



## Systèmes d'avertissement et d'évitement des collisions Attendus de la profession - Révision 2

### Préambule

**Le système demandé doit répondre à la norme NF EN ISO 13849-1 :2016** « Principes généraux de conception des systèmes de commande relatives à la sécurité ».

Le système demandé est un système d'avertissement des collisions (*collision warning system* - CWS) **et** un système d'évitement des collisions (*collision avoidance system* - CAS) tels que définis dans la norme ISO 21815-1 « *Earth-moving machinery — Collision warning and avoidance — Part 1 : General requirements* », non traduite en français en 03/2024.

Que l'engin mobile équipé de ce système soit ou non un engin de terrassement, **ce système doit répondre à la norme ISO 21815-1 :2022**, et en particulier aux exigences de performance définies dans le chapitre 4 de cette norme, à l'exception des dispositions citées ci-après, qui s'appliquent en lieu et place ou en complément des dispositions de la norme.

Ces attendus ne s'appliquent pas aux machines rail-route, qui sont soumises à un agrément SNCF et font l'objet d'un cahier des charges spécifiques établi avec le Syndicat des Entrepreneurs de Travaux de Voies Ferrées de France (SETVF).

Le soumissionnaire doit préciser au demandeur si l'une des exigences a un impact significatif sur le niveau de sa proposition tarifaire. Le cas échéant, il doit communiquer une estimation de cet impact financier.

Le soumissionnaire doit préciser également les points du cahier des charges qu'il n'est pas en mesure de respecter, en complétant le tableau de l'annexe C.

Par ailleurs, nous rappelons que la norme ISO 21815-1 mentionne qu'*une analyse de risques pour une machine équipée d'un dispositif CxS doit être effectuée conformément aux principes de la norme ISO 12100 par l'intégrateur de systèmes* (paragraphe 4.1.15).

## Exigences

It.	Description	Obligation	Option
<p><b>1</b></p> <p><b>Conformité aux normes</b></p>	<p>Le système répond à la norme NF EN 13849-1 :2016 avec :</p> <p>1.1 - Un niveau de performance requis (PLr) supérieur ou égal à D en termes de détection des piétons</p> <p>1.2 - Un niveau de performance requis (PLr) supérieur ou égal à A en termes d'avertissement des collisions</p> <p>1.3 - Un niveau de performance requis (PLr) supérieur ou égal à D en termes d'évitement des collisions</p> <p>1.4 Le système répond à la norme ISO 21815-1 :2019, à l'exception des dispositions ci-après qui s'appliquent en lieu et place ou en complément des dispositions de cette norme.</p>	<p>1</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>1</p>	
<p><b>2</b></p> <p><b>Objets à détecter</b></p>	<p>Pour mémoire, la norme ISO 21815-1 :2019 définit (paragraphe 3.5) un objet à détecter comme un <i>objet, tel qu'une personne, une machine, un véhicule ou un obstacle, qui doit être détecté par un système d'avertissement de collision (CWS – Collision Warning System) ou un système d'évitement de collision (CAS - Collision Avoidance System) lorsqu'il se trouve dans la zone à risque de collision.</i></p> <p>2.1 Le système demandé doit détecter à minima les personnes, quelles que soient leur posture : debout, assis, accroupi, couché, ...</p> <p>2.2 Nota : La détection « tout obstacle » est possible, cependant l'attention du soumissionnaire est attirée sur le risque d'action intempestive du système (blocage de l'engin) le cas échéant, dans le cas de la montée sur un porte-engin, par exemple.</p>	<p>1</p>	<p>1</p>
<p><b>3</b></p> <p><b>Information du chauffeur en cas de dysfonctionnement du système ou de sortie de la plage d'utilisation</b></p>	<p>Pour mémoire, la norme ISO 21815-1 :2019 indique (paragraphe 4.6) que :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Tout au long de l'exploitation, le système doit effectuer un autodiagnostic à une fréquence déterminée par l'évaluation des risques du fabricant,</i></li> <li>- <i>Lorsque la capacité CxS est détectée comme n'étant pas disponible parce qu'elle est en dehors des limites d'utilisation spécifiées (par exemple, la vitesse), l'opérateur doit en être informé.</i></li> </ul>		

It.	Description	Obligation	Option
3.1	<p>Le client précise que le système demandé doit avoir une fréquence d'autodiagnostic et de vérification de la plage de fonctionnement inférieur à une seconde.</p> <p>Nota : La plage d'utilisation est à définir dans la notice d'instructions du système. Cf point 12.3.</p>	1	
3.2	<p>La non-disponibilité du système ne doit pas bloquer le fonctionnement ou l'utilisation de la machine.</p>	1	
4	<p><b>Conditions prévisionnelles d'utilisation</b></p> <p>La norme ISO 21815-1 :2019 indique que <i>les systèmes d'avertissement et d'évitement de collision qui ont des capacités limitées (par exemple, vitesse et distance limitées) pourraient avoir des limites d'utilisation différentes en fonction des cas d'utilisation définis dans les autres parties de la série ISO 21815 (paragraphe 4.2.4).</i></p> <p>Le client précise que le système demandé doit fonctionner dans les conditions suivantes :</p> <p>4.1 - Température ambiante : Entre <b>X</b> et <b>Y</b> °c,  4.2 - Luminosité : Entre <b>X</b> et <b>Y</b> lux,  4.3 - Environnement avec brouillard, pluie, neige, poussières  4.4 - Vitesse inférieure ou égale à la vitesse maximale de l'engin,  4.5 - Pente inférieure ou égale à la pente admissible de l'engin</p>	1	
5	<p><b>Protection contre la modification non autorisée des fonctions du système</b></p> <p>La norme ISO 21815-1 :2019 indique qu'<i>un CxS doit être conçu pour empêcher toute modification non autorisée des paramètres internes ou du logiciel CxS. EXEMPLE Protections contre les modifications non autorisées telles que les mots de passe, les serrures à clé.</i> (paragraphe 4.7).</p> <p>Le client précise que le système doit avoir fait l'objet d'une analyse des risques de cybersécurité liés à sa mise en œuvre et préciser les dispositifs et contrôles de sécurité mis en regard de ces risques.</p> <p>Ils doivent inclure à minima :</p> <p>5.1 - Démarrage sécurisé matériel,  5.2 - Cryptage de pointe, chiffrement du micrologiciel (<i>firmware</i>) stocké en mémoire,  5.3 - Mécanismes anti-effractions,  5.4 - Aucune interface de débogage physique disponible,  5.5 - Procédure sécurisée d'application des correctifs,</p>	1	

It.	Description	Obligation	Option
5.6 5.7 5.8 5.9 5.10 5.11 5.12	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prévention du clonage,</li> <li>- Principe du moindre privilège (POLP) (chaque utilisateur doit avoir accès selon ses besoins),</li> <li>- Interface logicielle sécurisée : exigence d'authentification,</li> <li>- Identité et mot de passe uniques pour l'appareil,</li> <li>- Gestion sécurisée des droits d'accès selon POLP,</li> <li>- Système de journalisation (enregistrement de chaque action sur le système – historisation) / Historisation des changements de versions, programme, etc.</li> <li>- Rôles et responsabilités clairs.</li> </ul>		
<b>6</b>   6.1   6.2	<p><b>Enregistrement et extraction des données</b></p> <p>La norme ISO 21815-1 :2019 n'aborde pas le sujet de l'enregistrement des données.</p> <p>Le client précise que le système demandé doit enregistrer différents événements :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sorties de plage d'utilisation,</li> <li>• Dysfonctionnements,</li> <li>• Détection par le CWS,</li> <li>• Action par le CAS.</li> </ul> <p>Le système demandé doit permettre l'extraction des données enregistrées.</p>	   1   1	
<b>7</b>	<p><b>Possibilités de neutralisation (override)</b></p> <p>La norme ISO 21815-1 :2019 indique qu'<i>un CxS peut avoir différents modes de fonctionnement : mode normal, mode veille et mode de neutralisation</i> (paragraphe 4.7).</p> <p>Le client précise les points suivants :</p> <p>S'il y a une possibilité de désactivation, il doit y avoir :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Une possibilité de réactivation manuelle à tout moment, et réactivation automatique au bout de X min, et une information au chauffeur <u>avant</u> réactivation.</li> <li>• Une réactivation automatique au redémarrage si l'engin était en mode inhibition au moment de son arrêt.</li> </ul>		

It.	Description	Obligation	Option
7.1	<p><u>L'avertissement</u> au chauffeur doit pouvoir être désactivé par le chauffeur, pour éviter des alertes excessives en cas de proximité nécessaire avec un obstacle ou une personne. La durée de cette désactivation de l'avertissement doit être dans la plage de <b>X</b> à <b>Y</b> minutes. Cette durée de désactivation ne doit pas pouvoir être modifiée par une personne non autorisée.</p>	1	
7.2	<p>Le système d'évitement de collision <u>ne doit pas</u> pouvoir être désactivé en cas de <u>proximité avec une personne</u>.</p>	1	
7.3	<p>Le système d'évitement de collision <u>doit</u> pouvoir être désactivé en cas de <u>proximité avec un obstacle</u>.</p>	1	
7.4	<p>Le système doit demander au chauffeur une confirmation avant de passer en mode inhibition.</p>	1	
<b>8</b>	<p><b>Alerte du piéton</b></p> <p>La norme ISO 21815-1 :2019 indique que l'avertissement - défini comme une <i>transmission d'informations d'alerte par des signaux visuels, sonores ou autres - est destiné à l'opérateur et peut également être destiné aux personnes situées à proximité de la machine en plus de l'opérateur</i> (paragraphe 3.2).</p>		
8.1	<p>Le système demandé doit alerter le piéton en cas de risque de collision.</p>		1
<b>9</b>	<p><b>Instrumentation des piétons</b></p> <p>La norme ISO 21815-1 :2019 indique qu'<i>un CxS peut avoir une détection passive (par exemple, caméra, radar) des objets prévus qui ne sont pas instrumentés, ou bien un CxS peut nécessiter que l'objet prévu soit instrumenté (par exemple, par un badge RFID)</i> (paragraphe 3.2).</p>		
9.1	<p>Le soumissionnaire <u>peut</u> proposer une instrumentation des piétons, pour améliorer les performances du système ou bien pour distinguer un piéton « ami » (instrumenté) d'un piéton « intrus » (non instrumenté).</p>		1
9.2	<p>En revanche, il <u>ne doit pas</u> être nécessaire que les personnes à détecter soient instrumentées (par exemple, par un badge RFID) pour qu'elles soient détectées, et que le système d'évitement des collisions soit opérant.</p>	1	

It.	Description	Obligation	Option
<p><b>10</b></p> <p><b>Actions possibles</b></p> <p>Le système peut agir de différentes manières :</p> <p>10.1 - Blocage (TIC<sup>1</sup>) ou arrêt de la translation en marche avant</p> <p>10.2 - Blocage (TIC<sup>1</sup>) ou arrêt de la translation en marche arrière</p> <p>10.3 - Blocage (SIC<sup>2</sup>) ou arrêt de la rotation,</p> <p>10.4 - Blocage ou arrêt du mouvement des équipements : godet, outil, benne, balancier, bras, ...</p> <p>L'annexe B définit les actions nécessaires pour différentes familles d'engin.</p>		1	
<p><b>11</b></p> <p><b>Initialisation du système</b></p> <p>La norme ISO 21815-1 :2019 ne précise pas de durée d'initialisation du système, et n'interdit pas les mouvements lorsque le système est en phase d'initialisation.</p> <p>11.1 Le client précise que la durée d'initialisation du système doit être inférieure à une minute.</p> <p>11.2 Les différents mouvements de l'engin doivent être neutralisés pendant la phase d'initialisation du système.</p>		1	1
<p><b>12</b></p> <p><b>Notice d'instructions</b></p> <p>La norme ISO 21815-1 :2019 présente en annexe un exemple de contenu de notice d'instructions (annexe 3).</p> <p>Le client précise que la notice d'instructions doit comprendre les points suivants :</p> <p>12.1</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Descriptif du système</u> Caractéristiques générales et descriptif des composants du système</li> </ul> <p>12.2</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Zones de fonctionnement</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zone(s) de détection par le système,</li> <li>- Zone(s) d'avertissement du chauffeur,</li> <li>- Zone(s) dans lesquelles le système déclenche une action automatique, en cas de présence de piéton.</li> </ul> </li> </ul> <p>Nota 1 : La forme et la taille des volumes de détection doivent figurer sur des schémas explicites, montrant différentes vues de l'engin.</p>		1	

<sup>1</sup> : TIC = Take-Off Inhibition CxS

<sup>2</sup> : SIC = Swing Inhibition CxS

It.	Description	Obligation	Option
	<p>Nota 2 : Les distances d'avertissement du chauffeur et d'action automatique sont fonction de la vitesse de l'engin ou de son équipement.</p>		
12.3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Limites d'utilisation du système et facteurs pouvant dégrader ses performances</u> Par exemple : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Température ambiante,</li> <li>- Luminosité,</li> <li>- Opacité liée par exemple au brouillard, à la pluie, à la neige ou aux poussières,</li> <li>- Vitesse à vide, ou à la charge nominale (pour les matériels concernés),</li> <li>- Pente.</li> <li>- ...</li> </ul> </li> </ul>		
12.4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Mesures à prendre et recommandations pour minimiser les dangers</u>, notamment en lien avec des conditions qui pourraient dégrader les performances du système. Exemples : éclairage, limitation de vitesse, bridage, nettoyage des capteurs...</li> </ul>		
12.5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Mode d'emploi</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Instructions pour la prise en main,</li> <li>- Information sur les différents modes (initialisation, fonctionnement, ...) et les signaux visuels, sonores ou autre, ...</li> <li>- Vérifications à effectuer avant utilisation,</li> <li>- Instructions à suivre en cas de défaillance.</li> <li>- ...</li> </ul> </li> </ul>		
12.6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Instructions de maintenance</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Instructions pour vérifications périodiques des performances du système.</li> <li>- Maintenance préventive à mettre en œuvre.</li> </ul> </li> </ul>		
12.7	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Conformité réglementaire</u> L'engin équipé du système doit conformes aux exigences réglementaires qui lui sont applicables et en particulier à la Directive Machines 2006/42/CE.</li> </ul>		

**Annexe A – Détermination du niveau de performance requis (performance level – PLr)**

	<b>Gravité de la blessure</b>	<b>Fréquence et/ou durée d'exposition au phénomène dangereux</b>	<b>Evitement du phénomène dangereux ou limitation du dommage possible</b>	<b>PLr</b>
Point de départ du niveau de détermination du niveau de performance requis PLr	Blessure légère S1 (normalement réversible)	Rare à fréquente et/ou de courte durée F1	Possible sous certaines conditions P1	PLa
			Rarement possible P2	PLb
		Fréquente à continue et ou de longue durée F2	Possible sous certaines conditions P1	
			Rarement possible P2	
	Blessure grave (normalement irréversible) et décès S2	Rare à assez fréquente et/ou de courte durée F1	Possible sous certaines conditions P1	PLd
			Rarement possible P2	
		Fréquente à continue et ou de longue durée F2	Possible sous certaines conditions P1	PLe
			Rarement possible P2	



## Annexe B – Actions requises pour différentes familles d'engins

	Blocage (TIC) ou arrêt de la translation en <b>marche avant</b>	Blocage (TIC) ou arrêt de la translation en <b>marche arrière</b>	Blocage ou arrêt du <b>changement de direction</b>	Blocage (SIC) ou arrêt de la <b>rotation</b>	Blocage ou arrêt du <b>mouvement des équipements</b>
Chargeuse sur pneus et Chargeuses sur chenilles	Option	Obligation	Marche AV : Option Marche AR : Obligation	N/A	Option
Chariot élévateur sans tourelle	Option	Obligation		N/A	Obligation
Chariot élévateur avec tourelle	Option	Obligation		Obligation	Obligation
Compacteurs (hors déchets) (pneus, terrassement, tandem)	Option	Obligation		N/A	
Mini-chargeuse sur pneus ou chenilles		Obligation	Obligation	N/A	
Minipelle		Obligation		Obligation	Option
Motobasculeur	Obligation	Obligation		N/A	
Niveleuse	Option	Obligation	Option	N/A	
Pelles hydrauliques (chenilles, pneus)		Obligation		Obligation	Option
Stabilisatrice de sol	Option (suivant modèle)	Obligation		N/A	
Tombereau rigide ou articulé	Option	Obligation	Marche AV : Option Marche AR : Obligation	N/A	Option
Tracteur sur chenilles	Option	Obligation	Option	N/A	

**Familles d'engins non listées :**

- Décapeuses automotrices
- Finisseurs
- Foreuses
- Machines à extrusion
- Raboteuses / Fraiseuses
- Tracteurs agricoles
- Tracteurs poseurs de canalisations (side-boom)

### Annexe C – Matrice de conformité au cahier des charges

Numéro Exigence	Libellé Exigence	Conforme	Non Conforme	Commentaire Soumissionnaire	Commentaire Client
<b>1</b>	<b>Conformité aux normes</b>				
1.1	- Niveau de performance D mini pour la détection				
1.2	- Niveau de performance A mini pour l'avertissement				
1.3	- Niveau de performance D mini pour l'évitement				
1.4	- Conformité ISO 21815-1:2022				
<b>2</b>	<b>Objet à détecter</b>				
2.1	- Détection des personnes				
2.2	- Détection tout obstacle				
<b>3</b>	<b>Informations en cas de dysfonctionnement ou de sortie de la plage d'utilisation</b>				
3.1	Fréquence d'autodiagnostic et de vérification de la plage de fonctionnement				
3.2	Engin non bloqué si le système n'est pas disponible				
<b>4</b>	<b>Conditions prévisionnelles d'utilisation</b>				
4.1	- Température ambiante				
4.2	- Luminosité				
4.3	- Brouillard, pluie, neige, poussières				
4.4	- Vitesse				
4.5	- Pente				
<b>5</b>	<b>Protection contre la modification non autorisée des fonctions du système</b>				
5.1	- Démarrage sécurisé matériel				
5.2	- Cryptage de pointe				
5.3	- Mécanismes anti-effractions				
5.4	- Aucune interface de débogage physique disponible				
5.5	- Procédure sécurisée d'application des correctifs				
5.6	- Prévention du clonage				
5.7	- Principe du moindre privilège (POLP)				

Numéro Exigence	Libellé Exigence	Conforme	Non Conforme	Commentaire Soumissionnaire	Commentaire Client
5.8	- Interface logicielle sécurisée				
5.9	- Identité et mot de passe uniques pour l'appareil				
5.10	- Gestion sécurisée des droits d'accès selon POLP				
5.11	- Système de journalisation / Historisation des changements de versions, programme, etc.				
5.12	- Rôles et responsabilités clairs				
<b>6</b>	<b>Enregistrement et extraction des données</b>				
6.1	- Enregistrement des sorties de plage d'utilisation, des dysfonctionnements, des avertissements par le CWS et des actions par le CAS.				
6.2	- Possibilité d'extraction des données				
<b>7</b>	<b>Possibilités de neutralisation</b>				
7.1	Désactivation possible de l'avertissement au chauffeur				
7.2	Non désactivation du CAS en cas de proximité avec une personne				
7.3	Désactivation possible du CAS en cas de proximité avec un obstacle				
<b>8</b>	<b>Alerte du piéton</b>				
<b>9</b>	<b>Instrumentation des piétons</b>				
9.1	Instrumentation des piétons possible				
9.2	Instrumentation des piétons non nécessaire				
<b>10</b>	<b>Actions</b>				
10.1	Blocage ou arrêt de la marche avant				
10.2	Blocage ou arrêt de la marche arrière				
10.3	Blocage ou arrêt de la rotation				
10.4	Blocage ou arrêt du mouvement des équipements				
<b>11</b>	<b>Initialisation du système</b>				
11.1	Durée maxi d'initialisation				
11.2	Blocage des mouvements pendant l'initialisation				

Numéro Exigence	Libellé Exigence	Conforme	Non Conforme	Commentaire Soumissionnaire	Commentaire Client
<b>12</b>	<b>Notice d'instructions</b>				
12.1	Descriptif du système				
12.2	Définition des zones de fonctionnement				
12.3	Limites d'utilisation et facteurs pouvant dégrader les performances				
12.4	Mesures à prendre pour minimiser les dangers				
12.5	Mode d'emploi				
12.6	Instructions de maintenance				
12.7	Conformité réglementaire				