

Révision des normes mur NF P 94-281 et écran NF P 94-282

Revision of the French retaining wall standards: NF P 94-281 et NF P 94-282

Maxime FONTY^{1*}, Gilles VALDEYRON^{2,3}, Sébastien BURLON^{4,5}

1 SOLETANCHE BACHY, Rueil Malmaison, France

2 CEREMA, Bordeaux, France

3 Secrétaire de la Commission de Normalisation Justification Ouvrages Géotechniques, France

4 CEREMA, Paris, France

5 Président de la CN JOG, France

**maxime.fonty@soletanche-bachy.com*

RESUME : Dans le cadre du passage à la 2^{ème} génération des Eurocodes, la Commission de Normalisation Justification des Ouvrages Géotechniques (CN JOG) mène depuis 2022 les travaux de révisions des normes de calcul relatives aux fondations superficielles et profondes, aux murs et aux écrans de soutènements, et de rédaction de l'annexe Nationale à l'Eurocode 7.

L'article présente l'architecture et les orientations du nouvel Eurocode 7, les compléments apportés par le projet d'annexe nationale et les modalités de révision adoptées pour les normes NF P 94-281 (mur) et NF P 94-282 (écran).

Pour ces deux types d'ouvrages, les principes ayant guidé les travaux de révision sont exposés, avec un accent mis sur la nouvelle articulation de ces normes d'application nationales avec les futurs Eurocodes. Les normes nationales ont vu leur organisation sensiblement modifiée et voient désormais leur utilisation compléter de celles des parties 1 et 3 de l'Eurocode 7 et de son annexe nationale. Ces projets de norme introduisent également quelques apports vis-à-vis des normes existantes, comme les modalités de dimensionnement des parois circulaires, certains principes de conception des ouvrages étagés. Enfin, l'article aborde les nouveaux formats de vérification de la sécurité, en particulier pour les écrans de soutènement, concernant la stabilité d'ensemble, la stabilité du fond de fouille et la butée. Différentes alternatives sont laissées au choix de l'ingénieur selon la méthode de calcul utilisée. Le cas, toujours sensible, des phases provisoires est traité. La possibilité de moduler le niveau de sécurité en fonction de la complexité des vérifications effectuées est introduite.

ABSTRACT: As part of the transition to the second generation of Eurocodes, the Geotechnical Structures Design Standardization Committee (CN JOG) has been carrying out, since 2022, the revision work on design standards relating to shallow and deep foundations, retaining walls and diaphragm walls, as well as drafting the National Annex to Eurocode 7. This article presents the structure and key directions of the new Eurocode 7, the additions introduced by the draft National Annex, and the revision approach adopted for standards NF P 94-281 (retaining walls) and NF P 94-282 (diaphragm walls).

For these two types of structures, the principles guiding the revision work are outlined, with a focus on the new alignment between these national application standards and the future Eurocodes. The national standards, which now require complementary use of Eurocode 7 Parts 1 and 3 and its National Annex, have undergone significant reorganization. These draft standards also introduce new contributions compared to existing ones, such as design methods for circular walls and certain principles for tiered structures. Finally, the article addresses the new safety verification formats, particularly for diaphragm walls, covering overall stability, base stability, and passive resistance. Several alternatives are left to the engineer's choice depending on the calculation method used. The sensitive issue of temporary phases is also discussed. The possibility of adjusting the safety level according to the complexity of the checks performed is introduced.

Mots-clés: Norme, Eurocode 7, Ecran de soutènement, Mur.

1 INTRODUCTION

1.1 Eurocodes Seconde Génération

Depuis 2010, le Comité Européen de Normalisation (CEN250), sous mandat M/515 de la Commission Européenne, a entrepris la révision de l'ensemble des Eurocodes, initialement publié dans les années 2000 pour harmoniser les pratiques européennes. Les principaux objectifs restent la facilité d'utilisation, l'harmonisation des codes de construction, et l'ouverture vers les nouveaux produits et l'innovation. Cette 2nde génération d'Eurocodes accompagnée des annexes nationales, doit être mise à disposition courant 2026, pour une mise en application le 30 septembre 2027, date à laquelle la première génération d'Eurocodes sera annulée.

L'Eurocode 7 (EN 1997), relatif au dimensionnement des ouvrages géotechniques, s'appuie sur l'Eurocode 0 (EN 1990), pour les principes de dimensionnement et sur l'Eurocode 1 (EN 1991) pour la définitions des actions, avec l'introduction par exemple de modèle de charge routière spécifiques aux applications géotechniques. L'Eurocode 7 se réfère également aux Eurocodes traitant des vérifications structurales pour les constructions en béton (EN 1992), acier (EN 1993), mixte béton-acier (EN 1994) bois (EN 1995) ou maçonnerie (EN 1996). A l'avenir, ces Eurocodes « matériaux » pourront être complétés de spécifications techniques sur les règles de conception des composants en verre (TS 19100), sur le calcul des structures en matériaux composites (TS 19101) ou sur les structures en membrane tendue (TS 19102). L'Eurocode 8 (EN 1998) concerne quant à lui les dimensionnements sous séismes y compris sur les aspects géotechniques (Figure 1).



Figure 1. Vue d'ensemble des différents Eurocodes

L'Eurocode 7 (2nde génération) comprend désormais 3 parties : l'EN 1997-1, d'abord, est consacré aux règles générales de dimensionnement. Notons qu'une partie des principes de dimensionnement en géotechnique est désormais portée par l'EN 1990. L'EN 1997-2, ensuite, concerne la reconnaissance de sol. Les notions de zone d'influence, de modèle de terrain (Ground

Model) et de modèle de dimensionnement géotechnique y sont notamment développées. Enfin, l'EN 1997-3 donne les principes de dimensionnement spécifiques à certains types d'ouvrages géotechniques : Talus, déblais et remblais (Clause 4), Fondations superficielles et sur pieux (Clause 5 et 6), Ouvrages de soutènement et Tirants d'ancrage (Clause 7 et 8), Ouvrage en remblai renforcé, en sol cloué et Boulons au rocher (Clause 9, 10 et 11), Amélioration des terrains (Clause 12) et Mesure de contrôle des aquifères (Clause 13).

Au-delà des recommandations données pour le dimensionnement, l'EN 1997 met aussi l'accent sur l'implémentation du dimensionnement, en abordant les aspects de supervision, de contrôle et d'instrumentation, d'essais, et de maintenance. Les modalités de rapport aux stades reconnaissance (GIR, Ground Investigation Report), conception (GDR, Ground Design Report), exécution (Geotechnical Construction Record) ou d'essais (geotechnical test reports) font aussi l'objet de recommandations.

Une présentation détaillée de l'EN 1997 (2nd gen.) est proposée sur les actes de conférences, du séminaire tenu les 21 et 22 octobre 2024 à Paris par le sous-groupe SC7 du TC250. (CEN/TC250, 2024).

Enfin, le travail de la commission CEN/TC250 se poursuit sur des problématiques peu ou pas encore traitées par cette 2nd génération d'Eurocodes, dans la perspectives de compléments futurs. Ainsi une déclinaison de l'Eurocode 7 pour les tunnels et ouvrages souterrains ou pour encadrer l'intervention sur ouvrages existants est en cours de développement.

1.2 Normes d'application de l'EN 1997

La rédaction de cette 2nde génération d'Eurocodes, rédigés au niveau européen est désormais quasiment achevée, permettant d'initier à l'échelon national, la révision des normes d'application. Dans le domaine de la géotechnique, la Commission de Normalisation Justifications des Ouvrages Géotechniques (CN JOG), hébergée par le Bureau de Normalisation des Transports, des Routes et leurs Aménagements (BNTRA), est chargée de la révision des normes d'application nationale de l'EN 1997.

La rédaction d'une annexe Nationale à l'EN 1997-1 est déjà entreprise par la CN JOG, pour fixer notamment les Paramètres Nationalement Déterminés (« NDP »). Il n'est pas prévu d'annexe Nationale à l'EN 1997-2. L'EN 1997-3 ne nécessite pas non plus d'annexe nationale : les normes déjà existantes sur les divers types d'ouvrages géotechniques viendront compléter le cas échéant le texte européen. Ainsi,

depuis 2021, la CN JOG a lancé les travaux de révision des normes fondations superficielles (NF P 94-261) puis profondes (NF P 94-262), et depuis 2022 ceux des normes mur (NF P 94-281) et écran (NF P 94-282). La révision de la norme NF P 94-270 est également initiée et comprendra 2 volets sur les ouvrages de type remblai renforcé (270-1) et sol renforcé par clou (270-2). Le boulonnage au rocher devrait faire l'objet d'un fascicule de documentation destiné plus largement aux ouvrages au rocher.

Enfin, la rédaction de deux nouvelles normes relatives d'une part aux inclusions rigides (NF P 94-263) et d'autre part aux ouvrages en terre (NF P 94-290) est également prévue. La figure 2 donne le programme de révision et de mise à l'Enquête Publique de ces différents textes.

		2022				2023				2024				2025				2026				2027			
		T4	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
EN 1997-18263	Enquête Formelle																								
	Insertion Commentaires																								
	Enquête Formelle																								
	Vote Formel																								
Annexe EN 1997-18263	Insertion Commentaires																								
	Vote Formel																								
	Préparation des textes	X	X																						
	Enquête publique																								
NF P94-261	Insertion Commentaires																								
	Vote Formel																								
	Préparation du texte																								
	Enquête publique																								
NF P94-262	Insertion Commentaires																								
	Vote Formel																								
	Préparation du texte																								
	Enquête publique																								
NF P94-263	Insertion Commentaires																								
	Vote Formel																								
	Préparation du texte																								
	Enquête publique																								
NF P94-282	Insertion Commentaires																								
	Vote Formel																								
	Préparation du texte																								
	Enquête publique																								
NF P94-281	Insertion Commentaires																								
	Vote Formel																								
	Préparation du texte																								
	Enquête publique																								
NF P94-270-18263	Insertion Commentaires																								
	Vote Formel																								
	Préparation du texte																								
	Enquête publique																								
NF P94-290	Insertion Commentaires																								
	Vote Formel																								
	Préparation du texte																								
	Enquête publique																								

Figure 2. Planning de révision des normes nationales d'application de l'EC7

Le présent article revient sur le travail réalisé au cours des deux dernières années (2024 – 2025) sur la révision des normes Ouvrages de Soutènement Murs (NF P 94-281) et Ecrans (NF P 94-282). L'objectif est de présenter le futur cadre normatif, d'illustrer le processus de révision des normes de justification des ouvrages géotechniques, et d'exposer les problématiques abordées.

2 REVISION DES NORMES SUR LES OUVRAGES DE SOUTÈNEMENT

2.1 Articulation de ces normes avec l'EN 1997

Les normes Mur et Ecran sont conformes aux principes du calcul aux états limites avec facteurs partiels définis dans l'EN 1990 et son annexe nationale et respecte les exigences de l'EN 1997-1 et de son annexe nationale. Les justifications des matériaux constituant le mur ou l'écran s'appuient sur l'Eurocode approprié (principalement l'EN 1992 pour le béton armé et l'EN 1993 pour l'acier). De plus, comme esquissé précédemment, les clauses 7 et 8 de l'EN 1997-3, nouvellement introduit, concernent respectivement les ouvrages de soutènement et les tirants d'ancrage. Ces deux clauses deviennent une

contribution forte autour de laquelle il s'agit d'articuler les normes à réviser. Comme un écran de soutènement peut aussi jouer un rôle de fondation, ou interagir avec le rabattement d'une nappe (fiche hydraulique), d'autres clauses de ce nouvel EN 1997-3 sont aussi à considérer : clause 6 par exemple sur les fondations profondes, ou clause 13 sur le contrôle des aquifères. La clause 4 est également utile pour le traitement des problématiques de stabilité d'ensemble.

Pour traiter de ces liens entre la norme Mur et Ecran actuelle et la 2nde génération d'Eurocodes, une première question éditoriale est apparue : Fallait-il conserver un document le plus autoporteur possible en réimportant des parties de texte de documents parents, ou procéder par renvois vers ces documents parents ? Pour faciliter la cohérence entre textes et encourager également l'appropriation de l'EN 1997 2nde génération, les travaux de révisions des normes fondations superficielles et profondes s'étaient engagés vers l'utilisation de renvois dès que possible, permettant également un allègement du texte initial. Un chapitrage décliné sur le modèle des clauses de l'EN 1997-3 avait aussi été choisi. Des orientations identiques ont été retenues par la CN JOG pour les révisions des normes Mur et Ecran.

Une difficulté du processus de révision de ces normes réside aussi dans le fait que les annexes nationales des Eurocodes 2nde génération ne sont pas établies au démarrage des travaux. Certains renvois et spécificités techniques font ainsi l'objet d'un suivi particulier : Un premier exemple concerne le choix des facteurs partiels à appliquer pour la vérification du non-soulèvement (Uplift) qui seront définis dans l'annexe nationale de l'EN 1990. Les indications aujourd'hui présentent au §13 de la norme écran seront à mettre en cohérence. Un second exemple concerne les vérifications de béton armé et notamment celles relatives à la maîtrise fissuration, puisque les règles à retenir, au titre de la 2nde génération d'Eurocode 2 sont encore en discussion. Les indications actuelles figurant dans l'amendement 1 de la norme écran seront à faire évoluer en cohérence. Ces exemples montrent aussi l'avantage de procéder par renvois pour éviter les incohérences entre textes établis parallèlement.

Enfin, au-delà de la mise à jour en lien avec les Eurocodes 2nde génération, la révision des normes murs et écrans s'appuiera également sur les travaux réalisés ces dernières années, sous l'égide du CFMS, tel que : la révision du TA95 (TA2020), le guide des rabattements provisoires de nappes (CFMS, 2022), le guide sur les voiles par passes alternées (CFMS, 2023) ou celui sur l'instrumentation des ouvrages géotechniques (CFMS, 2025).

2.2 Déroulement des travaux de révision

Lors de la première année, les travaux de révision ont progressé par échanges et itérations entre des sous-groupes thématiques et les membres de la commission, régulièrement réunis en session plénière permettant une coordination des travaux. Lors d'une première plénière, le 17 janvier 2024, les membres de la commission ont échangé sur les thématiques nécessitant la création de sous-groupe de travail. Les sous-groupes ont initié leurs travaux sur le premier trimestre 2024 et ont présenté leurs conclusions et contributions lors des sessions plénières de mai et septembre 2024. En parallèle de ces travaux, la rédaction des projets de norme a été menée et transmise en avril 2024 aux membres de la CN JOG, dans une première version avec le chapitrage retenu. Par la suite, le 18 novembre 2024, avant la quatrième plénière, deux projets de norme intégrant les contributions des différents groupes de travail ont été proposés en relecture aux membres de la CN JOG. La session plénière 4 de décembre 2024 a alors permis de rendre compte des principaux commentaires reçus sur ces projets : le projet de la norme Mur (NF P 94-281) a recueilli peu de commentaires, tandis que celui de la norme écran (NF P 94-282) a suscité une trentaine de pages de commentaires.

En 2025, les travaux ont d'abord été rédactionnel. Une cinquième session plénière tenue en mai 2025 a permis de présenter les évolutions du texte et la façon dont les différents commentaires avaient pu être intégrés. D'ultimes corrections ont été menées durant l'été avant la diffusion aux membres de la commission, le 23 septembre 2025, d'un nouveau projet soumis à relecture et enquête interne à la CN JOG, préalablement au passage à l'Enquête Publique. Cette enquête interne ayant conduit à de nouveaux commentaires, deux sessions plénières ont été organisées fin octobre 2025 pour leur analyse. A la suite de ces échanges, il est apparu que le passage à l'Enquête Publique pouvait avoir lieu. Le traitement de quelques derniers commentaires, nécessitant davantage d'analyse, pourrait être conduit lors du futur dépouillement de l'Enquête Publique. Pour le passage à Enquête Publique, les projets ont pu être repris afin d'intégrer le maximum d'éléments éditoriaux ou techniques remontés lors de l'enquête interne.

Finalement l'Enquête Publique a été lancée en janvier 2026, se déroulant sur deux mois, durant lesquels les personnes souhaitant répondre sont invités à formuler un commentaire et une proposition de modification le cas échéant. L'ensemble des commentaires et propositions doit alors être analysé

lors de séances dites de dépouillement de l'Enquête Publique.

2.3 Thématiques abordées lors de la révision

Les différents groupes de travail se sont constitués autour des principales thématiques suivantes : stabilité d'ensemble et renard solide, modélisation numérique et format de sécurité, stabilité du massif d'ancrage (Kranz), tirants, hydraulique, obliquités et cohérence des équilibres horizontal et vertical, voiles par passes alternées, parois circulaires, parois discontinues, murs et écrans étagés, norme mur de soutènement, surcharge, gabions de palplanche. Par ailleurs, des réflexions ont été aussi menées directement lors des plénières sur la thématique des butons par exemple.

Enfin, un groupe de travail sur les matériaux initié lors de la révision sur les fondations profondes a apporté une contribution importante, complétée par des échanges au sein du comité de liaison EN 1992 / EN 1997.

3 PROPOSITIONS D'EVOLUTION

3.1 Etats limites Ultimes

3.1.1 Préambule au sujet du formalisme

Le principal objectif de la seconde génération d'Eurocode 7 est de guider le concepteur vers la vérification d'états limites définis dans l'EN 1990. Les mécanismes de déformation ou de rupture doivent être préalablement identifiés au niveau de l'ouvrage et d'autres structures à l'intérieur de sa zone d'influence. Les états limites se classeront alors entre états limites de service en situation de calcul quasi-permanente, fréquente ou caractéristiques, et en états limites ultimes en situation de calcul permanente et transitoire, accidentelle ou sismique. Ces mécanismes impliquent des vérifications d'ordre structurales, géotechniques et hydrauliques. Les principaux mécanismes sont décrits dans les normes Mur et Ecran actuelles (§4, voir figure 3). Ils seront repris en annexe A des textes révisés, mais figurent également dans l'EN 1997-1 et l'EN 1997-3 (2^{nde} génération).

Dans le domaine de la géotechnique, différentes méthodes (EN 1997 2^{nde} gén. §4.2) peuvent être choisies selon qu'il existe ou pas un lien fort avec la méthode d'exécution, un nombre important d'expériences comparables, etc. : la méthode des facteurs partiels est la plus couramment mise en œuvre mais la méthode prescriptive (par exemple pour la stabilité d'un panneau de paroi moulée) ou la méthode par essai (par exemple pour définir la

résistance d'un ancrage) sont également possibles, tout comme la méthode observationnelle (exemple d'une jupe injectée déclenchée ou non à la suite d'un essai de pompage). Ces méthodes peuvent aussi être combinées lors de l'étude d'un même ouvrage (Burlon, 2026).

La 2nd génération d'Eurocode n'apporte pas de modifications significatives, mais introduit un formalisme et un vocabulaire parfois nouveau. Un des objectifs de la révision des normes NF P 94-281 et NF P 94-282 est donc d'établir un lien entre la pratique nationale actuelle et le formalisme de l'Eurocode 2nd génération. Par exemple, pour l'utilisation de la méthode des facteurs partiels lors des vérifications des ELU durables et transitoires, l'EN 1990 (2nd gén.) décrit 4 cas de vérifications (VC1, VC2, VC3 et VC4-EFA) correspondant chacun à un jeu de facteur partiel pour les actions, et qui seront à combiner avec deux approches de factorisation : « Material Factor Approach » (MFA, γ_M) ou « Resistance Factor Approach » (RFA, γ_R). Le tableau 1 présente notamment une version simplifiée du tableau A.1.8 qui figurera dans l'annexe Nationale de l'EN 1990 et qui indiquera les facteurs partiels à appliquer aux actions ou à leur effet. Cette annexe n'étant pas publiée ni même finalisée, les valeurs ici proposées qui dépendront également de la catégorie d'ouvrage (bâtiment ou pont) pourront encore évoluer. Le tableau 1 indique également l'approche de factorisation qui peut être combinée avec les différents cas de vérification.

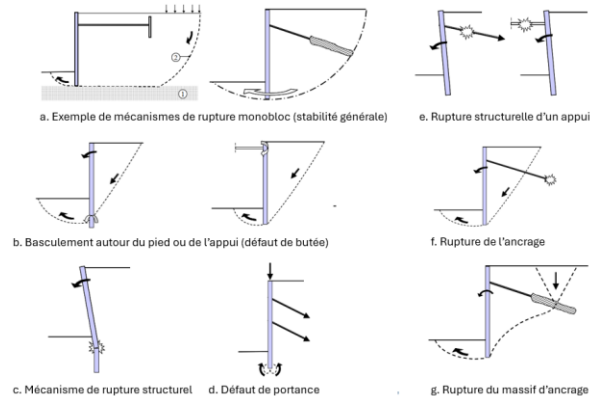


Figure 3. Exemple de mécanismes de rupture pour les écrans de soutènement (extrait norme actuelle)

L'approche MFA comprend deux jeux possibles de facteurs partiels. Le jeu M1 n'amène pas de réduction des paramètres de cisaillement (facteur partiel $\gamma_M=1$), le jeu M2 propose un facteur partiel $\gamma_M= 1,25.k_M$ sur les caractéristiques de cisaillement drainées (c' , ϕ') et $\gamma_M=1,4.k_M$ sur la cohésion non drainée, où k_M est un facteur de conséquence valant 0,9, 1,0 et 1,1 (EN 1997 Table 4.9). Ce dernier paramètre étant soumis à NDP (National Determined Parameters) sera défini pour la France dans l'annexe

nationale à l'EN 1997-1, actuellement en cours d'Enquête Publique.

Pour l'approche RFA, les facteurs partiels dépendent du mécanisme analysé et sont précisés dans l'EN 1997-3 ou dans les normes de calcul à réviser. Par exemple, le facteur partiel vaut $\gamma_{RT} = 1,1$ pour la résistance en glissement d'un mur, et $\gamma_R = 1,4$ pour la résistance en portance d'un mur, ou la vérification de la butée. Pour le cas de la vérification de la butée d'un écran, l'usage en France étant de faire porter la totalité de la sécurité sur la butée, le facteur partiel en phase permanente pour cette vérification vaudra $\gamma_E.\gamma_R=1,35.1,4 \approx 1,9$ (voir ci-après).

Cas de vérification :		VC1	VC2	VC3	VC4
G_k Unfav.	γ_G	1,35	1,0	1,0	---
G_k Unfav water	γ_{Gw}	1,35 ou 1,2	1,1	1,0	---
Q_k Unfav.	γ_Q	1,5	---	1,3	1,1
Factoring approach	γ_M γ_R	MFA & RFA	MFA & RFA	MFA	RFA
Effet des actions (EFA)	$\gamma_E.\gamma_F$	---	---	---	1,35
Exemple d'usage		Portance pieux	Uplift Equilibre statique	Stabilité d'ensemble	Ecran butée

Tableau 1. Méthode des facteurs partiels – nouveau formalisme

Enfin un facteur de modèle peut également être adopté, pour tenir compte d'un biais vis à vis d'un modèle de référence. L'EN 1997 (§7.2) indique qu'il ne peut être inférieur à 1. Sa valeur peut être définie au niveau national.

3.1.2 Utilisation des modèles numériques

L'EN 1997-1 introduit une procédure spécifique pour les méthodes numériques. Deux approches sont données (Burlon 2026) : VC3+M2 ou VC4+M1.

Le premier cas (VC3+M2) correspond à la procédure connue sous le terme « c- ϕ réduction » où la réduction des propriétés de résistance au cisaillement est menée sur une phase reconnue comme dimensionnante. Le modèle doit converger après réduction des paramètres de cisaillement du facteur partiel requis (l'EN 1997 propose 1,25, à déterminer toutefois nationalement) et l'élément de structure doit également être vérifiée pour les sollicitations atteintes, (considérées comme des sollicitations ELU, sans pondération)

Le deuxième cas (VC4+M1) consiste à vérifier les sollicitations en pondérant l'effet des actions par 1,35 et aussi à contrôler que la résistance mobilisée n'est pas trop importante.

Enfin une troisième voie d'utilisation des méthodes numériques (résolution par éléments finis par exemple), particulièrement utiles pour les calculs de fondations superficielles, consiste à accroître

l'intensité d'un chargement pour identifier le mécanisme de rupture et calculer la résistance ultime vis-à-vis de ce mécanisme.

3.1.3 Stabilité d'ensemble et stabilité du fond de fouille (renard solide)

Ce groupe de travail examine l'articulation de la norme avec le nouvel Eurocode 7 (EN 1997-1 et son annexe nationale ainsi que l'annexe D de l'EN 1997-3) et la note de la CNJOG sur le renard solide.

Pour la vérification de stabilité d'ensemble, la pratique consistant à ne pas pondérer les actions permanentes (VC3) et à appliquer un facteur partiel sur les propriétés de résistance au cisaillement (MFA, M2) est conservée. Toutefois, sur la forme, les normes murs et écrans devraient évoluer vers un allègement du texte, en procédant par renvois vers l'EN 1997-1 et son Annexe Nationale, qui traitent de cet aspect commun à divers types d'ouvrages géotechniques. L'annexe nationale à l'EN 1997-1 précisera les paramètres à définir nationalement, comme le facteur de conséquence k_M notamment.

Le renard solide est vu comme un mécanisme particulier de la stabilité d'ensemble engageant particulièrement la stabilité du fond de fouille (mécanisme de type poinçonnement sous effet ou non d'un gradient hydraulique). Pour les écrans continus la norme s'appuie essentiellement sur la seconde génération de l'Eurocode 7 où des configurations variées sont déjà traitées (rappelant par exemple la méthode de Bjerrum pour les terrains argileux). Le groupe de travail a choisi de retenir l'approche, semblable à celle de stabilité d'ensemble (VC3, MFA M2) adoptée précédemment par la CN JOG (CN JOG, 2020). Toutefois, en condition non drainée, il est désormais proposé de retirer le coefficient de modèle de 1,1 pour retenir une sécurité globale égal au facteur partiel sur la cohésion non drainé (1,4, M2).

Par ailleurs des indications sont donnés sur l'altimétrie à partir de laquelle doit être la vérification : à ce stade, la base de la fiche mécanique est a priori retenue. Considérer la base de la fiche hydraulique nécessiterait une analyse particulière (les fiches en béton à la base des parois moulée ont toutefois dans la pratique souvent été retenues).

Pour les écrans discontinus, pour lesquelles une poussée réduite est considérée sous le fond de fouille, la vérification à faire au niveau du fond de fouille (norme actuelle §15.1 (1) Note 6) sera précisée (par exemple une possibilité est donnée de considérer une cohésion apparente à court terme si cela se justifie, ou de procéder à une analyse de stabilité mixte).

3.1.4 Sécurité sur la butée d'un écran

Cette question du format de sécurité est traitée dans la perspective de traduire la pratique actuelle (Norme écran actuelle, Utter 2017, CN JOG 2018, CFMS 2023, Schmitt 2023), dans le formalisme précédemment décrit.

Pour la révision de la norme le vocable suivant est aussi proposé pour les Modèles d'interaction sol structure mises en œuvre : MCR, mettant en œuvre la Méthode aux coefficients de Réaction et MMC mettant en œuvre des Méthodes de résolution des Milieux Continus. Le suffixe A ou B est ajouté à ces acronymes selon que la méthode de vérification de la butée consiste respectivement à établir le rapport entre la butée mobilisable sur la butée mobilisée, ou à réduire valeurs des paramètres des propriétés de résistance au cisaillement.

La figure 4 correspond au tableau proposé dans la révision de la norme (en cours d'Enquête Publique) pour la vérification du défaut de butée d'un écran avec 1 ou plusieurs appuis. Un second tableau est proposé pour les écrans en console pour lesquels la Méthode de l'Equilibre Limite doit être utilisée spécifiquement pour vérifier la sécurité vis-à-vis du défaut de butée. Pour les écrans en console, le groupe de travail a retenu que les sollicitations de l'écran à vérifier sont celles du calcul de type MCR ou MMC.

	MCR A ou MMC A (VC4+EFA)		MCR B (VC4+RFA)		MMC B (VC4+MFA) ^(a)
	Rapport entre la butée mobilisable et la butée mobilisée ^(c)	Coefficient partiel de majoration sur les sollicitations dans la structure	Coefficient partiel de minoration sur la butée mobilisable ^(c)	Coefficient partiel de majoration sur les sollicitations dans la structure	
ELU fond.	1,89 ^(b)	1,35	1,89	1,0	Voir EN 1997-1 et son annexe nationale
ELU acc.	1,3	1,0	1,4 ^(b)	1,0	
ELU prov.	1,5	1,35	1,5	1,0	

(a) Ce calcul a pour objectif la vérification structurale et géotechnique de l'écran. Si le défaut de butée n'est pas vérifié par une autre approche, alors la procédure de réduction des propriétés de cisaillement doit porter sur l'ensemble du massif de terrain. Dans le cas inverse, elle peut porter uniquement sur le volume de terrain en butée.

(b) En MCR A et MMC A, il est permis de réduire ce coefficient partiel jusqu'à une valeur de 1,7, sous réserve de vérifier que les déplacements admissibles ont été définis et ne sont pas dépassés, que le volume de reconnaissances géotechniques est suffisant notamment en ce qui concerne les modules d'élasticité du terrain, que la méthode de calcul des déplacements utilisée rend compte des niveaux de déformation atteints et que l'exécution de l'écran fasse l'objet de missions de supervision et d'inspection.

(c) Pour les écrans simplement appuyés, considérés comme isostatiques, il est possible de mettre en œuvre la méthode MEL avec les coefficients du tableau 8.2.

(d) Le coefficient partiel en situation accidentelle peut être modulé, tout en restant supérieur à 1,1, selon la nature de la sollicitation. Ce coefficient est alors défini dans les documents du marché.

Figure 4. Vérification de la butée d'un écran avec au moins un niveau d'appui – facteur partiel pour les ELU

3.1.5 Tirants et stabilité du massif d'ancrage

L'EN 1997-3 apporte de nombreux éléments sur le sujet des tirants (Clause 8) et l'étude du massif d'ancrage (Annexe D). Le groupe de travail a vérifié la cohérence de ce texte avec la pratique synthétisée notamment dans le TA2020 et a ensuite proposé de s'y référer. Une correspondance entre les notations de l'EN1997-3 et celles du TA2020 est proposée en annexe du projet de norme.

Pour le massif d'ancrage, le mécanisme de Kranz peut également être appréhendé comme un

mécanisme particulier de la stabilité. Pour ce sujet, largement traité dans la norme NF EN 1997-3 (annexe D), seuls des compléments sont apportés par la norme concernant le format de sécurité et le cas d'ancrages sans longueur libre (clous ou micropieux). Le groupe de travail a choisi de laisser au concepteur le choix du point d'effort tranchant nul et la forme et la concavité de la surface de rupture (la forme en spirale logarithmique est particulièrement pertinente lorsque l'angle par rapport à l'horizontale du plan de rupture est supérieur à l'angle de frottement du sol)

3.1.6 Ruptures d'origine hydraulique

L'ensemble des états limites « hydrauliques » sont traités à l'EN 1997 (§8.1.3.2 et §8.1.4).

On distingue désormais plus nettement la perte d'équilibre vertical d'un bloc (up lift), vérifiée à l'aide du cas de vérification VC2, des ruptures dites d'origine hydraulique faisant intervenir les forces d'écoulement (Simonnet 2026) : rupture par annulation des contraintes effectives, pour laquelle le coefficient global de sécurité reste de 1,5, ou rupture par érosion interne ou régressive, consistant à comparer le gradient d'écoulement à une valeur de gradient critique. Il est indiqué que ces vérifications impliquant un gradient d'écoulement peuvent être antagonistes (Burlon 2026). Le groupe de travail a, sur ces aspects, proposés de procéder par renvois à l'EN 1997-1, tout en maintenant un minimum de compléments didactiques présents dans la norme existante. Dans un second temps, le groupe a également travaillé sur un projet d'annexe dédiée spécifiquement à la question de la mise hors d'eau. (Simonnet 2026)

3.2 Apports vis-à-vis des normes existantes

3.2.1 Annexe sur les ouvrages circulaires

Ce groupe de travail s'est constitué dans l'objectif de créer une annexe sur ce thème peu traité dans la norme existante. Il s'est appuyé sur les réflexions menées lors de l'établissement du guide AFTES sur les puits superficiels. Le fonctionnement des ouvrages circulaires est décrit et des points de vigilance sont mentionnés tel que les chargements dissymétriques, les percements localisés, etc. (Legrand, 2026a). La prise en compte des déviations constitue un point de vigilance fort et des indications sont formulées pour son intégration dans le dimensionnement : De manière à ne pas sous-estimer la réaction annulaire, la rigidité cylindrique ne doit pas être réduite par une déviation fictive. La déviation peut être prise en compte lors du calcul de la

contrainte de compression dans l'anneau de béton, à l'Etat Limite Ultime.

3.2.2 Annexe sur les ouvrages étagés

Pour chacune des normes murs et écran, il est proposé une annexe donnant des indications sur les ouvrages étagés. Le groupe de travail a cherché à décrire les interactions pouvant exister entre deux ouvrages proches l'un de l'autre (interaction par exemple entre la butée d'un écran amont et la poussée de l'écran aval) et a proposé un critère sur la distance entre ouvrage à partir de laquelle l'interaction peut être négligée. (N'Guyen 2026a, 2026b).

3.2.3 Mise en œuvre du dimensionnement

L'EN 1997 (2nde gén.) insiste désormais davantage sur la mise en œuvre du dimensionnement, en abordant les aspects de contrôle, d'auscultation, de maintenance d'essai et de document de récolement.

La norme écran existante mentionnait au §17 (tableau 17.3) déjà des principes sur le suivi de la construction, et insistait sur certaines dispositions constructives, notamment en termes de maîtrise des écoulements, en privilégiant la réalisation de puits ou drains de décharge, à même de préserver la butée et de prévenir la boulangerie ou le soulèvement (up-lift).

Ces aspects devraient être repris et développés avec deux évolutions : D'une part, l'annexe relative aux appuis (tirants et butons) est proposée sous un statut normatif, et une annexe dédiée à la maîtrise de la mise hors d'eau est ajoutée avec un statut normatif. (les préconisations disséminées dans la norme existante y ont été regroupées). D'autre part, la norme renvoie également à des travaux récents réalisés sous l'égide du CFMS, qui peuvent contribuer à guider le praticien, en termes de dispositions constructives, suivi et réception des travaux : guides sur les rabattements provisoires, sur la révision du TA95 (TA2020), sur l'instrumentation ou sur les voiles par passes alternées.

3.2.4 Autres apports

Le groupe de travail sur l'obliquité a proposé des indications, en complément de l'EN 1997 pour guider le choix de l'ingénieur et l'alerter sur la cohérence à avoir sur l'hypothèse de frottement sol/écran prise pour les vérifications des équilibres horizontal et vertical.

Le groupe de travail sur les parois discontinues s'est proposé de réexaminer la question du coefficient berlinois, et celle de l'optimisation possible des efforts sur les blindages. Sur ce dernier point une revue bibliographique et des propositions ont été faites (Legrand 2026b).

Sur la partie matériau, il est possible de noter, que la limitation de la contrainte moyenne de compression à l'ELS est proposée à $0,35.f_{ck}^*$ au lieu de $0,3.k_3.f_{ck}^*$ dans la norme actuelle. Le coefficient k_3 , lié au mesure de contrôle mise en œuvre est dorénavant directement intégré dans l'expression de la résistance caractéristique du béton en compression mise en œuvre en fondation profonde (f_{ck}^*).

Pour la norme sur les murs de soutènement, le peu de modifications apportées à la norme actuelle concerne la prise en compte des murs étagés, des pressions liées au compactage et des compléments sur les murs en gabions.

4 CONCLUSIONS

Le présent article constitue une simple présentation et synthèse des travaux de révision des normes françaises de calcul des ouvrages de soutènements Mur et Ecran, réalisées dans le cadre du passage à la seconde génération des Eurocodes.

Les normes sont désormais passées à l'Enquête Publique et les travaux de dépouillement de ces Enquêtes Publiques se dérouleront au cours de l'année 2026, sous l'égide de la CN JOG.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient les membres de la CN JOG qui contribuent aux travaux de révisions des normes et plus particulièrement ceux ayant accepté le pilotage de groupe de travail ou de la rédaction d'article de synthèse (P. Aguado, C. Caplane, M. Gratier, H. Eslami, A. Lafourcade, P. Legrand, L. Leurent, F. Louvel, K. V. Nguyen, J. Simonnet, J.-P. Volcke.)

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bogusz, W. (2024), *Eurocode 7 – second generation: retaining structures – Looking beyond the partial factors for safety in design*, Proceedings of the XVIII ECSMGE 2024.

Burlon, S. (2024). *Presentation of clauses 7&8, Retaining structures and anchors*. CEN TC250 SC7, Seminar 2024 Design with second generation Eurocode, Paris, France.

Burlon, S. (2026). *2nde Generation of Eurocode 7 – Verification of limit states Use a partial factor, testing and prescriptive methods*, Proceedings of the 21st ICSMGE, Vienna 2026.

CFMS (2020-2025). *Tirants d'Ancre TA2020, 2020 ; Recommandations pour les rabattements temporaires de nappes, 2022 ; pour la technique*

des voiles par passes, 2023 ; pour la modélisation numérique, 2023 ; pour l'instrumentation des ouvrages géotechniques, 2025. CFMS, France. <https://www.cfms-sols.org/recommandations>

CN JOG (2020) *Précisions sur la justification du renard solide*, site web CFMS,

CN JOG (2018) *Précisions sur la justification de la stabilité d'un écran de soutènement hyperstatique vis-à-vis du défaut de butée*, site web CFMS,

Legrand, P. & al. (2026a) *Conception et dimensionnement des ouvrages circulaires*, 13^{ème} JNGG, Grenoble, France, 2026.

Legrand, P. & al. (2026b) *Etude sur la prise en compte des effets de voute dans les soutènements discontinus*, 13^{ème} JNGG, Grenoble, France, 2026.

NF P 94-281 (2014) *Calcul géotechnique – Ouvrages de soutènement – Murs*, AFNOR, Paris, France.

NF P 94-282 (2009) *Calcul géotechnique – Ouvrages de soutènement – Ecrans*, AFNOR, Paris, France.

NF P 94-282 A1 (2013) *Calcul géotechnique – Ouvrages de soutènement – Ecrans. Amendement 1*, AFNOR, Paris, France.

N Guyen, K. V. & al. *Etude sur le comportement et les interactions des murs étagés*, 13^{ème} JNGG, Grenoble, France, 2026.

N Guyen, K. V. & al. *Etude sur le comportement et les interactions des écrans étagés*, 13^{ème} JNGG, Grenoble, France, 2026.

Pr EN 1990 (2022) – *Eurocode 0 seconde génération, Basis of structural and geotechnical design*, Comité Européen de Normalisation, Brussels.

Pr EN 1997-1 :2023.06 (2023) – *Projet Eurocode 7 seconde génération – partie 1*, CEN TC250/SC7.

Pr EN 1997-2 :2023.06 (2023) – *Projet Eurocode 7 seconde génération – partie 2*, CEN TC250/SC7.

Pr EN 1997-3 :2024 (F) (2024) – *Projet Eurocode 7 seconde génération – partie 3*, CEN TC250/SC7.

Pr NF EN 1997-1/NA (2025) – *Projet d'Annexe Nationale à l'Eurocode 7 seconde génération – partie 1*, CN JOG, AFNOR, BNTRA, France.

Simonnet, J. & al. (2026a) *Les aspects hydrauliques dans la révision de la norme sur les écrans de soutènements NF P 94-282*, 13^{ème} JNGG, Grenoble, France, 2026.

Schmitt, P. (2023) *French practice for design of embedded walls: history and background, overview of limitations of different models and design approaches*, Revue Franç. de Géotechnique, 175, 7

Utter, N. (2017) *Sécurité sur la butée des écrans de soutènement : Quelques cas particuliers*, Revue Travaux n°933, Juin 2017.