d_0 pour passage des tiges, lui-même dépendant du diamètre de la tige. Les platines sont munies de 4 tiges d'ancrage.

Les différentes vérifications de la norme NF EN 1993-1-8 ont été réalisées sur ces platines types. Afin de rester du côté de la sécurité, le torseur sollicitant à l'ELU en combinaison fondamentale est composé d'un effort normal $N_{Ed} = 0$ et d'un moment de flexion M_{Ed} égal au moment résistant élastique $M_{el,HEA,MAX}$ du profilé considéré. Le résultat obtenu est donc un résultat par excès qui majore les dimensions des platines par rapport à un calcul basé sur le moment sollicitant réel. La résistance à rupture des tiges d'ancrage est prise égale à 500 MPa.

Le tableau ci-dessous résume la géométrie des platines obtenues en fonction du moment élastique du profilé de poteau considéré.

Type de profilé	Moment sollicitant à l'ELU en combinaison fondamentale (kN.m)	Longueur de platine l_p (mm)	Largeur de platine b_p (mm)	Epaisseur de platine t (mm)	Boulon (diamètre et classe)
HEA120	24,9	290	274	22	M20 ; 8.8
HEA140	36,4	325	308	26	M22 ; 8.8
HEA160	51,7	360	342	28	M24 ; 8.8
HEA180	69,1	411	390	30	M27 ; 8.8
HEA200	91,4	454	431	32	M30 ; 8.8
HEA220	121,0	498	472	34	M33 ; 8.8
HEA240	158,6	542	513	38	M36 ; 8.8
HEA260	196,5	562	533	44	M36 ; 8.8

Tableau A.46 : Tableau des dimensions de platines types

A.5 - Fiches de cas de réalisation d'écrans acoustiques

Ajouts sur ouvrages existants

Fiche technique n° 1

Département de la Loire A 72 St Étienne - Écrans de la Terrasse

Réalisation 1995, surface d'écran 690 m², surface d'absorbants acoustiques sur parements 818 m².

Prix estimé à 570 000 € TTC au DCE, soit environ 700 €/m².

Écrans absorbants fixés sur murs de soutènement béton armé et tête de trémie plus panneaux absorbants sur parements des murs, sur piédroits en entrée de trémie et écrans sur barrière type DBA, fondée sur semelle superficielle en terre-plein central.

Panneaux d'écrans sur murs supportés par HEA-A 160 fixés sur murs par tiges précontraintes traversantes. Habillage bois à l'arrière. Vérification stabilité interne et externe des murs à partir des plans et notes de calculs de construction.

Panneaux absorbants sur parements des murs et piédroits supportés par profilés 1/2 IPE-A 270 fixés sur maçonneries par tiges filetées scellées.

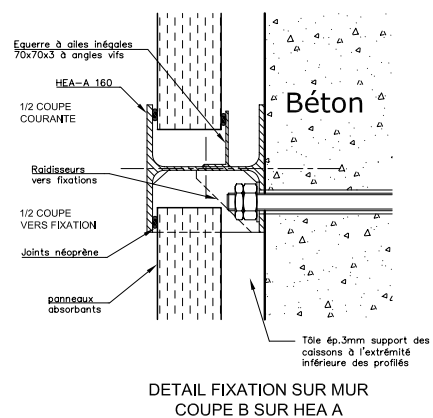
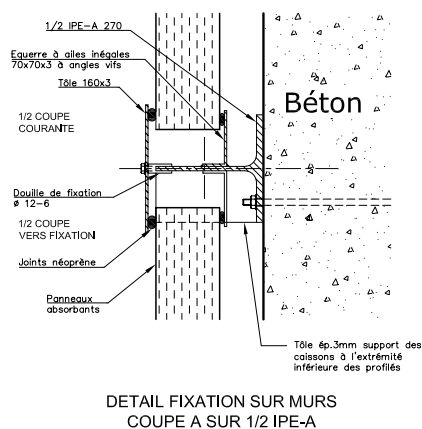
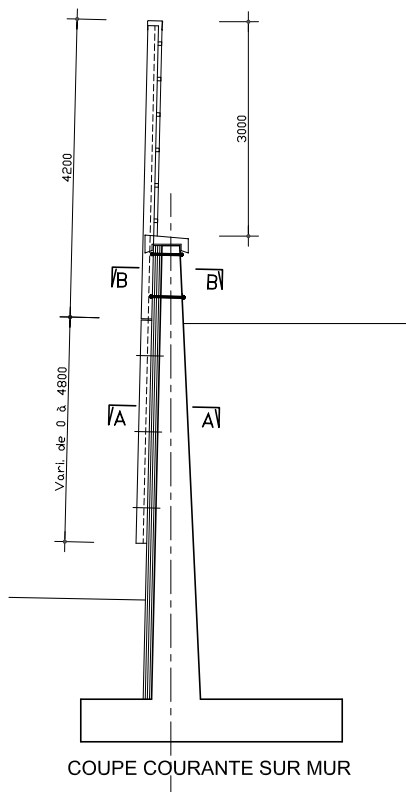
Panneau de l'écran central mis en feuillure entre ailes de HEA-A 220 verticaux fixés par tiges ancrées dans la barrière béton.



Vue générale avant travaux



Vue générale écrans en place



Fiche technique n° 2

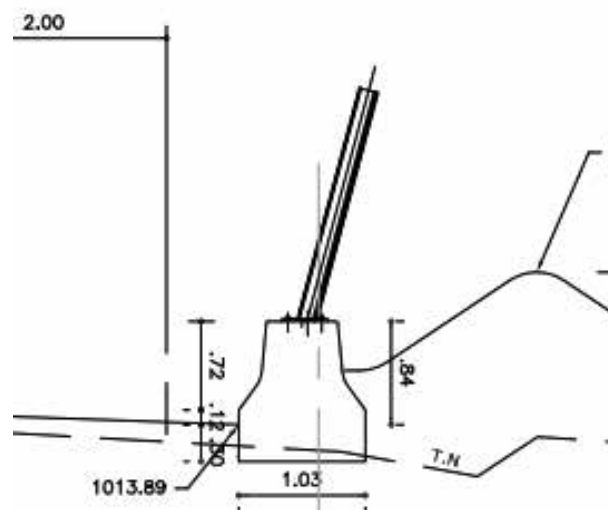
**Département de la Haute Savoie
RN 205 Les Houches
section Montquart Tacconnaz - Écrans EM4**

Écrans réfléchissants transparents fixés sur longrine BA avec profil avant type GBA en béton extrudé, fondée superficiellement sur couche de forme de chaussée non sensible au gel. Poteaux support des panneaux HEA160 inclinés à 15° sur verticale espacés de 2 m. Écran dans zone d'isolement de la barrière.

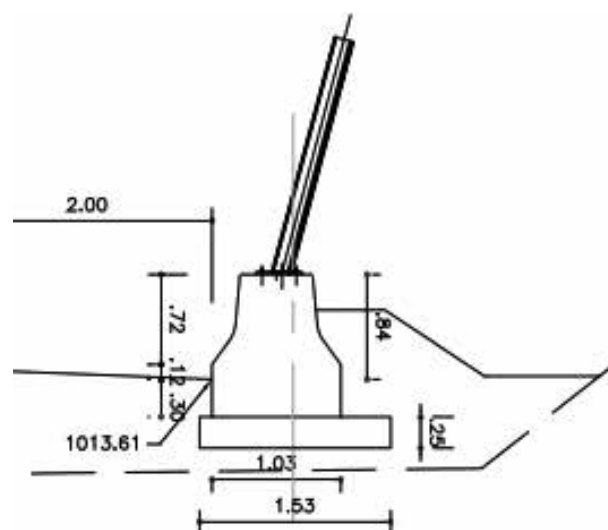
Réalisation 2010. Longueur 96 m, hauteur totale variant de 2,37 m à 3,77 m, avec longrine BA de hauteur vue 0,84 m. Surface d'écran 275 m², surface panneaux PMMA 195 m². Prix 192 000 € TTC soit 998 €/m².



Vue générale



Coupe vers extrémité basse



Coupe vers extrémité Haute



Vue arrière

Fiche technique n° 3

Département de la Haute Savoie
RN 205 Les Houches
section Montquart Tacconnaz - Écrans EM3

Écrans absorbants avec panneaux béton-bois sur longrine en béton extrudé, fondée superficiellement, en crête de talus, sur remblais non gélifs. Poteaux support des panneaux HEA160 verticaux espacés de 4 m.

Réalisation 2010, longueur 304 m, hauteur totale de 2,00 m sur 268 m, hauteur variable de 2,00 m à 2,37 m sur 36 m, avec longrine BA de hauteur vue 0,84 m. Surface d'écran 615 m², surface panneaux béton bois 360 m². Prix 411 200 € TTC soit 718 €/m².

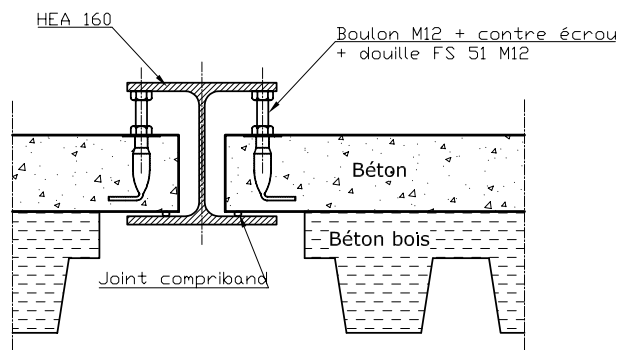
Nota : Loin de la RN, hors zone de rattrapage



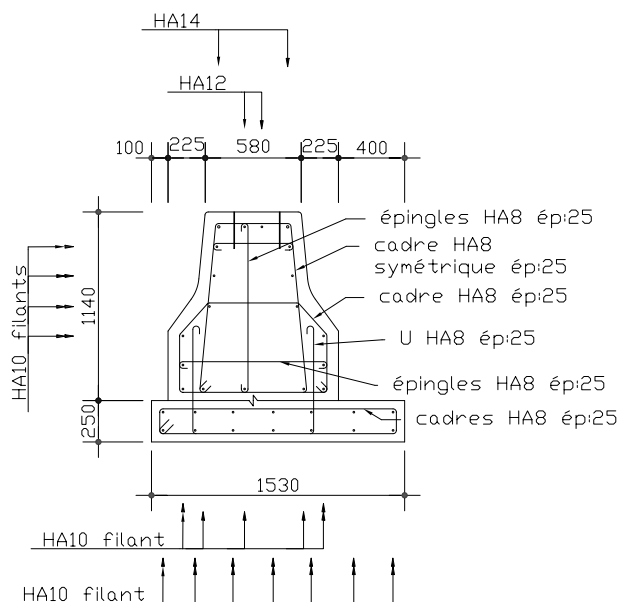
Vue générale face avant



Face avant - poteau et panneaux préfabriqués béton-bois



Dispositif de fixation des panneaux



Ferrailage de la longrine

Fiche technique n° 4

Département de la Haute Savoie
RN 205 Les Houches
section Montquart Tacconnaz - Écrans EM7

Écrans avec panneaux bois absorbants (ht = 2,04 m) sur soubassement béton (0,45 x 0,14 m d'épaisseur) fixés sur poteaux métalliques HEA 180 espacés tous les 4 m, ancrés sur massifs béton armé (semelle 1,90 x 1,20 x 0,40 m d'épaisseur et socle 0,65 x 0,65 x 0,40 m d'épaisseur).

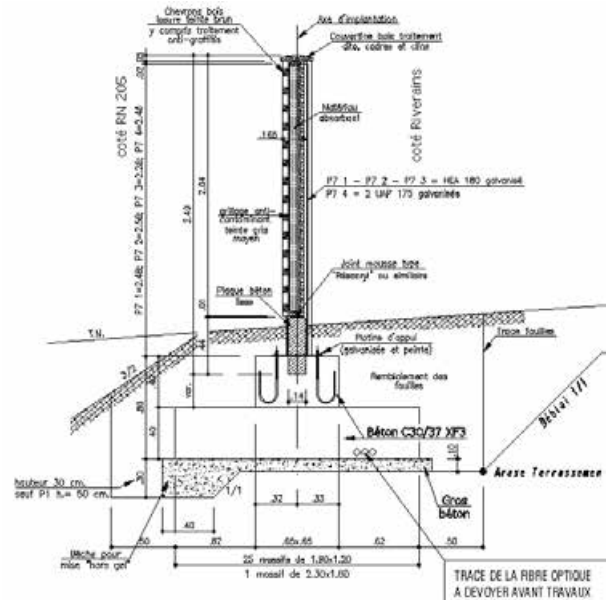
Réalisation : 2010,

Longueur : 100,08 m,

Hauteur totale : 2,49 m,

Surface d'écran : 210 m² de panneaux bois absorbants,

Prix : 112 200 € TTC soit 535 €/m².



Profil type



En phase travaux poteau sur semelle (Photo entreprise)



Vue générale face avant (Source : Dir CE)

Fiche technique n° 5

**Département du Rhône
Ville de Lyon
Boulevard Laurent Bonnevey**

Écran réfléchissant en palplanches.

Réalisation 1979, longueur 426 m, hauteur 5,20 m. Surface d'écran 2215 m². Prix 1 500 000 F TTC actualisé 1 200 000 € environ soit 540 €/m².

L'écran est formé d'une alternance de paires de palplanches SL4 avec un encastrement variant de 3,80 à 7,20 m suivant les caractéristiques du sol et de 4 paires de palplanches SL2 juste fichées dans le sol sur une profondeur d'environ 0,75 m.

Aménagement en extrémité Nord avec inclusion de panneaux transparents. Raccordement avec élément architectural à la tranche 2 en extrémité Sud.



Face avant extrémité Sud raccordement avec tranche 2



Face avant extrémité Nord



Face arrière



Face arrière. Déchaussement de palplanches intermédiaires dû à l'érosion du talus

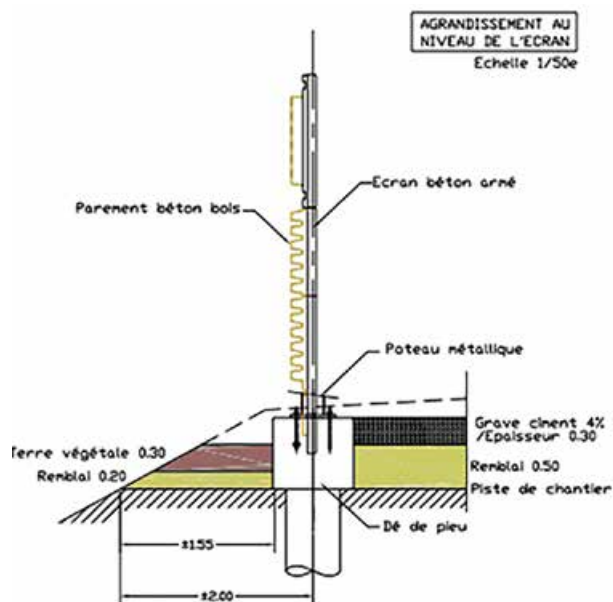
Fiche technique n° 6

Val de Marne
Autoroutes A86

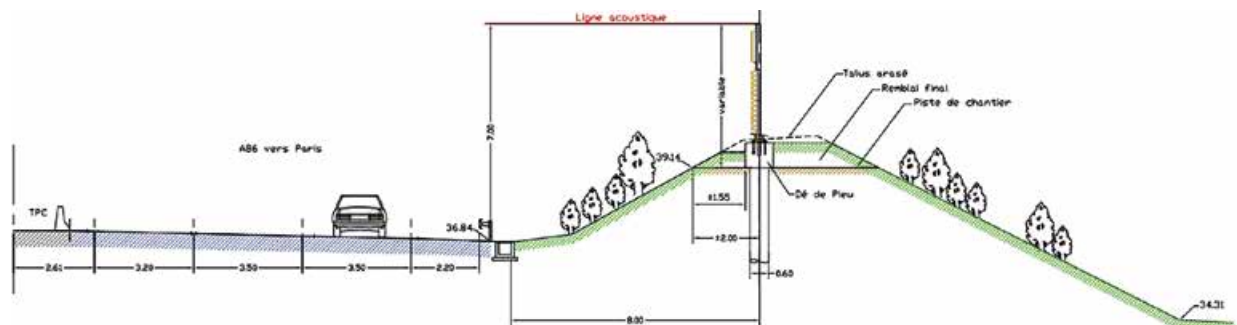
Écran Béton/béton bois sur pieux.
 Réalisation 2012, longueur 700 m,
 hauteur variant de 3,50 à 5,50 m
 sur butte de hauteur variant de 1,50 m à 3,50 m.
 Hauteur totale de la protection 7,00 m.
 Surface d'écran 3 300 m².
 Prix 720 € TTC le m² y compris terrassements.



Vue face avant (Source : DRIEA)



Vue face arrière (Source : DRIEA)



A.6 - Bibliographie

Textes officiels

Eurocodes y compris leurs annexes nationales⁽¹⁸⁾

- [1] Eurocode 0 - Base de calcul des structures
NF EN 1990 : Bases de calcul des structures
NF EN 1990/A1 : Annexe A2 – Application aux ponts

- [2] Eurocode 1 - Actions sur les structures
NF EN 1991-1-1 : Actions générales – Poids volumique, poids propres et charges d'exploitation bâtiments
NF EN 1991-1-3 : Actions générales – Charges de neige
NF EN 1991-1-4 : Actions générales – Actions du vent
NF EN 1991-1-6 : Actions générales – Actions en cours d'exécution
NF EN 1991-1-7 : Actions générales – Actions accidentelles
NF EN 1991-2 : Actions sur les ponts dues au trafic

- [3] Eurocode 2 - Calcul des structures en béton
NF EN 1992-1-1 : Règles générales et règles pour les bâtiments
NF EN 1992-2 : Ponts en béton - Calcul et dispositions constructives

- [4] Eurocode 3 - Calcul des structures en acier
NF EN 1993-1-1 : Règles générales et règles pour les bâtiments
NF EN 1993-1-8 : Calcul des assemblages
NF EN 1993-1-9 : Fatigue
NF EN 1993-5 : Pieux et palplanches

- [5] Eurocode 7 - Calcul géotechnique
NF EN 1997-1 : Règles générales

Normes d'application nationale de l'Eurocode 7

- [6] NF P94-261 - Fondations superficielles - Juin 2013
- [7] NF P94-262 - Fondations profondes - Juillet 2012

Bruit et réglementation

- [8] Loi n° 92-1444 du 31 décembre 1992 relative à la lutte contre le bruit, dite loi « bruit »
- [9] Directive n° 2002/49/CE du 25 juin 2002 relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement
- [10] Code de l'Environnement
- [11] Arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières
- [12] Arrêté du 8 novembre 1999 relatif au bruit des infrastructures ferroviaires
- [13] Arrêté du 30 mai 1996 relatif aux modalités de classement des infrastructures de transports terrestres et à l'isolement acoustique des bâtiments d'habitation dans les secteurs affectés par le bruit
- [14] Décret du 24 mars 2006 et arrêté du 4 avril 2006, relatifs à l'établissement des cartes et des plans de prévention du bruit dans l'environnement
- [15] Décret du 9 janvier 1995 relatif à la limitation du bruit des aménagements et infrastructures de transport terrestre

(18) Par souci de lisibilité les dates de ces normes ne sont pas mentionnées.

Normes internationales

- [16] NF EN 206 / CN - Béton : Spécification, performance, production et conformité - Décembre 2014
- [17] NF EN 1317 - Dispositifs de retenue routiers
Partie 1 : Terminologie et dispositions générales pour les méthodes d'essais - Septembre 2010
Partie 2 : Classes de performance, critères d'acceptation des essais de choc et méthodes d'essai pour les barrières de sécurité incluant les barrières de bord d'ouvrages d'art - Septembre 2010
- [18] NF EN 1793 - Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier - Méthode d'essai pour la détermination de la performance acoustique
Partie 1 : Caractéristiques intrinsèques de l'absorption acoustique - Janvier 2013
Partie 2 : Caractéristiques intrinsèques de l'isolation aux bruits aériens dans des conditions de champ acoustique diffus - Janvier 2013
Partie 3 : Spectre sonore normalisé de la circulation - Novembre 1997
Partie 6 : Caractéristiques intrinsèques - Valeurs *in situ* d'isolation aux bruits aériens dans des conditions de champ acoustique direct - Janvier 2013
- [19] NF EN 1794 - Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier - Performances non acoustiques
Partie 1 : Performances mécaniques et exigences en matière de stabilité - Mars 2011
Partie 2 : Exigences générales pour la sécurité et l'environnement - Mars 2011
- [20] NF EN 14389 - Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier - Méthodes d'évaluation des performances à long terme
Partie 1 : Caractéristiques acoustiques - Juillet 2015
Partie 2 : Caractéristiques non acoustiques - Juillet 2015
- [21] NF EN 14388 - Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier - Spécifications - Décembre 2005
- [22] NF EN 335 - Durabilité du bois et des matériaux à base de bois - Classes d'emploi : définitions, application au bois massif et aux matériaux à base de bois - Mai 2013
- [23] NF EN 15804+A1 - Contribution des ouvrages de construction au développement durable - Déclarations environnementales sur les produits - Règles régissant les catégories de produits de construction et son complément national, la norme XP P01-064/CN - Avril 2014

Directives européennes et application nationale

- [24] Directive européenne 89/106/CEE - Produits de construction
- [25] Arrêté du 24 avril 2006 portant application aux dispositifs antibruit routiers du décret n° 92-647 du 8 juillet 1992 modifié concernant l'aptitude à l'usage des produits de construction
- [26] Règlement Européen des Produits de Construction (RPC) - Règlement (UE) n° 305/2011 du 9 mars 2011 entrant en vigueur le 1^{er} juillet 2013

Cahier des clauses techniques générales

- [27] Fascicule 56 du CCTG - Protection des ouvrages métalliques contre la corrosion

Fascicule de documentation

- [28] FD P18-464 - Béton - Dispositions pour prévenir les phénomènes d'alcali-réaction - 2014

Ouvrages de référence

Guides, notes d'informations et articles Certu, Sétra ou Cerema

- [29] NMPB 2008 - Prévion du bruit routier - 2 - Méthode de calcul de propagation du bruit incluant les effets météorologiques - Juin 2009 - Sétra
- [30] Note d'information n° 89 de septembre 2009 - « Protections acoustiques : Enjeux et modalités d'insertion dans le paysage » - Sétra
- [31] Barrières de sécurité pour la retenue des poids lourds (barrières de niveau H2 ou H3) - Collection du guide technique GC - Septembre 1999 - Sétra
- [32] Article Bulletin Ouvrages d'Art n° 49 « Proposition pour la vérification à la fatigue des portiques, potences et hauts mâts » - Juillet 2015 - Sétra
- [33] Article du congrès AIPCR de 2007 à Paris « Signalisation verticale : amélioration de sa résistance au vent »
- [34] « Les écrans acoustiques - Guide de conception et de réalisation » - Décembre 2007 - Certu
- [35] « Recommandations pour la prévention des désordres dus à la réaction sulfatique interne » - Guide technique Août 2007 - LCPC
- [36] « Dimensionnement des massifs de fondation pour les portiques potences et hauts mâts » - Novembre 1999 - Sétra

Autres documents de référence

- [37] Rapport OMS "Burden of disease from environmental noise - Quantification of healthy life years lost in Europe" JRC - 2011
- [38] « Ecrans acoustiques en béton : le choix du silence, un choix pour l'avenir » - Avril 2010 - Collection Technique Cimbéton - T45 - Cimbéton
- [39] « Calcul de pieds de poteaux » - Projet européen SKILLS - <https://www.cticm.com/content/projet-skills>.

© 2017 - Cerema

Le Cerema, l'expertise publique pour le développement durable des territoires.

Le Cerema est un établissement public, créé en 2014 pour apporter un appui scientifique et technique renforcé dans l'élaboration, la mise en œuvre et l'évaluation des politiques publiques de l'aménagement et du développement durables. Centre d'études et d'expertise, il a pour vocation de diffuser des connaissances et savoirs scientifiques et techniques ainsi que des solutions innovantes au cœur des projets territoriaux pour améliorer le cadre de vie des citoyens. Alliant à la fois expertise et transversalité, il met à disposition des méthodologies, outils et retours d'expérience auprès de tous les acteurs des territoires : collectivités territoriales, organismes de l'État et partenaires scientifiques, associations et particuliers, bureaux d'études et entreprises.

Toute reproduction intégrale ou partielle, faite sans le consentement du Cerema est illicite (loi du 11 mars 1957). Cette reproduction par quelque procédé que se soit, constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

Coordination et suivi d'édition › Cerema, Direction technique infrastructures de transport et matériaux, Département de la valorisation technique, Pôle édition multimédia : **Pascale Varache**

Mise en page › **Domigraphic - 17 avenue Aristide Briand - 91550 Paray-Vieille-Poste**

Illustration couverture › © Cerema

Illustrations intérieures hors mention spécifique › © Cerema, © Dir Est, © DRIEA

Impression › **Graph Imprim - France Repro - 9-11, rue Sinclair - 94000 Créteil - Tél : 01 48 93 85 85**

Cet ouvrage a été imprimé sur du papier issu de forêts gérées durablement (norme PEFC) et fabriqué proprement (norme ECF). L'imprimerie Graph Imprim est une installation classée pour la protection de l'environnement et respecte les directives européennes en vigueur relatives à l'utilisation d'encre végétales, le recyclage des rognures de papier, le traitement des déchets dangereux par des filières agréées et la réduction des émissions de COV.

Achévé d'imprimer : **juillet 2017**

Dépôt légal : **juillet 2017**

ISBN : **978-2-37180-200-1**

ISSN : **2276-0164**

Prix : **80 €**

Pour toute correspondance › **Cerema - Direction technique infrastructures de transport et matériaux - Bureau de vente - BP 214 77487 Provins Cedex**

ou par mail › **bventes.DTeclTM@cerema.fr**

www.cerema.fr › Rubrique « Nos éditions »

La collection « Références » du Cerema

Cette collection regroupe l'ensemble des documents de référence portant sur l'état de l'art dans les domaines d'expertise du Cerema (recommandations méthodologiques, règles techniques, savoirs-faire...), dans une version stabilisée et validée.

Destinée à un public de généralistes et de spécialistes, sa rédaction pédagogique et concrète facilite l'appropriation et l'application des recommandations par le professionnel en situation opérationnelle.

Conception et calcul du génie civil des écrans de protection phonique routiers

Le bruit figure parmi les préoccupations importantes des français, car il est perçu comme une grave atteinte à la qualité de vie. Le bruit est également une préoccupation des organisations s'occupant de la santé. Les exigences sociétales actuelles de protection des citoyens contre les nuisances dues au bruit conduisent les propriétaires de voiries routières ou ferrées à investir de manière très importante sur leurs réseaux.

Le présent guide traite de la conception de l'ossature support des écrans acoustiques destinés à équiper les infrastructures routières, point qui n'est que trop brièvement évoqué dans les documents existants, et qui est pourtant source de complexité, notamment pour son exécution dans un contexte urbain, mais aussi pour les justifications, du fait des nombreux paramètres qui interviennent, par exemple dans l'évaluation des effets du vent.

Ce document permet de maîtriser la conception générale du génie civil des écrans acoustiques dans des situations de projet variées et de dimensionner les éléments structuraux principaux en accord avec les Eurocodes.

Il s'adresse tant aux maîtres d'ouvrage qu'aux maîtres d'œuvre et bureaux d'études pour expliciter clairement les choix du maître d'ouvrage et pour décrire de bonnes pratiques professionnelles quant à la conception et à la justification de ces ouvrages.

Le guide se limite aux écrans acoustiques implantés en rive de voiries routières. Le franchissement de brèche en rive de ponts est volontairement exclu, une étude au cas par cas étant alors nécessaire. Les contraintes particulières liées à la conception d'écrans au sein d'emprises ferroviaires ne sont pas évoquées dans le présent guide, mais le lecteur pourra y trouver utilement des éléments de réflexion. Le guide n'aborde ni la définition des zones à protéger, ni le niveau de protection souhaité, qui relèvent d'une étude acoustique.

Aménagement et développement des territoires, égalité des territoires - Villes et stratégies urbaines - Transition énergétique et changement climatique - Gestion des ressources naturelles et respect de l'environnement - Prévention des risques - Bien-être et réduction des nuisances - Mobilité et transport - Gestion, optimisation, modernisation et conception des infrastructures - Habitat et bâtiment

Prix 80 €

ISSN : 2276-0164

ISBN : 978-2-37180-200-1



9 782371 802001

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement - www.cerema.fr

Direction technique infrastructures de transport et matériaux - 110 rue de Paris - 77171 Sourdun - Tél. +33 (0)1 60 52 31 31

Siège social : Cité des mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél. +33 (0)4 72 14 30 30