

UTBM – Site de Montbéliard
90010 BELFORT Cedex

Marché n°2529_ERCOS_CAVE

Appel d'offres ouvert

*(Article L.2124-2 du code de la commande publique et
Articles R.2124-1, R.2124-2, R.2161-2 et R.2161-4 du code de la commande publique)*

Cahier des clauses techniques particulières (CCTP)

**ACQUISITION D'UN SYSTEME DE VISUALISATION STEREOSCOPIQUE
IMMERSIF POUR LE LABORATOIRE ELLIADD – POLE ERCOS DE L'UTBM**

Le représentant légal du pouvoir adjudicateur est Ghislain Montavon, directeur de l'UTBM

Financement : Programme – ANR -21-ESRE-0030



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

anr ©
agence nationale
de la recherche



SOMMAIRE

1 - OBJET DU MARCHE	3
2 - PRINCIPALES ACTIONS A REALISER PAR LE TITULAIRE	4
3 - CARACTERISTIQUES TECHNIQUES PRINCIPALES DE L'EQUIPEMENT	4
4 - AUTRES PRESTATIONS INCLUSES DANS LA TRANCHE FERME	6
5 – PSE ET TRANCHES OPTIONNELLES.....	7

1 - OBJET DU MARCHE

Contexte de l'opération :

L'activité de recherche de l'équipe ERCOS (Ergonomie et Conception des Systèmes) du Laboratoire ELLIADD, porteur du projet, concerne l'intervention de l'ergonomie dans la conception des produits et des systèmes. S'appuyant sur le modèle de l'ingénierie concourante, qui rompt avec le modèle linéaire et séquentiel de conception classique, l'équipe ERCOS propose une ergonomie capable de suivre la conception des produits et des systèmes du début à la fin. L'objectif est d'aider le concepteur à développer des systèmes, des produits, des outils, des dispositifs, qui tiennent compte des besoins et attentes des utilisateurs/opérateurs.

Dans le cadre d'un **processus coopératif de conception** de la fonction d'usage du produit et des moyens de production associés, il est primordial de faire intervenir sur la plate-forme de simulation, les véritables futurs utilisateurs et opérateurs de fabrication, de maintenance, etc. Ceux-ci devront donc être équipés de dispositifs de **vision stéréoscopique** et devront **pouvoir interagir** avec le **produit virtuel**, voire avec le **poste de travail virtuel**, plongé dans un **environnement virtuel** en haute résolution.

Ces travaux entrent dans le cadre du partenariat national CONTINUUM, projet bénéficiant d'un financement ANR, dans le programme PIA4 – Equipements structurants pour la recherche – sous la référence ANR-21-ESRE-0030. <https://anr.fr/ProjetIA-21-ESRE-0030>

Le schéma d'utilisation du dispositif envisagé se présente de la manière suivante (illustration) :

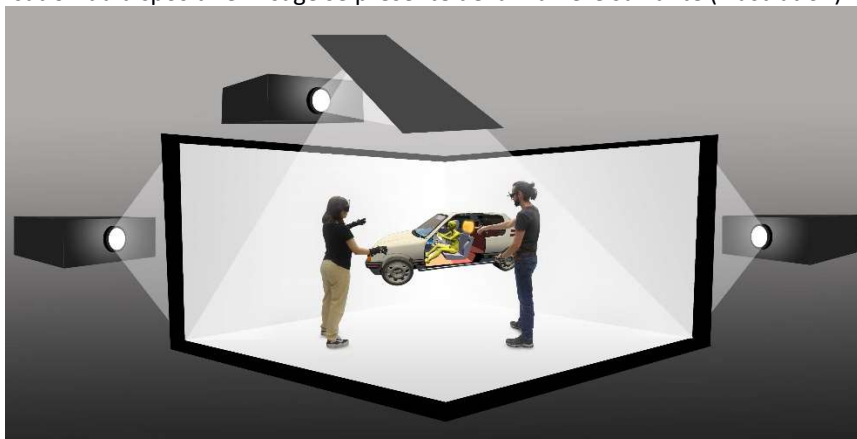


Illustration de l'usage par deux utilisateurs du système immersif à 3 écrans

L'offre attendue doit pouvoir répondre à un usage du dispositif décrit pour **deux utilisateurs distincts**, munis de lunettes stéréoscopiques, immergés dans un environnement virtuel. Le dispositif devra être capable de calculer, mettre en forme et afficher deux vues stéréoscopiques distinctes d'une même scène 3D, pour une fréquence d'affichage de 240 Hz, assurant un point de vue individuel avec un rendu visuel confortable pour chaque utilisateur.

Le dispositif informatique, l'environnement graphique et les logiciels fournis devront être adaptés pour répondre à ces caractéristiques.

Le dispositif doit pouvoir être également adapté pour un fonctionnement avec un seul utilisateur, et dans ce cas les caractéristiques techniques des images pourront être adaptées (meilleure qualité).

L'objet du marché porte sur la fourniture des équipements, des logiciels nécessaires, de la maintenance et la formation des personnels devant intervenir en maintenance ou en exploitation sur l'ensemble de ces équipements. Ce marché est constitué d'un ensemble de fournitures d'équipements et de prestations complet et non dissociable, hors les options supplémentaires proposées en section 5.

Note importante : le laboratoire dispose déjà d'un dispositif à trois écrans et souhaite conserver le support d'affichage des images existant. Vous trouverez dans la section 3 les caractéristiques techniques de ce support.

2 - PRINCIPALES ACTIONS A REALISER PAR LE TITULAIRE

La prestation attendue par le titulaire est constituée des opérations suivantes :

- La fourniture de trois projecteurs d'images à une fréquence de rafraîchissement de 240 Hz, assurant un volume immersif contenu dans un espace cubique de grandes dimensions. Voir à la section 3 les caractéristiques attendues,
- La fourniture du/des calculateurs graphiques destinés au calcul des images stéréoscopiques. Voir à la section 3 les performances attendues,
- La fourniture d'un poste informatique maître avec écran, clavier, et souris,
- La fourniture d'un système desuivi de position des utilisateurs du système (tête, main...) , compatible aux dimensions du dispositif et à la visualisation stéréoscopique. Voir à la section 3 les caractéristiques attendues,
- La fourniture du/des logiciel(s) nécessaires au bon fonctionnement du système,
- L'intégration et le raccordement du/des calculateurs graphiques, le poste maître, le poste de suivi de positions, incluant la fourniture des câbles vidéo et réseaux, dans un réseau local (20 mètres maximum entre les calculateurs et les projecteurs),
- La fourniture d'un moyen de restauration rapide de la configuration logicielle des machines (copie de l'image du système externe ou système RAID),
- La fourniture de lunettes pour la vision stéréoscopique des utilisateurs du système, et pour des observateurs extérieurs,
- L'installation, intégration, mise en service de l'ensemble du système de calcul, avec le système de visualisation et le système de suivi de positions,
- La formation à l'exécution de la maintenance et à l'utilisation du matériel,
- Une démonstration du bon fonctionnement de l'ensemble du dispositif dans des conditions proches de celles attendues par l'équipe du Laboratoire ELLIADD,
- La documentation des différents matériels et logiciels,
- Le tri, l'évacuation et le recyclage des emballages, contenants et déchets des travaux, sauf ceux qui seraient utiles en cas de renvoi de matériel.

Le présent marché comprend également une maintenance minimale sur site de 3 ans, pièces et main d'œuvre, de tout le matériel fourni, ainsi qu'une formation sur les matériels et logiciels fournis.

3 - CARACTERISTIQUES TECHNIQUES PRINCIPALES DE L'EQUIPEMENT

a- Locaux et écrans

Le dispositif actuel est disposé dans un local d'environ 10m x 10m, avec une hauteur sous plafond supérieure à 6 mètres. Cette pièce dispose d'une zone technique adjacente d'environ 4m x 3m où seront placées les machines informatiques et les dispositifs d'infrastructure réseau.

Les **écrans à conserver** sont de caractéristiques suivantes :

- 2 murs verticaux, formant un angle à 90°, composés d'écrans acrylique de dimensions 375x210 cm, soit compatibles avec un format 16/9,
- Un écran au sol, de nature métallique, peint en blanc, de dimensions 380x380 cm. Toutefois, il ne sera pas nécessaire que la surface au sol soit entièrement recouverte par la projection de l'image du projecteur, mais cette fonctionnalité doit pouvoir être réalisable.

Des visuels de la salle actuelle figurent **en annexe 1**.

Les écrans sont maintenus par une structure métallique maintenue au sol, supportant les caméras et capteurs nécessaires au fonctionnement du système.

IMPORTANT : Il est envisagé à moyen terme (2028 ou 2029), un éventuel déménagement de cette plateforme dans de nouveaux locaux situés à quelques dizaines de mètres du bâtiment actuel. Les dispositifs de projection et les autres équipements informatiques devront pouvoir être mobiles et déplacés dans ces nouveaux locaux. Dans ce futur environnement, les contraintes physiques nous imposent une dimension plus restreinte sous plafond, à savoir respecter une **hauteur maximale utile de 3m80** par rapport au sol.

b- Dispositif de visualisation des images

Le système de projection des images stéréoscopiques devra être de technologie active. La configuration souhaitée est une rétroprojection directe (par l'arrière) pour les deux plans disposés verticalement et à angle droit l'un par rapport à l'autre. L'image du sol sera projetée depuis un projecteur placé au plafond, et retransmise par l'intermédiaire d'un miroir.

Les projecteurs doivent répondre aux spécifications suivantes :

- Technologie LCD, DLP ou D-ILA,
- Résolution du pixel de 2 x 2 mm maximale, pour des images de résolution minimale 1920 x 1200 pour les écrans verticaux,
- Constituer un système de projection stéréoscopique en technologie active à 240 Hz, assurant un usage immersif dans la scène pour **deux utilisateurs** avec leur propre point de vue, ou à 120 Hz dans le cas d'un usage à seul utilisateur.
- Luminosité minimale de 10000 lumens ISO à la sortie du projecteur en fonctionnement normal,
- Les réglages disponibles doivent permettre d'obtenir une uniformité en géométrie, colorimétrie et luminosité,
- Le contrôle des modes de fonctionnement et des réglages des projecteurs devra être possible par télécommande,
- La distance entre les projecteurs et le système de génération d'images n'excédera pas 20 mètres. Tous les équipements seront installés dans le même local.

Le titulaire du marché fournira également un système de pilotage des projecteurs, pour le contrôle et le paramétrage des images affichées sur les écrans.

c- Equipements pour la vision stéréoscopique

Le dispositif de vision stéréoscopique est composé d'émetteurs, et de **5 paires de lunettes** adaptées au type de projection stéréoscopique. Les émetteurs, intégrés à la structure de la plate-forme, synchronisent l'obturation des lunettes sur le signal graphique.

La bonne réception de la synchronisation par les lunettes doit être assurée dans un espace d'au moins 4 mètres x 4 mètres (zone face aux écrans), quelles que soient la position des utilisateurs, pour un champ de vision orienté en direction des écrans.

Les lunettes seront choisies pour leurs qualités visuelles (faible scintillement, luminosité maximale) et ergonomiques. La qualité des images perçues en zones périphériques de l'œil est un critère important.

d- Matériels informatiques

Ce composant concerne la fourniture des moyens matériels de calculs nécessaires à la simulation en temps réel, destinés à alimenter la plate-forme en signal d'image, et au contrôle des applications.

Le fonctionnement du dispositif attendu est une configuration accueillant **deux utilisateurs**, avec chacun leur propre point de vue stéréoscopique de la scène à une fréquence de 240 Hz. La fréquence d'affichage des images pourra être ramenée à 120 Hz dans le cas de l'usage de la plateforme avec un seul utilisateur. La résolution des images pourra être adaptée aux capacités graphiques du matériel, mais devra être au minimum de 1920x1200 sur chacun des trois écrans. La configuration matérielle sera alors constituée d'un ou plusieurs calculateurs graphiques de type PC, munis de cartes graphiques de dernières générations (gamme NVIDIA RTX ou équivalente), selon les choix technologiques proposés par le titulaire du marché. Un autre poste informatique maître sera destiné au stockage des scènes, à la gestion et aux lancements des applications nécessaires aux calculs et à l'affichage des images.

Le poste maître devra être muni d'un système de sauvegarde et de restauration du système et des fichiers hébergés.

Le titulaire du marché fournira les éléments de raccordement entre les calculateurs et l'ensemble de la plate-forme. Les calculateurs seront livrés et installés avec le système d'exploitation Windows, dans la version disponible du système au moment de la livraison du matériel (Windows 11 Pro ou plus).

Le titulaire du marché aura la responsabilité de l'intégration de ces calculateurs avec la plate-forme et du fonctionnement de l'ensemble du système graphique.

Dans un souci de compatibilité et de maintenance, les éléments matériels composant le/les calculateurs graphiques devront être identiques.

e- Dispositif de suivi de positions

Un système de suivi de positions viendra compléter le dispositif matériel. Il servira à localiser précisément et en temps réel le ou les deux utilisateurs présents sur la plateforme, afin de renvoyer les informations aux calculateurs graphiques chargés de générer les images stéréoscopiques à afficher. De nature optique ou infra-rouge, il devra être suffisamment dimensionné pour pouvoir suivre les mouvements d'un ou deux utilisateurs simultanés sur la plateforme, jusqu'à une distance d'environ 5 mètres.

Le système devra pouvoir fonctionner à une fréquence minimale de 150 Hz, et proposer une résolution minimale de 1024x750 pixels.

4 - AUTRES PRESTATIONS INCLUSES DANS LA TRANCHE FERME

f- Installation. Mise en service

Le titulaire garantit une installation et une utilisation optimale de l'équipement dans les locaux de l'UTBM de Montbéliard, cours Louis Leprince Ringuet (25200).

Le titulaire indiquera les pièces détachées à conserver sur le site et ses spécifications pour les consommables éventuels. Il indiquera également les procédures d'entretien à exécuter par les personnels d'exploitation du laboratoire ELLIADD (voir le paragraphe **Formation**).

L'admission ne sera prononcée qu'après la mise en œuvre, en nos locaux, de la totalité des équipements contenus dans ce lot. Le titulaire devra par ailleurs démontrer par une démonstration de son choix le bon fonctionnement du dispositif informatique et stéréoscopique dans les conditions d'utilisation proches de celles attendues par le Laboratoire ELLIADD (animation d'une scène complexe sur le dispositif immersif à trois plans utilisé avec les lunettes stéréoscopiques pour un et deux utilisateurs simultanés).

g- Formation

Le titulaire formera les exploitants sur le site (pour 4 personnes au maximum)

* Aux réglages du système : Réglages de la projection, réglages des interfaces d'entrée / sortie, installation et initialisation des paramètres.

* A l'utilisation du système : Fonctionnalités des logiciels fournis, aspect spécifique du développement selon les périphériques.

* A l'utilisation des calculateurs graphiques : Administration et paramétrage des calculateurs et des canaux graphiques en particulier.

* Au dépannage et à l'entretien du système de vision au premier niveau : nettoyage des projecteurs, changement de composants (si pertinent), dépoussiérage...

Suite à la formation des experts de l'UTBM, la réalisation des travaux de maintenance de premier niveau du système de vision (changement de composants, dépoussiérage...) devra pouvoir être réalisée par nos soins sans aucune répercussion sur la garantie.

h- Documentations

Le titulaire remettra au laboratoire ELLIADD la documentation technique détaillée du système en deux exemplaires minimums. Ces documents doivent être fournis en langue française, ou à défaut en langue anglaise. Une version en support électronique est également souhaitée avec la livraison du matériel.

i- Maintenance Préventive – de base

Une visite de maintenance préventive, incluant les réglages de l'ensemble des équipements sera organisée selon une périodicité à déterminer en fonction des éléments fournis par la documentation technique.

j- Maintenance Curative

Le titulaire mettra en œuvre un support téléphonique, accessible du lundi au vendredi de 9 h à 12 h, et de 14 h à 18 h (hors jours fériés), ayant à charge de résoudre les questions techniques qui lui seront soumises par le laboratoire ELLIADD.

En cas de problème technique, le titulaire s'engage à prendre en compte l'incident par voie téléphonique dans les 24 heures, puis selon la nature du problème :

- Soit apporter une solution sans intervention sur site dans un délai n'excédant pas en tout état de cause 48 (quarante-huit) heures consécutives à compter de la saisie du support téléphonique
- Soit le problème nécessite une intervention en provenance du titulaire ou le remplacement d'un matériel spécifique. Dans ce cas, le délai de correction de l'équipement est porté à 96 (quatre-vingt seize) heures consécutives à compter de la saisie du support téléphonique

La correction de l'équipement ne devra pas altérer les résultats attendus de son usage.

Y compris dans les cas où l'origine de la panne est clairement due au calculateur graphique, le titulaire sera l'unique interlocuteur du laboratoire ELLIADD pour la remise en service.

Ce service de maintenance intégrale (pièces et main d'œuvre) sera **de 3 ans** à compter de l'admission du système. Au-delà de 3 ans et pour la durée de vie du système, le titulaire devra être à même de fournir un service de maintenance à des conditions à définir ultérieurement.

k- Impact environnemental

Afin de pouvoir répondre aux attentes de l'ANR (Agence Nationale de la Recherche), le titulaire du marché devra être en mesure de fournir une estimation de l'empreinte carbone de son installation en équivalent Gaz à Effet de Serre (GES), en détaillant si possible les performances pour chacun des principaux composants.

5 – PSE ET TRANCHES OPTIONNELLES

PSE 1 / 2 et 3 - Extension de garantie

Le titulaire pourra proposer une extension de garantie du matériel, pièces et main d'œuvre, pour une extension jusqu'à 6 ans, soit 3 ans supplémentaires à l'offre minimale attendue dans le marché.

PSE 4 - Logiciel de rendu multi-écrans

Le titulaire du marché doit proposer un logiciel de gestion du **rendu des scènes** pour le **système multi-écrans**.

Les développements actuels et prévus sont assurés avec le logiciel Unity® ou Unreal Engine®. Le titulaire du marché pourra fournir une solution logicielle complémentaire nécessaire à la visualisation en vision stéréoscopique immersive sur les trois écrans, pour un utilisateur ou deux utilisateurs simultanés. Ce logiciel devra également pouvoir être adaptable à plusieurs configurations d'utilisation des écrans (1, 2 ou 3 écrans).

Ce logiciel servira à déployer une application développée pour Unity® ou Unreal Engine® sur le dispositif à trois sorties graphiques, de manière à générer et projeter efficacement les images destinées aux utilisateurs munis des lunettes stéréoscopiques en temps réel sur les trois plans de projection.

PSE 5 : Capacités graphiques supplémentaires

Le titulaire du marché pourra proposer un supplément de capacités graphiques, par l'ajout d'une **carte graphique** ou d'un **calculateur** performant au système informatique déjà proposé. Cette carte pourra être utilisée à améliorer les performances d'affichage des images, ou permettre le traitement et l'affichage en temps réel de scènes de plus grande complexité.

Tranche optionnelle 1 : Lunettes stéréoscopiques supplémentaires

Le titulaire du marché devra proposer un lot **supplémentaire de 5 lunettes** stéréoscopiques, en plus des 5 lunettes attendue dans l'offre du marché, pour des utilisateurs spectateurs positionnés en dehors du périmètre du dispositif à trois écrans.

Tranche optionnelle 2 et 3 : Déménagement de la salle et des équipements

Le titulaire doit prévoir le coût d'un nouveau support physique pour le plan du sol, qui pourra être de technologie fixe dans la nouvelle configuration ainsi que le déménagement de la plateforme actuelle.