



SERVICE PUBLIC DE WALLONIE

Document de référence Qualiroutes – J – 1

Ecrans et parements antibruit

Édition du 01/01/2019

Table des matières

1. Généralités.....	5
1.1. Contexte normatif.....	5
1.2. Terminologie	5
1.2.1. Ecrans absorbants	5
1.2.2. Parements absorbants	6
2. Performances relatives à la mise en application de la norme NBN EN 14388	6
2.1. Performances acoustiques en laboratoire: absorption et isolation	6
2.2. Performances acoustiques in situ: absorption et isolation	6
2.3. Charges dues au vent et charge statique	7
2.4. Poids propre.....	7
2.5. Impact des pierres.....	7
2.6. Sécurité en cas de collision (sécurité des occupants).....	7
2.7. Sécurité en cas de collision (écran antibruit et barrière de sécurité).....	7
2.8. Charge dynamique due au déblaiement de la neige.....	7
2.9. Résistance au feu de broussailles	8
2.10. Danger de chute de débris.....	8
2.11. Protection de l'environnement.....	8
2.12. Moyens d'évacuation	8
2.12.1. Généralités	8
2.12.2. Schémas de principe	10
2.12.3. Signalisation	11
2.13. Réflexion de la lumière	16
2.14. Transparence	16
2.15. Evaluation de la diffraction.....	16
2.16. Substances dangereuses	16
2.17. Exigences	16
2.18. Durabilité des performances	16
2.18.1. Performances acoustiques	16
2.18.2. Performances non acoustiques.....	17
3. Dispositions générales	17
3.1. Fondations	17
3.1.1. Fondation en béton armé pour ossature verticale.....	17
3.1.2. Béton maigre.....	17
3.1.3. Pieux en béton	17
3.2. Structure portante	18
3.2.1. Ossature verticale	18
3.2.2. Plinthes préfabriquées en béton armé.....	18
3.2.3. Plinthes en béton armé coulées en place	19

3.3.	Dispositifs de fixation et d'ancrage	19
3.4.	Eléments de protection, d'étanchéité et de calage	19
3.4.1.	Protection du matériau absorbant.....	19
3.4.2.	Eléments de calage mécanique et d'étanchéité.....	19
3.5.	Dispositions spécifiques au niveau des équipements électromécaniques	20
3.5.1.	Parements équipant les corps des tunnels	20
3.5.2.	Parements équipant les trémies de tunnel.....	20
3.6.	Positionnement des écrans	20
3.6.1.	Sur ouvrages d'art.....	20
3.6.2.	En bordure de chaussée	21
4.	Dispositifs de réduction du bruit.....	21
4.1.	Ecrans et parements métalliques	21
4.1.1.	Ecrans métalliques	21
4.1.2.	Parements absorbants métalliques	24
4.2.	Ecrans en béton	25
4.3.	Ecrans en matériaux synthétiques.....	25
4.4.	Ecrans absorbant double-face.....	26
5.	Matériaux constitutifs des écrans	26
5.1.1.	Acier des lisses horizontales des écrans à caissons verticaux	26
5.1.2.	28
5.2.	Aluminium	28
5.2.1.	Aluminium des caissons et des grilles	28
5.2.2.	Aluminium des lisses inférieures des écrans à caissons verticaux et des lisses des parements absorbants	28
5.3.	Béton	29
5.3.1.	Béton structural.....	29
5.3.2.	Béton non structural	29
5.4.	Matériaux synthétiques	29
5.4.1.	Chlorure de polyvinyle (PVC)	29
5.5.	Matériaux absorbants.....	29
5.5.1.	Laine de verre	30
5.5.3.	Autres matériaux	30
5.6.	Voile de protection.....	30
5.7.	Visserie et boulonnerie	30
6.	Dimensionnement et stabilité	32
6.1.	Calculs et plans.....	32
6.2.	Hypothèses de calcul à considérer.....	32
6.2.1.	Actions et combinaisons de charges	32
6.2.2.	Déformations.....	32
6.2.3.	Méthodes de calcul	32

6.2.4.	Profilés battus dans le sol et socles de support.....	33
6.2.5.	Stabilité de la structure fondée sur pieux battus dans le sol	33

1. GENERALITES

1.1. Contexte normatif

Le présent document a pour objet de définir les spécifications du chapitre J-11 du document QUALIROUTES en matière d'écrans et de parements antibruit absorbants.

La norme NBN EN 14388 est d'application, en la qualité de sa dernière version (y compris les éventuels amendements). Le présent document reprend les spécifications relatives à l'application de la NBN EN 14388 ainsi que des exigences complémentaires (dispositions constructives, aspect visuel...).

Le domaine d'application de ce document est identique à celui de la NBN EN 14388. N'appartiennent pas à ce domaine les revêtements routiers silencieux (exemple: les enrobés drainants) qui réduisent le bruit à la source, les levées de terre, les semi-couvertures ou couvertures complètes de chaussée, les damiers phoniques.

1.2. Terminologie

La terminologie utilisée dans le présent document se réfère au point "Termes et définitions" de la NBN EN 14388, reprenant les définitions suivantes:

- élément acoustique: élément dont la fonction principale est de fournir la performance acoustique du dispositif.
- élément structurel: élément dont la fonction principale est de soutenir ou de maintenir en place les éléments acoustiques.
- parement: dispositif de réduction du bruit qui est fixé à un mur ou à une autre structure pour réduire la quantité de son réfléchi.
- couverture: dispositif de réduction du bruit qui couvre la route ou la surplombe en porte-à-faux.
- dispositif additionnel: composant supplémentaire qui influe sur les performances acoustiques du dispositif d'origine de réduction du bruit qui principalement agit sur l'énergie diffractée.

NOTE: Les écrans antibruit, les parements et les couvertures peuvent comporter à la fois des éléments acoustiques et des éléments structuraux.

Le présent document distingue plusieurs types de systèmes antibruit:

- les écrans ou parements métalliques;
- les écrans ou parements en matériaux synthétiques;
- les écrans en béton.

1.2.1. Ecrans absorbants

Les écrans absorbants sont généralement constitués de panneaux ou caissons amovibles maintenus par une ossature verticale constituée de poteaux en acier ou en béton fichés dans le sol. Les panneaux sont emboîtés entre les poteaux verticaux.

Dans le cas d'une disposition verticale des caissons, ceux-ci sont emboîtés entre des lisses horizontales en acier fixées à l'ossature verticale.

Les panneaux acoustiques contiennent un matériau absorbant pouvant travailler jusqu'à saturation d'humidité, stable et ne présentant pas de déformations ou d'affaissements dans le temps.

1.2.2. Parements absorbants

Ces éléments sont employés en revêtement d'un mur ou d'un plafond. Ils sont disposés entre des lisses en acier fixées à la paroi.

Les lisses en acier sont galvanisées à chaud selon les prescriptions des normes NBN EN ISO 1461 et NBN EN ISO 14713.

2. PERFORMANCES RELATIVES A LA MISE EN APPLICATION DE LA NORME NBN EN 14388

2.1. Performances acoustiques en laboratoire: absorption et isolation

Les caractéristiques relatives à l'absorption acoustique sont déterminées conformément à la norme NBN EN 1793-1.

La valeur de l'indice d'évaluation de l'absorption DL_{α} de l'écran, dont la définition est reprise dans la dite norme, doit être égale ou supérieure à 10dB(A).

Les caractéristiques relatives à l'isolation acoustique sont déterminées conformément à la norme NBN EN 1793-2.

La valeur de l'indice d'évaluation de l'absorption DL_R de l'écran, dont la définition est reprise dans la dite norme, doit être égale ou supérieure à 25dB(A).

2.2. Performances acoustiques in situ: absorption et isolation

Les caractéristiques relatives à l'absorption acoustique in situ sont déterminées conformément à la norme NBN EN 1793-5. Notons que par "in situ", on en entend des essais réalisés sur un site normalisé conformément aux dispositions prévues à la norme reprise ci-avant.

La valeur de l'indice d'évaluation de l'absorption in situ DL_{RI} de l'écran, dont la définition est reprise dans la dite norme, doit être égale ou supérieure à 5 dB(A).

Les caractéristiques relatives à l'isolation acoustique in situ sont déterminées conformément à la norme NBN EN 1793-6. Notons que par "in situ", on en entend des essais réalisés sur un site normalisé conformément aux dispositions prévues à la norme reprise ci-avant.

La valeur de l'indice d'évaluation de l'isolation in situ $DL_{SI,E}$ de l'écran pour le panneau, dont la définition est reprise dans la dite norme, doit être égale ou supérieure à 28 dB(A).

La valeur de l'indice d'évaluation de l'isolation in situ $DL_{SI,P}$ de l'écran pour le poteau, dont la définition est reprise dans la dite norme, doit être égale ou supérieure à 26 dB(A).

2.3. Charges dues au vent et charge statique

Le fabricant déclare les performances définies par la norme NBN EN 14388. Ces valeurs sont déterminées suivant les méthodes décrites dans l'annexe A de la norme NBN EN 1794-1.

Les valeurs déclarées sont prises en compte dans le calcul de stabilité établi par l'adjudicataire suivant les prescriptions du point 6 du présent document: "Dimensionnement et stabilité".

2.4. Poids propre

Le fabricant déclare les performances définies par la norme NBN EN 14388. Ces valeurs sont déterminées suivant les méthodes décrites dans l'annexe B de la norme NBN EN 1794-1.

Les valeurs déclarées sont prises en compte dans le calcul de stabilité produit par l'adjudicataire suivant les prescriptions du point 6 du présent document: "Dimensionnement et stabilité".

2.5. Impact des pierres

La résistance à l'impact des pierres des écrans et parements est déterminée suivant la méthode décrite dans l'annexe C de la norme NBN EN 1794-1.

Aucun matériau ne peut être traversé ou déchiré par l'impact et le rapport d'essai doit comporter une évaluation satisfaisante de la performance du produit.

2.6. Sécurité en cas de collision (sécurité des occupants)

En général, il n'est pas exigé que les dispositifs de réduction du bruit supportent l'impact d'un véhicule. Ces impacts sont évités par la présence d'un système de retenue indépendant ou par une distance suffisante par rapport à la route.

Le présent document ne définit donc pas d'exigence générale.

Si, pour un marché particulier, l'implantation ne permet pas de protections du dispositif de réduction du bruit et que celui-ci risque de supporter l'impact d'un véhicule, les documents du marché définissent les performances exigées en tant que système de retenue et leur vérification conformément à l'annexe D de la NBN EN 1794-1.

2.7. Sécurité en cas de collision (écran antibruit et barrière de sécurité)

Idem 2.6.

2.8. Charge dynamique due au déblaiement de la neige

Le présent document ne définit pas d'exigence générale.

Si, pour un marché particulier, le dispositif de réduction du bruit risque d'être endommagé par la neige et la glace projetées par un chasse-neige, les documents du marché définissent les performances exigées et leur vérification conformément à l'annexe E de la

NBN EN 1794-1: Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier – Performances non-acoustiques – Partie 1: Performances mécaniques et exigences en matière de stabilité.

2.9. Résistance au feu de broussailles

Le présent document ne définit pas d'exigence générale.

Si, pour un marché particulier, un risque important de feu de broussailles est à craindre ou que l'incendie d'un écran sur ce site implique des conséquences graves, les documents du marché définissent les performances exigées et leur vérification conformément à l'annexe A de la NBN EN 1794-2.

2.10. Danger de chute de débris

En général, l'impact d'un véhicule sur un dispositif de réduction du bruit est évité par la présence d'un système de retenue indépendant ou par une distance suffisante par rapport à la route.

Le présent document ne définit donc pas d'exigence générale.

Si, pour un marché particulier, l'implantation ne permet pas de protection du dispositif de réduction du bruit et que celui-ci risque de supporter l'impact d'un véhicule, les documents du marché définissent les performances exigées en matière de danger de chute de débris et leur vérification conformément à l'annexe B de la NBN EN 1794-2.

2.11. Protection de l'environnement

Les matériaux constitutifs et leurs produits constituants doivent être identifiés conformément à l'annexe C de la NBN EN 1794-2.

2.12. Moyens d'évacuation

La norme NBN EN 1794-2 et son annexe D sont d'application.

En complément, les prescriptions suivantes relatives aux issues de secours sont respectées.

2.12.1. Généralités

Si un écran antibruit est d'une longueur supérieure ou égale à 1000 m alors une issue de secours est installée environ tous les 500 m en prenant en considération l'accessibilité et la praticabilité de celle-ci. A cette fin, un revêtement durable et présentant une stabilité à long terme sera disposé au niveau de cette sortie de secours. L'accessibilité des passages par les deux côtés doit être garantie.

La position des ouvertures de sécurité ou des portes de secours ne doit en aucun cas induire une réduction de la protection engendrée par l'installation des écrans. Par conséquent, ces ouvertures et portes ne peuvent se trouver à une distance inférieure à 10m des habitations.

Parmi les dispositifs envisageables, l'installation d'ouverture par recouvrement est privilégiée. Les ouvertures doivent être réalisées conformément aux schémas disponibles en au point 2.12.2. De plus, il conviendra d'assurer une qualité de protection aux nuisances

sonores comparable à celle des écrans antibruit installés. Les écrans situés en partie avant du recouvrement devront présenter des caractéristiques absorbantes double-face afin de limiter au maximum les réflexions d'ondes sur une longueur "a", déterminée conformément aux schémas du point 2.12.2.

En fonction des cas rencontrés, trois configurations peuvent être envisagées lors de la conception des ouvertures par recouvrement. Celles-ci sont schématisées au point 2.12.2. De manière générale, la distance entre la partie avant et arrière de l'ouverture est comprise entre 0,9m et 1,5m de large. Soulignons que cette ouverture devra être aussi petite que possible pour des raisons de sécurité et d'acoustique. Le dépassement des dimensions reprises ci-dessus devra être motivé et une étude réalisée afin de vérifier la pertinence de la proposition.

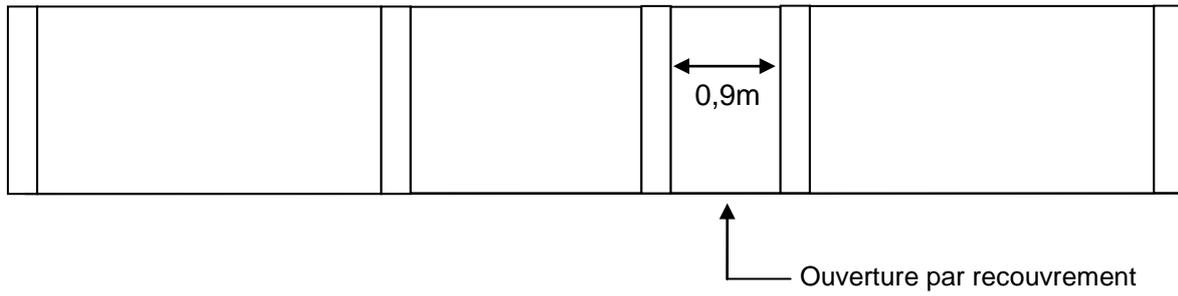
Remarques:

Dans l'hypothèse où une ouverture par recouvrement n'est pas envisageable, le pouvoir adjudicateur peut recourir à l'utilisation de portes de secours. Celles-ci doivent être accessibles tant par la route que par la partie arrière de l'écran et fonctionner par l'utilisation d'une poignée. Les portes de secours doivent être équipées d'un système de fermeture automatique (charnières à fermeture automatique ou autre système). La conception de la porte et de l'ensemble des mécanismes de verrouillage doit être telle qu'elle assure leur fonction à long terme. Les dimensions de ces portes doivent remplir les prescriptions suivantes: 0,9m de largeur au minimum et 2,1m de haut au minimum.

De plus, un système d'étanchéité au bruit (joints ou autre système) doit être placé afin d'empêcher toute fuite de bruit. Les portes devront être dotées d'un système de protection acoustique comparable à celui des écrans placés et répondant aux mêmes prescriptions que ceux-ci.

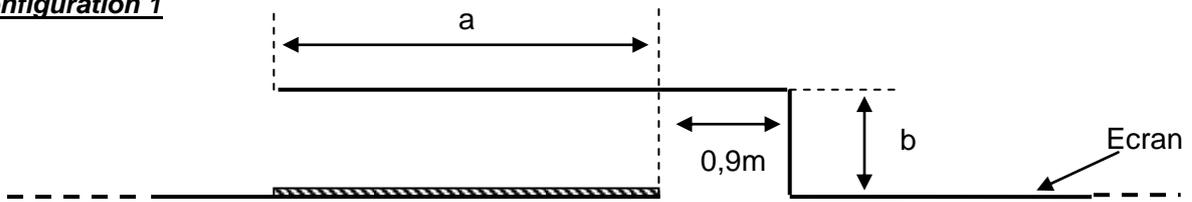
2.12.2. Schémas de principe

Vue de face:

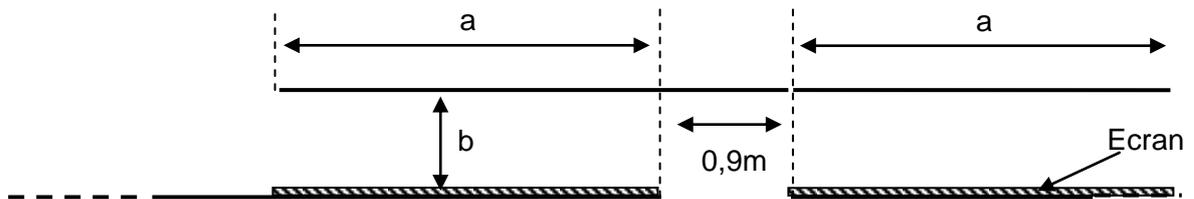


Vues en plan:

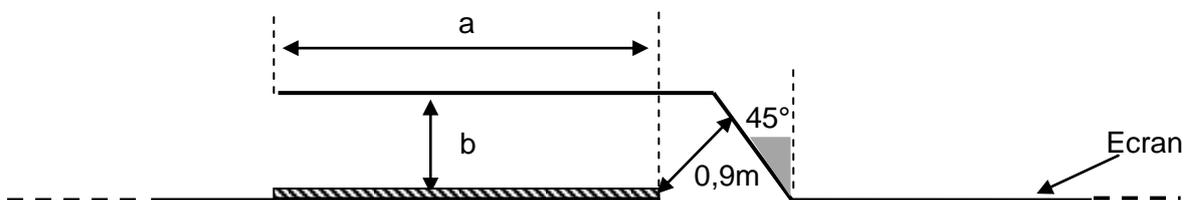
Configuration 1



Configuration 2



Configuration 3



$$0,9\text{m} \leq b < 1,50\text{m}$$
$$a \geq 3b$$

Légende:

: Ecran absorbant double-face

2.12.3. Signalisation

L'installation d'écrans constituant un cloisonnement de la route, on peut considérer que les recommandations applicables au cadre des écrans antibruit peuvent se baser sur ce texte.

2.12.3.1. Signalisation des issues de secours

Pour les écrans antibruit d'une longueur supérieure ou égale à 1000m, la signalisation des issues de secours est obligatoire. Au niveau de l'issue de secours, elle est assurée au moyen des signaux de type F52 illustrés en page 12, disposés à gauche et à droite, au droit de l'issue de secours, l'un visible dans le sens de la circulation et l'autre dans le sens inverse. Ceux-ci sont placés à une hauteur de 1,5m au minimum.

Les signaux F52 disposent au minimum des dimensions suivantes: 700mm x 700mm, ainsi que d'un film rétro réfléchissant de type 2. Les différentes dimensions relatives à ce type de signalisation sont précisées au schéma de la page 13. Les signaux sont conformes au C. 53. de QUALIROUTES.

2.12.3.2. Jalonnement piétonnier des issues de secours

Le jalonnement piétonnier des issues de secours est obligatoire. Il est assuré par l'utilisation de panneaux signalétiques F52bis modifié (haut/bas), illustrés en page 14 implantés conjointement à gauche et à droite de l'issue, perpendiculairement à l'axe de la route et espacés tous les 100m.

Ces signaux sont placés à une hauteur de 2m au-dessus du niveau de la voie d'évacuation et disposent des dimensions minimales suivantes: 1100mm x 400mm ainsi que d'un film rétro réfléchissant de type 2. Les différentes dimensions relatives à ce type de signalisation sont précisées au schéma de la page 15. Les signaux sont conformes au C. 53. de QUALIROUTES.

Remarque:

Dans l'hypothèse de l'utilisation d'une porte de secours, une signalisation F52 sera apposée au-dessus de la porte en plus des dispositifs initialement prévus pour les issues de secours en général.

F52.1



Type 700 x 700

"Indication d'une issue
de secours dans les tunnels"

MET - D112
V. SCHAFER
20/11/2006

F52.2

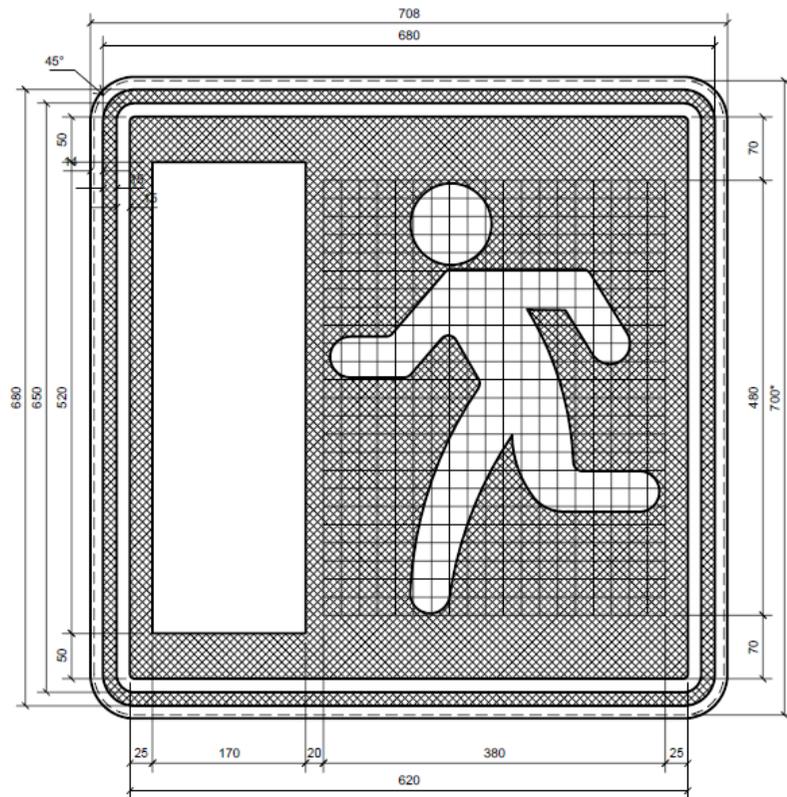


Type 700 x 700

"Indication d'une issue
de secours dans les tunnels"

MET - D112
V. SCHAFER
20/11/2006

F52.1



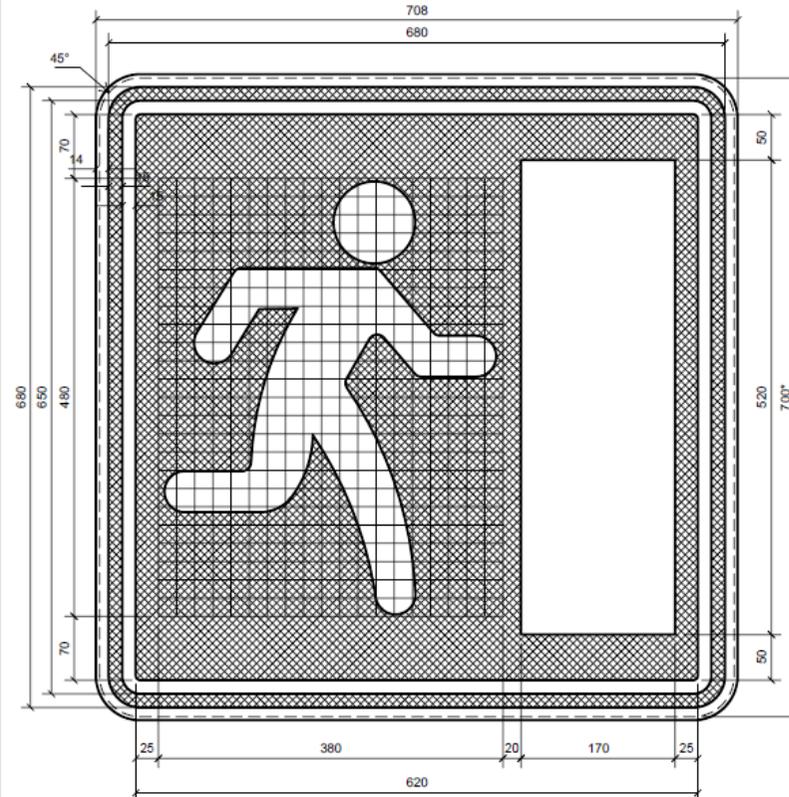
* dimensions de la tôle découpée.

Type 700 x 700

"Indication d'une issue
de secours dans les tunnels"

MET - D112
V. SCHAFFER
20/11/2008

F52.2



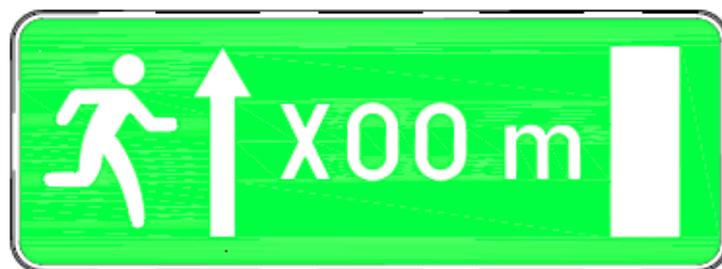
* dimensions de la tôle découpée.

Type 700 x 700

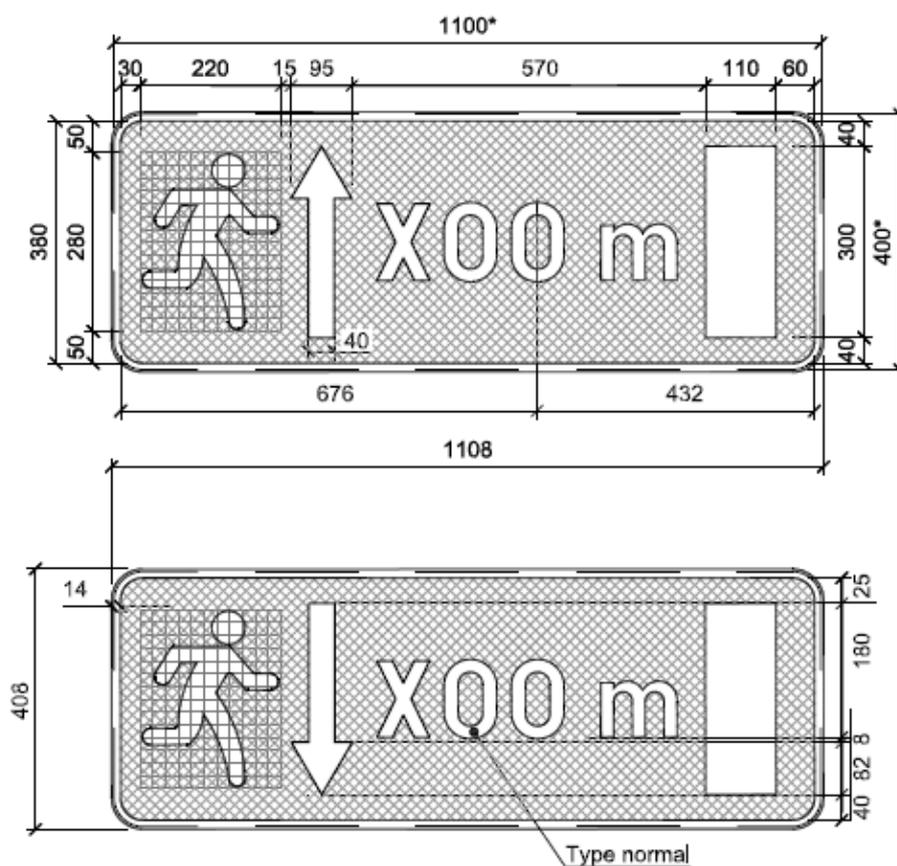
"Indication d'une issue
de secours dans les tunnels"

MET - D112
V. SCHAFFER
20/11/2008

F52 bis



F52 bis



* dimensions de la tôle découpée.

2.13. Réflexion de la lumière

La lumière est réfléchiée par les surfaces lisses suivant un degré dépendant de l'angle d'incidence. Les problèmes de réflexion sont susceptibles d'être spécifiques à l'interaction des produits avec les conditions du site. C'est pourquoi la norme NBN EN 1794-2 ne prescrit aucune valeur limite de réflexion pouvant être appliquée de manière universelle.

Le présent document ne définit donc pas non plus une exigence générale.

Si, pour un marché particulier, le site présente des conditions telles que la réflexion du soleil ou des feux de routes peut être suffisamment forte pour surprendre ou éblouir les conducteurs, les documents du marché définissent les performances exigées et leur vérification conformément à l'annexe E de la NBN EN 1794-2.

2.14. Transparence

Etant donné que le présent document concerne uniquement les écrans absorbants, ce point est sans objet.

2.15. Evaluation de la diffraction

Ce point est sans objet.

2.16. Substances dangereuses

Les exigences de la NBN EN 14388 sont d'application.

2.17. Exigences

Conformément à la NBN EN 14388, en fonction des performances exigées, le fabricant doit fournir les résultats de tests et/ou calculs des caractéristiques en accord avec la norme support appropriée.

Les performances ne peuvent être plus faibles que celles qui sont définies en 2.1. ni plus faibles que celles des normes spécifiques quand elles existent.

Si les documents du marché demandent des performances plus sévères, celles-ci doivent être atteintes.

2.18. Durabilité des performances

2.18.1. Performances acoustiques

Le présent document ne définit pas d'exigence générale en matière de durabilité des paramètres acoustiques.

Si, pour un marché particulier, des performances spécifiques sont exigées, les documents du marché définissent ces performances et leur vérification conformément aux prescriptions de NBN EN 14389-1.

2.18.2. Performances non acoustiques

Le présent document n'exige pas de façon générale la détermination et la déclaration d'une durée de vie exprimée en années. Le dispositif et ses constituants doivent cependant satisfaire aux dispositions constructives et aux spécifications liées à la durabilité et à la préservation des matériaux définis dans ce document.

Si, pour un marché particulier, des performances spécifiques sont exigées, les documents du marché définissent ces performances et leur vérification conformément aux prescriptions de la norme NBN EN 14389-2.

3. DISPOSITIONS GENERALES

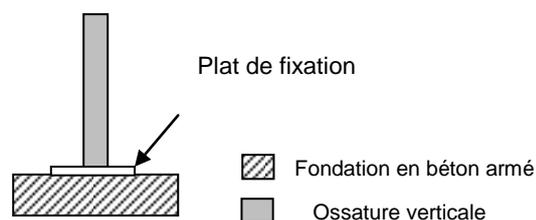
3.1. Fondations

3.1.1. Fondation en béton armé pour ossature verticale

Le chapitre C-14 de QUALIROUTES est d'application et plus particulièrement, le paragraphe B.2.4.2.4. Valeurs spécifiées, Ouvrages d'art - éléments directement soumis aux sels de déverglaçage ou susceptibles de l'être tels que les trottoirs ou barrières de sécurité du document de référence QUALIROUTES-C-2. Cette section spécifie que le béton doit avoir les caractéristiques suivantes:

- Ciment de type Low Alkali;
- Type de béton: Béton armé;
- Classe de résistance C35/45;
- Classe d'environnement EE4 avec ajout d'adjuvant entraîneur d'air;
- Classe de résistance à l'absorption d'eau par immersion $WAI(0,45)_A$;
- D_{max} : suivant annexe P de la NBN B 15-001;
- Teinte: les bétons sont teintés dans la masse le cas échéant.

Pour ce qui est des armatures, on se réfère au chapitre C16-4 de QUALIROUTES relatif aux aciers pour béton armé. La figure ci-dessous illustre de manière schématique la disposition de l'ossature sur la fondation en béton armé.



3.1.2. Béton maigre

Le béton maigre pour les fondations des plinthes est un béton maigre fourni à performance spécifiée suivant les NBN EN 206-1 et NBN B 15-001, il est de classe de résistance C16/20, sous réserve de vérification des charges. Le contrôle est réalisée suivant le chapitre C-14 de QUALIROUTES.

3.1.3. Pieux en béton

Le chapitre K-2 de QUALIROUTES est d'application.

3.2. Structure portante

3.2.1. Ossature verticale

3.2.1.1. Poteaux en acier et plaques d'assises éventuelles

Dans le cas de poteaux en acier, il est fait usage de poutrelles de type HEA ou HEB. La détermination des profilés découle de l'épaisseur des panneaux et de l'étude de stabilité.

Les poteaux et plaques d'assises éventuelles sont en acier S235 JR selon NBN EN 10025-1 sauf si l'étude de stabilité demande une nuance supérieure.

Ces pièces sont galvanisées à chaud selon les prescriptions des normes NBN EN ISO 1461 et NBN EN ISO 14713. Une peinture de finition est appliquée après passivation de la galvanisation. Les prescriptions du document QUALIROUTES-J-3 sont d'application pour la passivation de la galvanisation et pour la mise en peinture. Le traitement appliqué est conforme aux normes NBN EN 12944 (Durabilité haute, catégorie de corrosivité C4). Les documents du marché définissent la couleur de cette couche de finition sur base du système de codification RAL.

3.2.1.2. Poteaux préfabriqués en béton armé

Les poteaux en béton armé sont composés d'un béton dont les caractéristiques satisfont au document de référence QUALIROUTES-C-2 et plus particulièrement, le paragraphe B.2.4.2.4. *Valeurs spécifiées, Ouvrages d'art - Poutres, colonnes, entretoises préfabriquées en béton armé*, si les éléments sont préfabriqués.

- Type de béton: béton armé;
- Classe de résistance C50/60;
- Classe d'environnement EE4;
- Classe de résistance à l'absorption d'eau par immersion WAI(0,40);
- Enrobage minimal de 45mm (moyennant les modalités prévues)
- Dmax: suivant annexe P de la NBN B 15-001.

3.2.2. Plinthes préfabriquées en béton armé

Le paragraphe C44 de QUALIROUTES est d'application, et plus particulièrement la section C.44.2.2. Spécifications des éléments préfabriqués en béton armé appliqués aux ouvrages d'art (hors pont). Les valeurs spécifiées pour le béton et l'enrobage des armatures doivent être les suivantes:

- Ciment de type Low Alkali;
- Type de béton: Béton armé;
- Classe de résistance C35/45;
- Classe d'environnement EE4;
- Classe de résistance à l'absorption d'eau par immersion WAI(0,45);
- Enrobage minimal de 45mm (moyennant les modalités prévues);
- Dmax: suivant annexe P de la NBN B 15-001;
- Teinte: les bétons sont teints dans la masse le cas échéant.

Pour ce qui est des armatures, on se réfère au chapitre C16-4 de QUALIROUTES relatif aux aciers pour béton armé.

3.2.3. Plinthes en béton armé coulées en place

Le paragraphe C14 de QUALIROUTES est d'application. Les plinthes en béton armé coulées en place sont composées d'un béton dont les caractéristiques satisfont au document de référence QUALIROUTES-C-2 et plus particulièrement, le paragraphe B.2.4.2.4. *Valeurs spécifiées, Ouvrages d'art – Éléments directement soumis aux sels de déverglaçage ou susceptibles de l'être*, soit les caractéristiques suivantes:

- Ciment de type Low Alkali;
- Type de béton: Béton armé;
- Classe de résistance C35/45;
- Classe d'environnement EE4;
- Classe de résistance à l'absorption d'eau par immersion $WAI(0,45)_A$;
- Enrobage minimal de 45mm (moyennant les modalités prévues);
- D_{max} : suivant annexe P de la NBN B 15-001;
- Teinte: les bétons sont teints dans la masse le cas échéant.

Pour ce qui est des armatures, on se réfère au chapitre C16-4 de QUALIROUTES relatif aux aciers pour béton armé.

3.3. Dispositifs de fixation et d'ancrage

Les éventuelles fixations (vis, boulons, tire-fond, rondelles...), entre éléments, pièces d'assemblage, pièces d'ancrage des supports dans une fondation en béton, sont en acier inoxydable de qualité A4 selon la norme ISO 3506.

Une rondelle, également en acier inoxydable de qualité A4, est systématiquement interposée entre la structure à fixer et chaque écrou, tête de boulon ou de tire-fond.

L'utilisation d'acier inoxydable de qualité A2, de matériaux électrozingués, de clous ou de rivets est proscrite.

3.4. Éléments de protection, d'étanchéité acoustique et de calage

3.4.1. Protection du matériau absorbant

Le matériau absorbant est recouvert en face avant d'un voile de protection.

Les prescriptions relatives à ce voile de protection sont reprises à la section 5.7 du présent document.

3.4.2. Éléments de calage mécanique et d'étanchéité acoustique

Les écrans sont calés dans les poteaux verticaux de façon à empêcher tout mouvement ou toute vibration et de façon à permettre la transmission des efforts, notamment ceux engendrés par le vent. Le système de calage est accompagné d'une fermeture acoustique entre l'écran et les poteaux semblable à celle qui a été mise en œuvre lors des mesures d'isolation acoustique en laboratoire. L'adjudicataire soumet le système de calage et de fermeture acoustique à l'agrément préalable du fonctionnaire dirigeant. Tous les calages mis en place doivent être fixés mécaniquement.

Une bande de répartition est posée entre la poutre de support ou la plinthe en béton et le panneau/caisson inférieur. L'adjudicataire soumet la nature et les dimensions de la bande de répartition à l'agrément préalable du fonctionnaire dirigeant. Ce type de dispositif est inclus

dans le prix de l'écran uniquement si l'écart à reprendre entre le support horizontal et le panneau/caisson inférieur est inférieur à 0,5 cm.

Pour des écarts supérieurs à 0,5 cm, d'autres dispositifs sont à mettre en œuvre et soumis à l'approbation du fonctionnaire dirigeant. Ceux-ci font l'objet d'un poste séparé du métré.

Une bande de répartition est posée entre les différents éléments constituant le dispositif antibruit afin de reprendre les éventuelles irrégularités entre les éléments. Cette bande de répartition est incluse dans le prix des écrans.

Lors d'un couplage avec un dispositif de retenue en béton, l'utilisation de bavette établissant la jonction entre ce dernier et l'écran est proscrite.

3.5. Dispositions spécifiques au niveau des équipements électromécaniques

L'implantation des écrans et parements est prévue pour permettre une accessibilité maximale aux équipements techniques.

3.5.1. Parements équipant les corps des tunnels

Sauf spécification contraire des documents du marché, une zone libre de 1 m est dégagée à la partie supérieure des bardages muraux pour y permettre le placement des ventilateurs, des appareils d'éclairage, des chemins de câbles, etc.

Des ouvertures de 50 x 75 cm sont ménagées pour les appareils téléphoniques et leurs panneaux indicateurs F61. La face inférieure de ces ouvertures se trouve au plus à 1,20 mètre au-dessus du niveau du trottoir de service.

Les documents du marché définissent la couleur de la face visible du parement sur base du système de codification RAL.

3.5.2. Parements équipant les trémies de tunnel

Comme au point 3.5.1., leur implantation ne doit pas entraver le placement des appareils d'éclairage et des appareils téléphoniques.

Les documents du marché définissent la couleur de la face visible du parement sur base du système de codification RAL.

3.6. Positionnement des écrans

Sauf dispositions contraires des documents du marché, le positionnement des écrans respecte les règles suivantes.

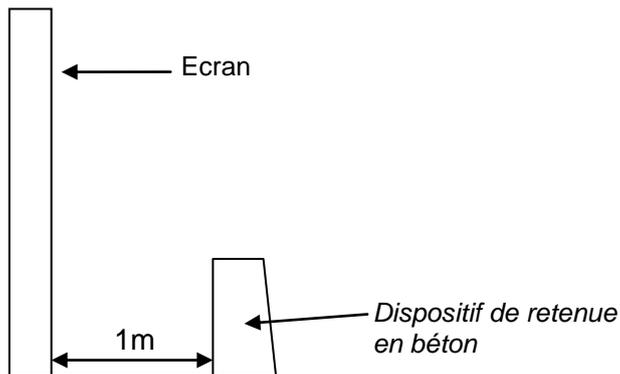
3.6.1. Sur ouvrages d'art

Un dégagement de 50 cm entre l'écran et les poteaux d'éclairage éventuels permet l'accès à ceux-ci.

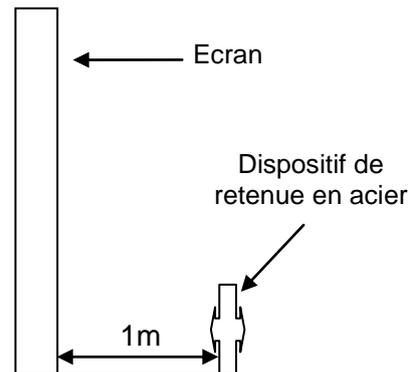
3.6.2. En bordure de chaussée

Afin d'assurer la largeur de fonctionnement de la glissière ainsi que pour assurer le passage tous les usagers, y compris les usagers faibles, le long de la route tout en étant en sécurité, une distance minimale de 1m devra être assurée entre la glissière de sécurité et l'écran antibruit, comme illustrée sur les figures ci-dessous.

Configuration avec un dispositif de retenue en béton



Configuration avec glissière métallique



4. DISPOSITIFS DE REDUCTION DU BRUIT

4.1. Ecrans et parements métalliques

4.1.1. Ecrans métalliques

La structure des écrans est composée d'un caisson en aluminium et d'une grille perforée en aluminium.

L'épaisseur du caisson structurel en aluminium est de 2,0 mm minimum. Ce caisson reçoit une peinture de finition par poudrage sur sa face extérieure. documents du marché

Les dimensions du caisson sont déterminées en fonction du poids propre, des charges dues au vent et des performances acoustiques à atteindre.

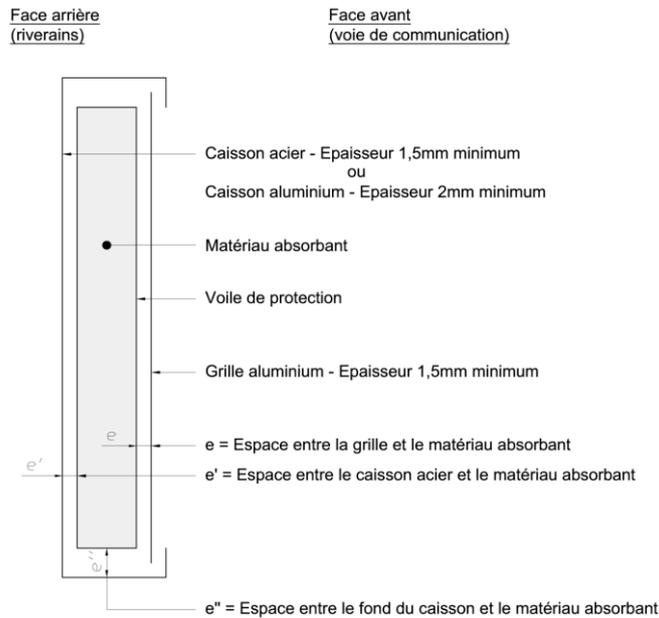
En face avant, la grille de protection en aluminium perforé a une épaisseur de 1,5 mm minimum. Elle reçoit une peinture de finition par poudrage sur sa face extérieure. Ses dimensions sont déterminées en fonction du poids propre, des charges dues au vent et des performances acoustiques à atteindre. Elle est écartée du matériau absorbant d'au moins 15 mm, l'écartement moyen étant quant à lui d'au moins 20 mm. Le taux de vides, nécessairement homogène, est limité entre 30 et 50% de sa surface; chaque trou ne peut dépasser la surface de 30 mm².

La grille perforée peut être pliée pour rompre la monotonie engendrée par des surfaces planes.

4.1.1.1. Ecrans à caissons horizontaux

Les panneaux s'emboîtent entre les ailes des poteaux verticaux de l'ossature.

Les différents éléments des panneaux à caissons horizontaux sont schématisés sur la coupe ci-après (coupe verticale dans un panneau à caissons horizontaux):



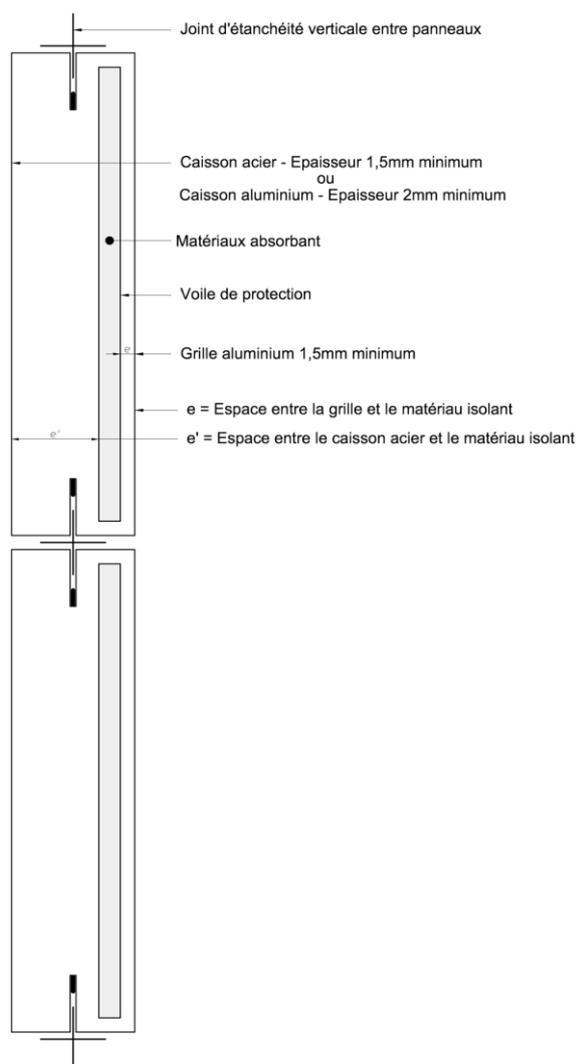
4.1.1.2. Ecrans à caissons verticaux

Dans le cas de caissons disposés verticalement, des lisses horizontales sont nécessaires. La fixation des panneaux se fait par emboîtement dans ces lisses préalablement fixées sur les poteaux verticaux de l'ossature.

Les différents éléments des panneaux à caissons verticaux sont schématisés sur la coupe ci-après (coupe horizontale dans un panneau à caissons verticaux):

Face arrière
(riverains)

Face avant
(voie de communication)



Des joints assurent l'étanchéité verticale entre les panneaux. L'adjudicataire soumet le système et la nature des joints à l'agrément préalable du fonctionnaire dirigeant

Les écrans sont calés dans les lisses horizontales de façon à empêcher tout mouvement ou toute vibration et de façon à permettre la transmission des efforts, notamment ceux engendrés par le vent. Le système de calage est accompagné d'une fermeture acoustique entre l'écran, les lisses et les poteaux semblable à celle qui a été mise en œuvre lors des mesures d'isolation acoustique en laboratoire. L'adjudicataire soumet le système de calage et de fermeture acoustique à l'agrément préalable du fonctionnaire dirigeant.

La lisse supérieure et les lisses intermédiaires éventuelles (pour les écrans de grande hauteur) sont en acier. La détermination des profilés découle de l'épaisseur des panneaux et de l'étude de stabilité.

Ces pièces sont galvanisées à chaud. Une peinture de finition est appliquée après passivation de la galvanisation. Les documents du marché définissent la couleur de cette couche de finition sur base du système de codification RAL.

La lisse inférieure est en aluminium. L'épaisseur de l'aluminium est de 3 mm minimum. La lisse inférieure reçoit une peinture de finition. Les documents du marché définissent la couleur de cette couche de finition sur base du système de codification RAL.

Afin de protéger au mieux le matériau absorbant des panneaux, la lisse inférieure comprend un dispositif permettant le recueil et l'évacuation des eaux.

Si nécessaire, la lisse inférieure intègre également un dispositif de reprise de pente qui permet d'installer ces lisses parallèlement à la pente du terrain tout en garantissant un positionnement vertical des panneaux.

4.1.2 Parements absorbants métalliques

La structure des parements se résume à une grille perforée en aluminium. La grille protège un matériau absorbant. Elle est fixée sur des lisses en aluminium.

Le matériau absorbant n'est en contact ni avec la paroi à équiper ni avec la grille perforée en aluminium. A l'exception des bords de la grille qui peuvent servir à maintenir le matériau absorbant, l'espace entre celui-ci et la grille est de 20 mm en moyenne et n'est jamais inférieur à 12 mm.

Les caractéristiques et les protections des éléments en aluminium sont identiques à celles des mêmes éléments dans le cas des écrans.

4.2. Ecrans en béton

Les prescriptions qui suivent s'appliquent aux écrans antibruit constitués d'éléments autoportants (éléments verticaux avec semelle) ou d'éléments amovibles dont le constituant principal est le béton et maintenus par une ossature porteuse constituée de poutrelles métalliques ou de poteaux en béton.

Les parois avec végétation ne font pas l'objet de ce document.

Dans le cas d'une ossature porteuse constituée de poutrelles métalliques ou de poteaux en béton, le paragraphe 3.2. "Ossature verticale" est d'application.

Dans le cas d'écrans antibruit "mixtes" composés d'éléments en béton sur lesquels sont fixés des éléments absorbants en matériaux autres que du béton, on se réfère aux parties de ce document traitant des matériaux utilisés; notamment le paragraphe 5.5 "Matériaux absorbants" et plus généralement, la section 5 "Matériaux constitutifs des écrans".

Dans le cas d'écrans antibruit composés d'une partie en béton structurel et d'une autre partie composée d'un béton à dessein acoustique, un dossier technique est au fourni au fonctionnaire dirigeant.

4.3. Ecrans en matériaux synthétiques

Les écrans sont constitués de panneaux amovibles en matériaux synthétiques maintenus par une ossature verticale. Dans le cas d'une ossature porteuse constituée de poutrelles métalliques ou de poteaux en béton, le paragraphe 3.2. "Ossature verticale" est d'application.

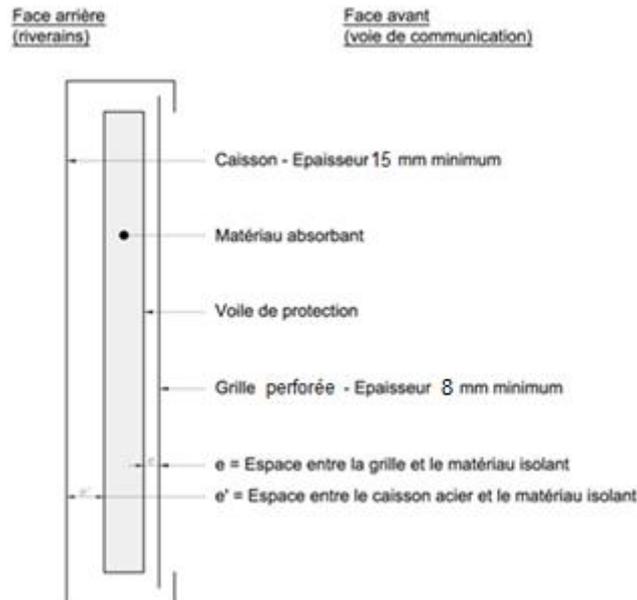
Ce type d'écrans se présente sous la forme de caissons perforés sur la face exposée au trafic et glissés entre les colonnes métalliques ou poteaux en béton constituant l'ossature verticale.

Le caisson est en matériau synthétique et présente une épaisseur de 15mm minimum. Ses dimensions sont déterminées en fonction du poids propre, des charges dues au vent et des performances acoustiques à atteindre.

La grille de protection perforée a une épaisseur de 8 mm minimum. Ses dimensions sont déterminées en fonction du poids propre, des charges dues au vent et des performances acoustiques à atteindre. Le taux de perforation, nécessairement homogène, en face avant est limité entre 30 et 50 % de sa surface.

Les matériaux constituant les caissons doivent répondre aux spécifications techniques reprises à la section 5.2.

Un caisson-type en matériau synthétique se compose des éléments schématisés comme suit:



4.4. Ecrans absorbants double-face

Les écrans absorbants double-face sont constitués d'éléments ou de parties absorbantes disposées de part et d'autre de l'écran antibruit. Les caractéristiques de ces éléments en terme d'isolation et d'absorption en laboratoire et in situ doivent être les mêmes pour les deux faces et respecter les prescriptions prévues aux paragraphes 2.1 et 2.2.

5. MATERIAUX CONSTITUTIFS DES ECRANS

5.1. Acier des lisses horizontales des écrans à caissons verticaux

5.1.1.1. Caractéristiques de l'acier des lisses

La lisse supérieure et les lisses intermédiaires éventuelles (pour les écrans de grande hauteur) sont en acier S235 JR selon NBN EN 10025-1 sauf si l'étude de stabilité demande une nuance supérieure. La détermination des profilés découle de l'épaisseur des panneaux et de l'étude de stabilité.

5.1.1.2. Protection de l'acier des lisses

Les lisses sont galvanisées à chaud selon les prescriptions des normes NBN EN ISO 1461 et NBN EN ISO 14713. Une peinture de finition par thermolaquage est appliquée après. Une peinture de finition par thermolaquage est appliquée selon les prescriptions du § 5.1.3.

5.1.1.3. Prescriptions et contrôle du thermolaquage

L'applicateur dispose d'un label de qualité, reconnu en matière de thermolaquage qui atteste qu'il est maître de la technique et gère la qualité de façon permanente.

Les exigences de ce label portent au moins sur les paramètres suivants à évaluer comme décrit ci après.

	Contrôles	Exigences
<u>Aspect</u>	Lorsque le revêtement est examiné sous un angle oblique de 60° environ.	Aucune rugosité excessive, ligne de coulures, bulle, inclusion, cratère, boursouflure, tache, piqûre, griffe et autres défauts éventuels ne doivent être visibles à une distance de 3 mètres.
<u>Épaisseur de la couche</u>	La norme EN ISO 2360 est d'application. Sur chaque échantillon à contrôler, il y a lieu de relever l'épaisseur au moins sur cinq plages de mesure (env. 1 cm ²) en procédant à 3 à 5 lectures individuelles de l'épaisseur à chaque plage. La valeur moyenne des lectures individuelles sur une plage de mesure donne une valeur mesurée qui sera retenue dans le rapport de contrôle. Aucune valeur mesurée ne peut être inférieure à 80% de la valeur minimale spécifiée, sinon le test d'épaisseur, dans son ensemble, est considéré comme non conforme.	Épaisseur du revêtement = 80µ
<u>Adhérence</u>	La norme EN ISO 2409 est d'application. L'espacement des entailles est de 2mm	Le résultat doit être égal à zéro
<u>Indentation</u>	La norme EN ISO 2815 est d'application.	Minimum 80
<u>Test d'emboutissage</u>	La norme EN ISO 1520 est d'application.	Profondeur d'emboutissage = 5 mm Pas de craquelages du revêtement ou décollements du support.
<u>Résistance à la fissuration lors du pliage</u>	La norme ISO 1519 est d'application.	-Pliage autour d'un mandrin de 5 mm. -Pas de craquelages du revêtement ou décollements du support, sans prendre en compte la surface du revêtement située à moins de 10 mm du bord du panneau.
<u>Essai au choc</u>	La norme ISO 6272-2 est d'application. Energie = 2,5Nm Le diamètre de l'indentateur = 15,9mm	Examiné à l'œil nu, le revêtement ne doit présenter aucun décollement.

En l'absence de label, l'applicateur justifie de la qualité de son exécution en réalisant, avant fabrication de la commande, les essais ci-avant sur plaquettes échantillons, en aluminium ou

acier galvanisé selon le cas, de dimensions +/- 75 x 150 x 1 mm (5 échantillons par essai) revêtues d'une couche thermolaquée de 80µ.

En cours de fabrication, l'aspect, l'adhérence et l'épaisseur seront contrôlés par le pouvoir adjudicateur, en atelier sur les pièces finies. L'applicateur prend les dispositions nécessaires pour permettre ce contrôle.

5.2. Aluminium

5.2.1. Aluminium des caissons et des grilles

5.2.1.1. Caractéristiques de l'aluminium des caissons et des grilles

L'alliage d'aluminium est le type EN AW-5754 [Al Mg3] de la norme NBN EN 485-2, à l'état métallurgique H22, H32, H24 ou H34.

L'épaisseur minimale des caissons est de 2,0 mm.

L'épaisseur minimale des grilles est de 1,5 mm.

5.2.1.2. Protection de l'aluminium des caissons et des grilles

Les caissons et les grilles sont protégés par application d'un traitement de thermolaquage comprenant une préparation préliminaire dont le principe est le suivant:

- Dégraissage + rinçage
- Décapage + rinçage
- Chromatation jaune + rinçage
- Séchage

Les prétraitements chimiques sont réalisés selon les prescriptions du fournisseur des produits. Ce prétraitement est conforme aux prescriptions de l'ISO 10546

Le revêtement de finition est à base de poudre polyester. Il est appliqué sur la face extérieure du caisson ou de la grille. Il a une épaisseur de 80 µm.

Les documents du marché définissent la couleur de la couche de finition sur base du système de codification RAL.

Les prescriptions et le contrôle du thermolaquage des caissons et des grilles en aluminium sont identiques à ceux du thermolaquage des caissons en acier.

5.2.2. Aluminium des lisses inférieures des écrans à caissons verticaux et des lisses des parements absorbants

5.2.2.1. Caractéristiques de l'aluminium des lisses

La lisse inférieure des écrans à caissons verticaux est réalisée à partir d'un profil extrudé alliage 6060-T5 de la norme NBN EN 755-2 ou à partie d'une tôle pliée alliage 5754 de la norme NBN EN 485-2 nuance H22 au minimum. Dans les deux cas, l'épaisseur de l'aluminium est de 3 mm minimum.

Les lisses des parements absorbants sont réalisées à partir d'une tôle pliée alliage 5754 de la norme NBN EN 485-2 nuance H22 au minimum. L'épaisseur de l'aluminium est de 3 mm minimum.

5.2.2.2. Protection de l'aluminium des lisses

Les lisses sont protégées par application d'un traitement de thermolaquage conforme au § 5.1.3.

5.3. **Béton**

5.3.1. Béton structurel

Le C. 44. est d'application, et plus particulièrement la section C. 44.2.2. Spécifications des éléments préfabriqués en béton armé appliqués aux ouvrages d'art (hors pont). Les valeurs spécifiées pour le béton et l'enrobage des armatures sont les suivantes:

- Ciment de type Low Alkali;
- Type de béton: Béton armé;
- Classe de résistance C35/45;
- Classe d'environnement EE4;
- Classe de résistance à l'absorption d'eau par immersion WAI(0,45);
- Enrobage minimal de 45mm (moyennant les modalités prévues);
- Dmax: suivant annexe P de la NBN B 15-001;
- Teinte: les bétons sont teintés dans la masse le cas échéant.

5.3.2. Béton non structurel

Les prescriptions du J. 3. sont d'application. Le béton correspond aux performances suivantes:

- Ciment de type Low Alkali;
- Résistance aux cycles gel-dégel en présence de sels de déverglaçage doit être spécifiquement vérifiée avant travaux suivant la norme ISO/DIS 4846/2. La perte moyenne maximale après 30 cycles est de 20g/cm²;
- Teinte: les bétons sont teintés dans la masse le cas échéant.

Dans l'hypothèse où des fibres de bois sont utilisées, le producteur présente au pouvoir adjudicateur un dossier technique proposant un traitement des particules de bois leur permettant de résister à la putréfaction, aux agressions biologiques de champignons lignivores et aux insectes xylophages.

5.4. **Matériaux synthétiques**

Les clauses techniques du cahier spécial des charges précisent les prescriptions en lien avec les matériaux synthétiques.

5.5. **Matériaux absorbants**

Le matériau absorbant doit être identique à celui intégré dans les échantillons ayant permis la certification CE et sur lesquels les tests prescrits, en vue de déterminer les performances acoustiques en laboratoire et in situ, ont été réalisés. Le matériau doit être durable et stable

dans le temps afin d'assurer des performances acoustiques à long terme. Un dossier technique démontrant la durabilité du matériau est fourni à la demande du pouvoir adjudicateur préalablement à la mise en oeuvre.

5.5.1. Laine de verre

La laine de verre bakélisée se présente sous forme de panneau ayant subi un traitement approprié de bakélisation et est rendu hydrophobe. La densité minimale du matériau absorbant est de 48 kg/m³ ($\pm 5\%$). Le matériau est recouvert d'un voile de protection (voir 5.6 du présent document), assurant la protection de la laine contre les agressions extérieures et ce, sur l'entièreté de sa face dirigée vers la source sonore.

5.5.2. Laine de roche

La laine de roche se présente sous forme de panneau. La densité minimale du matériau absorbant est de 48 kg/m³ ($\pm 5\%$). Le matériau est recouvert d'un voile de protection (voir section 5.6 du présent document), assurant la protection de la laine contre les agressions extérieures et ce, sur l'entièreté de sa face dirigée vers la source sonore.

5.5.3. Autres matériaux

Si l'emploi d'un autre matériau est souhaité dans le cadre d'un projet particulier, les prescriptions relatives à ce matériau sont définies dans les documents du marché.

5.6. Voile de protection

Le matériau utilisé doit être identique à celui intégré dans les échantillons ayant permis la certification CE et sur lesquels les tests prescrits, en vue de déterminer les performances acoustiques, ont été réalisés. Un dossier technique démontrant la durabilité du matériau est fourni au pouvoir adjudicateur préalablement au début du marché.

Ce voile de protection est constitué d'un tissu anti-défibratoire renforcé longitudinalement par des fils de verre. La masse de ce voile est de 60 \pm 10 g/m² et est enduit d'une couche de latex néoprène qui le protège et le stabilise. Le poids de cette couche de latex est également de 60 \pm 10 g/m².

Si l'emploi d'un autre matériau est souhaité dans le cadre d'un projet particulier, les prescriptions relatives à ce matériau sont définies dans les documents du marché.

Dans tous les cas, ce voile de protection présente une bonne résistance aux impacts de pierres, au feu, aux U.V., aux agents chimiques, aux intempéries, aux insectes, aux oiseaux, aux rongeurs, aux moisissures ainsi qu'au jet d'eau sous pression de 10 bars.

Les performances des matériaux sont couvertes par une certification de produit pertinente. A défaut, des procès-verbaux d'essais établis par des laboratoires accrédités attestant les caractéristiques de ces matériaux sont à remettre au fonctionnaire dirigeant.

5.7. Visserie et boulonnerie

La visserie et la boulonnerie nécessaires pour assembler les éléments constitutifs des écrans ou des parements sont en acier inoxydable de qualité A4 selon la norme NBN EN ISO 3506.

Une rondelle, également en acier inoxydable de qualité A4, est systématiquement interposée entre la structure à fixer et chaque écrou, tête de boulon ou de tire-fond.

L'utilisation d'acier inoxydable de qualité A2, de matériaux électrozingués, de clous ou de rivets est proscrite.

6. DIMENSIONNEMENT ET STABILITE

6.1. Calculs et plans

Les calculs justificatifs du dimensionnement et de la stabilité de la construction et de tous ses éléments, les plans de fabrication de tous les éléments des panneaux, des bâtis supports d'écrans y compris leurs ancrages et les plans de coffrage et d'armatures éventuels des massifs de fondation sont une charge d'entreprise.

Ces documents sont établis par l'adjudicataire et transmis au pouvoir adjudicateur suivant des modalités définies dans les documents du marché. A défaut, les documents sont fournis au plus tard un mois après notification.

L'approbation des calculs et des plans par le pouvoir adjudicateur est une condition préalable au commencement des travaux.

6.2. Hypothèses de calcul à considérer

6.2.1. Actions et combinaisons de charges

L'ensemble des actions à prendre en compte sont définies dans la norme NBN EN 1794-1 et ses annexes ainsi que le coefficient multiplicatif à appliquer dans les combinaisons de charges et les facteurs de forme nécessaires au calcul au vent. On considère que la charge du vent et la pression dynamique due aux véhicules n'agissent pas simultanément.

Dans les tunnels, vu l'absence de vent, la pression dynamique (ou d'aspiration) à prendre en compte est de:

$$q_{(v)} = 1500 \text{ Pa}$$

Sauf disposition particulière décrite dans les documents du marché, aucune action provenant de la neige n'est à considérer.

Il appartient à l'auteur de projet de prévoir entre le bord de la chaussée et l'écran un dispositif de sécurité. Dans ces conditions, aucun impact de véhicule n'est à considérer. Dans le cas contraire, les documents du marché précisent les dispositifs spécifiques à prévoir et les valeurs des sollicitations à prendre en compte.

6.2.2. Déformations

Les limites de déformations à prendre en compte sont celles définies dans la norme NBN EN 1794-1 et ses annexes

6.2.3. Méthodes de calcul

6.2.3.1. Cas général

Les calculs justificatifs du dimensionnement de la construction et de la stabilité de tous les éléments de la construction, les plans de fabrication de tous les éléments des panneaux, des bâtis supports d'écrans y compris leurs ancrages, des plans de coffrage et d'armatures éventuels des massifs de fondation doivent être transmis au pouvoir adjudicateur sous format informatique.

6.2.3.2. Cas particulier des supports métalliques

Les fondations des écrans ou des bâtis supports d'écrans sont des charges d'entreprise quel qu'en soit le type. Les articles 6.2.4. et 6.2.5. donnent des impositions particulières en ce qui concerne les pieux battus dans le sol. Dans les autres cas, il y a lieu de se référer aux méthodes de dimensionnement reconnues scientifiquement qui satisfassent aux prescriptions des normes en vigueur.

Lorsqu'à la suite de la présence de canalisations, la place disponible pour assurer la stabilité de l'écran est insuffisante suivant le mode de fondation adopté, les écrans sont fixés sur un massif en béton. Le coût de ce massif est à charge du pouvoir adjudicateur, alors que le coût des fixations au massif est lui une charge d'entreprise.

6.2.4. Profilés battus dans le sol et socles de support

Dans la zone de transition entre le sol et l'air, il y a lieu de réaliser un socle de béton ayant la face supérieure inclinée de manière à écarter l'eau du profilé. Ce socle dépasse de 10 cm au minimum le terrain en place et entoure complètement le profilé sur une épaisseur minimale de 5 cm. Ce bloc de béton s'enfonce d'au moins 50 cm dans le sol.

Les déformations de l'écran sous l'action des variations de température ne peuvent être empêchées ni par les socles, ni par les profilés porteurs.

6.2.5. Stabilité de la structure fondée sur pieux battus dans le sol

Si une fouille a été effectuée au droit du pieu de fondation, celle-ci est entièrement remplie de béton après battage du pieu. On ne tient compte de la présence de ce béton ni dans le calcul de la stabilité, ni dans le calcul de résistance des éléments.

Au cas où, pour la détermination de la profondeur d'enfoncement des pieux ou des socles en béton de fondation (en cas d'ancrage des poteaux) l'adjudicataire n'emploie pas la méthode suggérée ultérieurement dans le texte pour les cas simples habituels, il est tenu de soumettre à l'approbation du fonctionnaire dirigeant la méthode de calcul qu'il compte employer, accompagnée des justifications scientifiques et expérimentales prouvant le bien fondé de celle-ci dans le cas rencontré.

Cette profondeur d'enfoncement, déterminée suivant une méthode de calcul pour pieux isolés (ducs d'Albe), doit être adaptée si la profondeur ainsi déterminée est supérieure à la distance entre axe des profilés de fondation.

Le rapport de la campagne géotechnique joint aux documents du marché fournit les caractéristiques du sol à prendre en compte pour le calcul de la stabilité de la fondation. Toutefois, la valeur de l'angle de frottement interne ϕ est limitée au maximum à 30 degrés.

Le poids volumique γ_n du sol est, en l'absence de données plus précises, pris égal à 16 kN/m³ pour la partie du sol qui se situe au-dessus de la nappe phréatique ($\gamma' = 16$ kN/m³) et à 20 kN/m³ pour la partie du sol située sous cette même nappe phréatique ($\gamma' = 10$ kN/m³).

A défaut de méthode alternative acceptable, la méthode de calcul suivante (méthode de Blum) pour le calcul des pieux isolés (ducs d'Albe) peut être adoptée dans la plupart des cas.

6.2.5.1.1. Hypothèses

L'application de cette méthode faite ci-après est conduite dans l'hypothèse d'un sol ayant, sur la hauteur du pieu de fondation sur laquelle agit la butée (entre les points A et B des figures 1 et 2), un poids volumique déjaugé γ' et un angle de frottement interne ϕ constants,

ainsi que dans l'hypothèse d'un talus d'inclinaison ε inférieure à l'angle de frottement interne ϕ (voir figure 1, cas de $\varepsilon \leq \phi$).

Le modèle de calcul de Blum suppose que le sol devant le pieu est mis en butée. Par suite de la diffusion latérale des contraintes dans le sol, la pression passive du sol "devant" le pieu isolé est plus grande que les valeurs données par la théorie de la poussée des terres pour les murs filants, tandis que la poussée active "derrière" le pieu est plus petite. Suivant Blum, la poussée active du sol peut être négligée dans les calculs.

Ce coefficient de poussée passive λ_p vaut suivant la formule de Müller-Breslau, en tenant compte du talus proche du mur écran:

$$\lambda_p = \frac{\cos^2 \phi}{\left(1 - \sqrt{\frac{\sin \phi \cdot \sin(\phi - \varepsilon)}{\cos \varepsilon}}\right)^2}$$

avec $\varepsilon =$ pente du talus (angle entre l'horizontale et la ligne de talus).

Dans le cas où il n'existe aucun talus dans le voisinage de l'écran, la formule se simplifie:

$$\lambda_p = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right)$$

Dans le cas où la pente du talus est égale à l'angle de frottement interne ϕ du sol:

$$\lambda_p = \cos^2 \phi$$

Lors de la détermination du coefficient de poussée passive λ_p , il ne peut être tenu compte du frottement entre le sol et le pieu.

6.2.5.1.2. Conduite des calculs

6.2.5.1.2.1. Détermination de la profondeur d'enfoncement

La profondeur réelle d'enfoncement t (figures 1 et 2) est déduite de la profondeur théorique t_0 .

La profondeur t_0 est celle qui correspond au point d'équilibre des moments des forces agissant sur le pieu.

Aux figures 1 et 2 qui suivent, le point 0 au niveau A est le point de moment nul ou point d'équilibre des moments.

Les conventions d'écriture suivantes sont adoptées:

w = pression du vent calculée suivant point 6.2.1.2.;

L = distance entre appuis de fondation;

H = hauteur totale de l'écran au dessus du terrain naturel;

h = hauteur entre le point d'action de P_{vent} et le niveau B sous lequel la butée peut être prise en compte;

γ' = poids volumique du sol déjaugé

- au dessus de la nappe phréatique: $\gamma' = \gamma_n = 16 \text{ kN/m}^3$;

- en dessous de la nappe phréatique: $\gamma' = 10 \text{ kN/m}^3$;

b = largeur du pieu de la fondation perpendiculairement à la direction de l'action horizontale.

On obtient successivement: $p_{\text{vent}} = w.L$

ce qui entraîne: $P_{\text{vent}} = p_{\text{vent}} \cdot H$

Cette dernière valeur correspond également, suivant le modèle de calcul, à la valeur de l'effort tranchant maximum dans le pieu.

E_1 = résultante de la partie linéaire du diagramme de la butée

$$E_1 = \lambda_p \cdot \gamma' \cdot b \cdot t_0 \cdot \frac{t_0}{2}$$

E_2 = résultante de la partie parabolique du diagramme de la butée

$$E_2 = \lambda_p \cdot \gamma' \cdot \frac{t_0^2}{2} \cdot \frac{t_0}{3}$$

Compte tenu de ce qui précède, l'équation d'équilibre des moments conduit à la relation suivante:

$$\frac{24 \cdot P_{\text{vent}}}{\lambda_p \cdot \gamma'} = \frac{(4b + t_0) \cdot t_0^3}{h + t_0}$$

Cette équation permet de déterminer t_0 .

L'équilibre horizontal entre la butée $E_1 + E_2$, la contrebutée E_3 agissant à l'arrière du pieu et la pression du vent donne:

$$E_3 = E_1 + E_2 - P_{\text{vent}}$$

Comme dans cette méthode de calcul, l'équilibre horizontal est uniquement satisfait par une contrebutée E_3 envisagée comme une action ponctuelle, la profondeur réelle de battage de la fondation doit être augmentée de 20 % de la profondeur théorique t_0 .

d'où $t = 1,2 \cdot t_0$

6.2.5.1.2.2. Détermination du moment fléchissant maximum dans le pieu

Le niveau C, au droit duquel le moment fléchissant dans le pieu est maximum, se situe au droit de la section où l'effort tranchant est nul et à la profondeur X_m sous le niveau B déduite de la formule suivante:

$$\frac{24 \cdot P_{\text{vent}}}{\lambda_p \cdot \gamma'} = 4X_m^2 \cdot (3b + X_m)$$

Le moment fléchissant maximum est donné par:

$$M_{\text{max}} = \frac{\lambda_p \cdot \gamma'}{24} X_m^2 [3X_m^2 + X_m(4h + 8b) + 12bh]$$

La méthode de calcul décrite ci avant est encore applicable dans le cas où la pente du talus ε dépasse la valeur de l'angle de frottement interne ϕ du sol à condition de tenir compte d'une ligne fictive de talus dont la pente est égale à l'angle de frottement interne ϕ du sol et passant par le pied du talus réel (voir figure 2, cas où $\varepsilon > \phi$).

La note de calcul tiendra compte de la présence de canalisations souterraines proches de la structure suivant les indications du pouvoir adjudicateur.

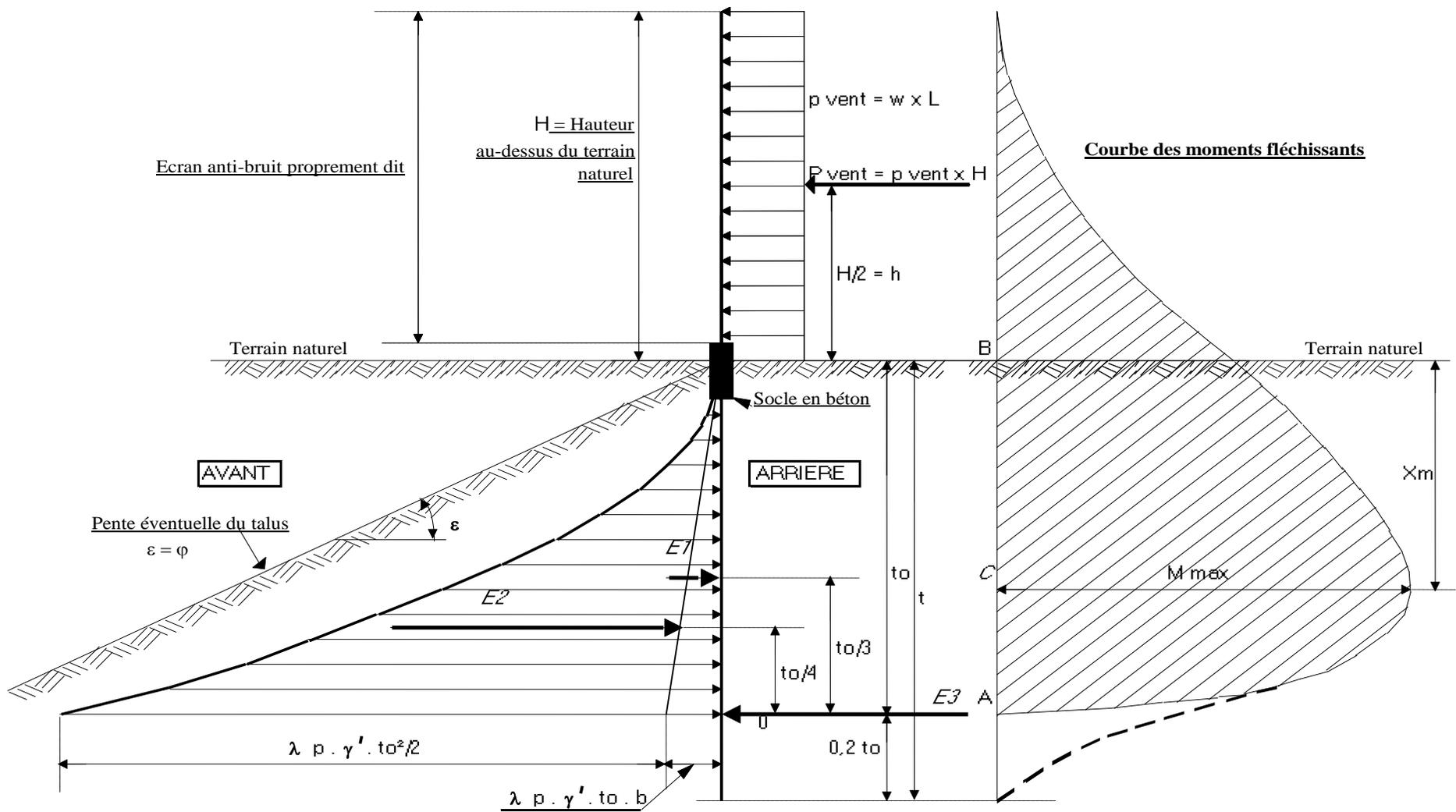


Figure 1.

CAS $\varepsilon < \varphi$

