INFINITION

Système radar Doppler BR-12201

Mesure de vitesse en âme à ultra-haute fréquence pour armes de petit calibre

Préparé par Infinition Inc.
2965 rue des Prairies, Trois-Rivières, QC, Canada G8V 1W4 •
www.infinition.com
Novembre 2026



1. Introduction

Ce document présente le système radar Doppler BR-12201 d'Infinition : un radar à ultra-haute fréquence de 122,5 GHz dédié à la mesure en âme – la mesure du projectile pendant qu'il accélère encore à l'intérieur du canon – accompagné du boîtier de jonction JB-6e et de TestCenter 7, la dernière génération du logiciel de traitement du signal radar d'Infinition.

Le BR-12201 a une vocation qui lui est propre. La balistique intérieure est le domaine où la combustion de la poudre, le frottement et le comportement du projectile déterminent réellement ce qui sort de la bouche, et sur les petits calibres cette phase est demeurée jusqu'ici largement inaccessible à la mesure directe. Fonctionnant en onde continue à 122,500 GHz, le BR-12201 travaille à une longueur d'onde d'environ 2,4 mm – assez courte pour que l'énergie se propage à l'intérieur d'un canon de petit calibre et pour résoudre le projectile pendant son accélération. La mesure en âme est possible à partir de 5,56 mm, et jusqu'à 4,7 mm avec davantage de correction de mode.

> **Le BR-12201 et tous les radars Infinition sont réputés pour leur fiabilité sur de longues périodes, maximisant la disponibilité opérationnelle de nos clients et l'efficacité de leurs campagnes de mesure. Notre service à la clientèle rapide et personnalisé garde les utilisateurs en opération le plus possible.**

2. Vue d'ensemble du système

Une chaîne de mesure BR-12201 complète comprend cinq éléments principaux : l'antenne radar BR-12201 avec son module de signal fixé en permanence, le réflecteur qui replie le faisceau du radar dans l'axe du canon, le déclencheur de bouche (acoustique AT-01 ou optique OT-01) installé près de la bouche du canon, le boîtier de jonction JB-6e qui numérise le signal Doppler, et le logiciel de traitement TestCenter 7 exécuté sur un ordinateur de bureau standard. Le radar est compact, léger et entièrement scellé ; il s'installe normalement dans un corridor de tir, la chaîne d'acquisition étant placée dans une salle de contrôle ou un abri protégé adjacent. La figure 1 illustre un déploiement typique.

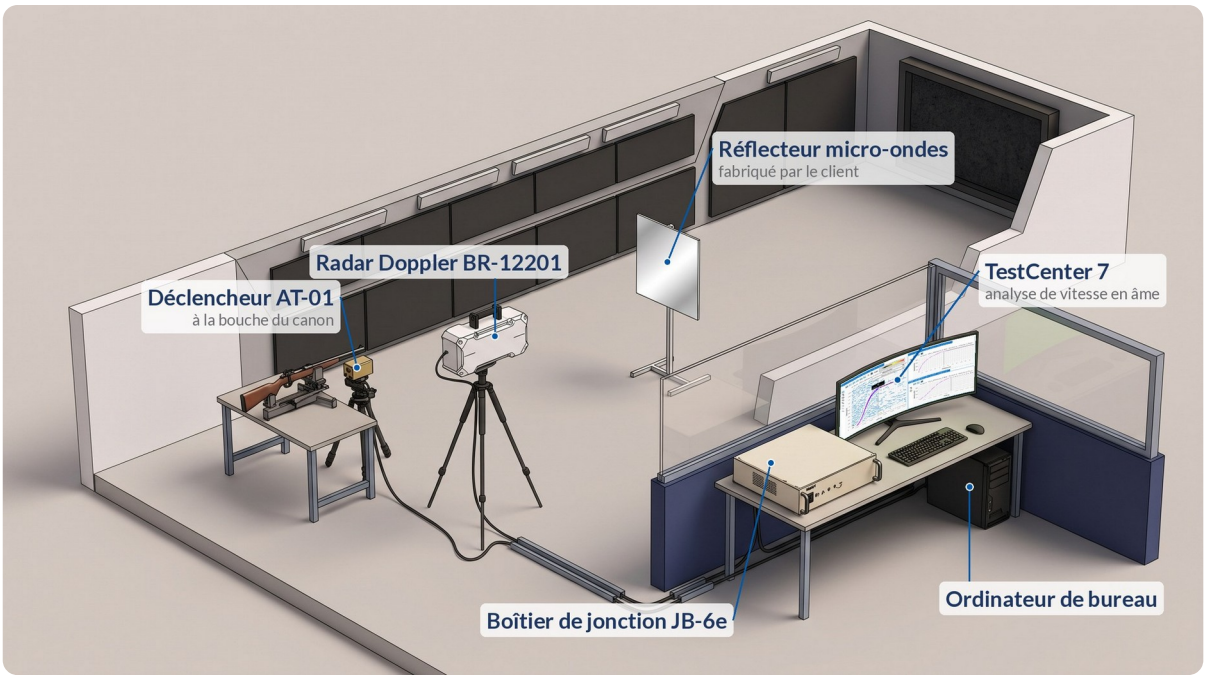


Figure 1 – Montage typique d'un système radar BR-12201, configuration A.

La séquence de mesure est entièrement automatique :

- **Le faisceau du radar** est dirigé sur un réflecteur placé en aval ; le réflecteur renvoie l'énergie micro-ondes dans l'axe du canon et à l'intérieur de celui-ci, où elle illumine le projectile pendant sa course dans le tube.
- **L'arme** est mise à feu et le déclencheur de bouche fournit instantanément la référence précise du temps zéro pour le tir.
- **Le projectile est mesuré en continu** pendant qu'il accélère le long de l'âme ; la vitesse à la bouche est lue immédiatement à la sortie du tube, pourvu que le réflecteur soit positionné de manière à permettre cette lecture.
- **Le boîtier de jonction JB-6e** numérise le signal radar avec une résolution de 16 bits et le transmet par Ethernet à l'ordinateur d'acquisition ; le temps d'enregistrement est pratiquement illimité sur un réseau performant.
- **TestCenter 7** traite le signal : vitesse en âme en fonction du temps et de la course dans le canon, accélération, vitesse à la bouche et statistiques complètes du tir.

Choix du déclencheur. Le déclencheur acoustique AT-01 détecte l'onde de souffle à la bouche, et le déclencheur optique OT-01 détecte la flamme de bouche. Les deux se branchent sur la même entrée de déclenchement et seul le câble de raccordement diffère, de sorte qu'une même installation d'acquisition peut utiliser l'un ou l'autre. Un seul déclencheur est utilisé à la fois, et l'opérateur choisit celui qui convient le mieux à chaque position de tir. Le déclencheur AT-02 est aussi offert pour les tirs à faible bruit et subsoniques, comme les armes avec silencieux, les carabines à air, les munitions silencieuses et les munitions subsoniques.



Déclencheur acoustique AT-01 (à gauche) et déclencheur optique OT-01 (à droite).

3. Radar Doppler BR-12201

Le BR-12201 utilise une antenne à guide d'ondes circulaire fonctionnant en onde continue à 122,500 GHz, avec un faisceau de 4,3° × 5,3° et un gain de 30 dBi. L'émetteur est une source à diode Gunn délivrant 5 mW (7 dBm), et le récepteur offre la sensibilité nécessaire pour détecter la très faible surface équivalente radar que présente un projectile de petit calibre à l'intérieur d'un canon. La plage de vitesse s'étend de 30 à 1 550 m/s avec une précision de mesure de 0,1 %.

Le radar est logé dans un boîtier en aluminium usiné de précision, entièrement scellé et muni d'une poignée de transport ; son module de signal y est fixé en permanence. Il est assez léger pour être installé et aligné sur un trépied standard dans l'espace restreint d'un corridor de tir, et il est alimenté directement par le secteur, en version 115 VCA 60 Hz ou 230 VCA 50 Hz, avec une plage d'opération de 0 °C à +40 °C.



Radar Doppler BR-12201 – antenne de mesure en âme à 122,500 GHz

3.1 Mesure en âme et installation

Une fois que l'énergie micro-ondes est entrée dans le canon, elle s'y propage comme une onde guidée et sa puissance ne décroît plus avec la distance comme elle le ferait en espace libre. Il n'existe donc pas de tableau de portée par calibre pour le BR-12201 : ce qui gouverne la mesure est un diamètre d'âme

minimum, et non une portée maximale. La mesure en âme est possible à partir de 5,56 mm, et jusqu'à 4,7 mm avec davantage de correction de mode. La mesure couvre toute la course dans le canon, et la vitesse à la bouche est lue immédiatement à la sortie du tube, pourvu que le réflecteur soit positionné de manière à permettre cette lecture. La figure 2 illustre ce principe.

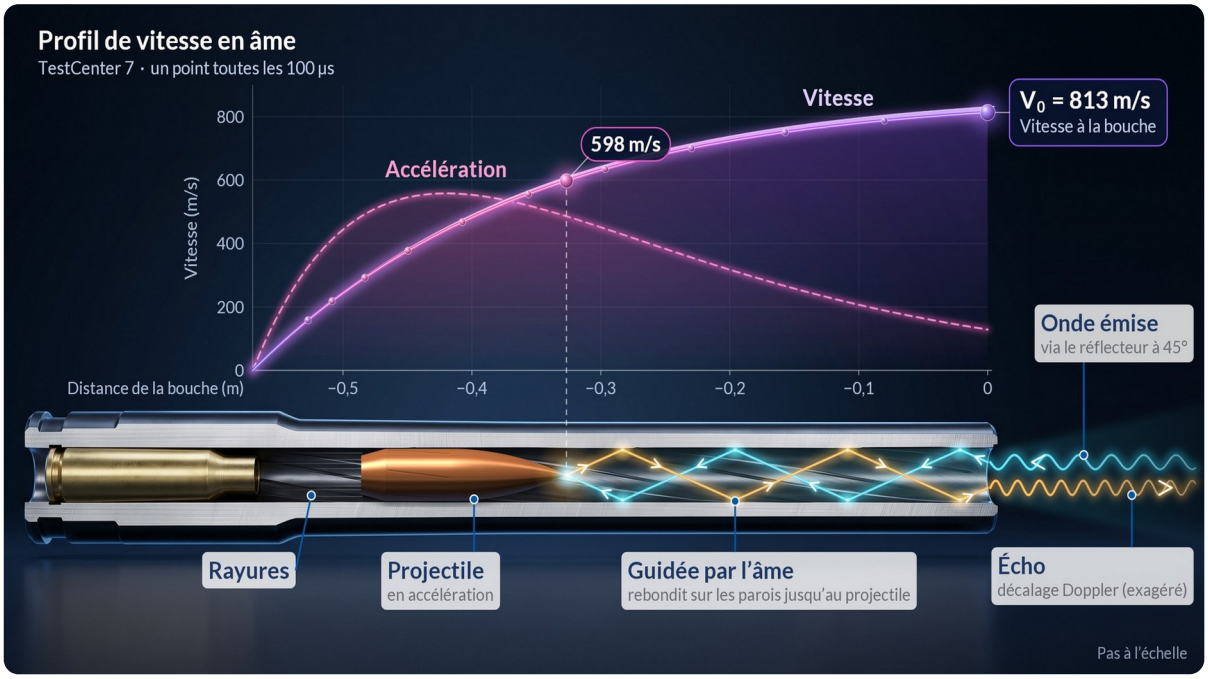


Figure 2 – Principe de la mesure en âme : l'onde radar entre par la bouche et est guidée par l'âme, en rebondissant sur les parois jusqu'au projectile ; l'écho, décalé par effet Doppler, revient par le même chemin. TestCenter 7 convertit la fréquence Doppler en vitesse et en accélération sur toute la course, jusqu'à la vitesse à la bouche V0 (valeurs indicatives, pas à l'échelle).

L'énergie est dirigée dans le canon par un réflecteur placé devant la bouche, habituellement à cinq mètres ou moins. Le réflecteur est fabriqué par le client selon son installation et l'essai réalisé : tout matériau réfléchissant aux micro-ondes convient – tôle d'aluminium, feuille d'aluminium ou acier. Comme le réflecteur se trouve dans l'axe de tir, il sera endommagé par les tirs ; un matériau et un support facilement remplaçables sont donc fortement recommandés.

Deux configurations d'installation sont utilisées, et elles sont équivalentes ; le choix dépend de l'aménagement du stand de tir. Dans la configuration A (figure 1), le radar est installé près de l'arme et vise vers l'aval un réflecteur placé perpendiculairement à l'axe de tir. Dans la configuration B (figure 3), le radar est déporté hors de l'axe de tir et un réflecteur incliné à 45° près de la cible replie le faisceau dans l'axe du canon.

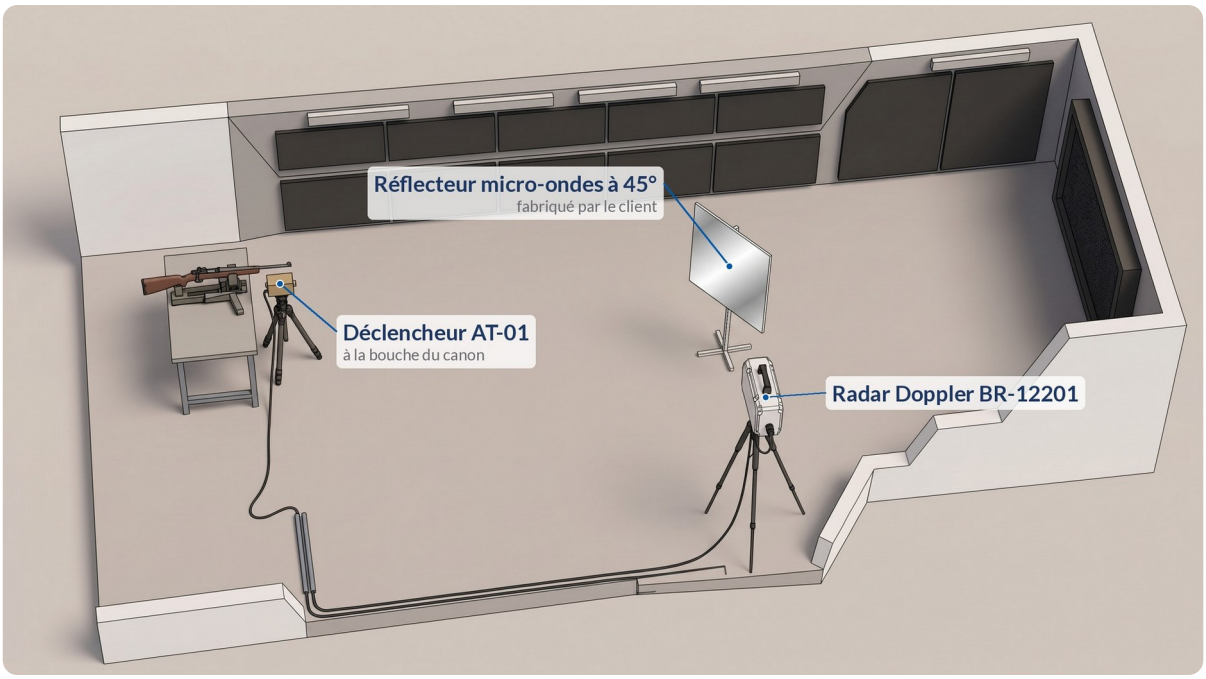


Figure 3 – Montage typique d'un système radar BR-12201, configuration B.

Le déclencheur acoustique AT-01 fait partie intégrante de la chaîne. Un enregistrement en âme n'a de sens que si le signal Doppler est précisément synchronisé avec le tir, et l'AT-01, installé à la bouche, fournit cette référence de temps zéro.

3.2 Spécifications techniques

Gain d'antenne	30 dBi
Type d'antenne	Guide d'ondes circulaire
Largeur de faisceau	4,3° × 5,3°
Polarisation	Circulaire
Puissance de sortie de l'émetteur	5 mW (7 dBm)
Source de l'émetteur	Oscillateur Gunn, CW
Modulation	Aucune
Fréquence	122,5 GHz (nominale)
Précision du système	± 0,1 %
Acquisition de données	Boîtier de jonction JB-6e – 16 bits, sortie Ethernet
Facteur de bruit du récepteur	10 dB
Plage de vitesse radiale	30 – 1 550 m/s
Calibre minimum	5,56 mm ; 4,7 mm avec davantage de correction de mode
Température de fonctionnement	0 °C à +40 °C
Température d'entreposage	-20 °C à +50 °C
Humidité	0 % à 100 % d'humidité relative, en fonctionnement et en entreposage (boîtier scellé)
Alimentation	115 VCA 60 Hz 1,0 A ou 230 VCA 50 Hz 0,5 A
Boîtier	Aluminium usiné de précision, entièrement scellé, avec poignée de transport
Dimensions (radar)	33,7 cm (L) × 8,4 cm (l) × 17,6 cm (H)
Dimensions (alimentation)	20 cm × 15 cm × 6 cm
Poids	6,4 kg
Homologations	—

3.3 Applications

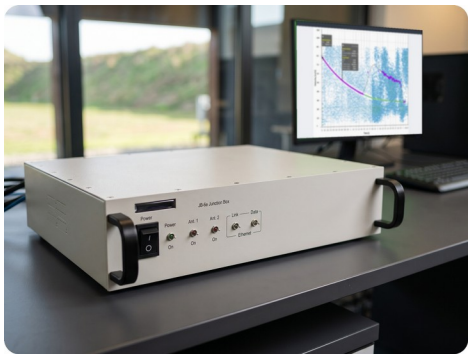
Le BR-12201 donne un accès expérimental direct à la phase de balistique intérieure des armes de petit calibre, là où la combustion, le frottement et le comportement du projectile déterminent tout ce qui se produit après la bouche. Les applications typiques comprennent la mesure de vitesse en âme pour les petits calibres ; l'étude de la combustion interne et du frottement dans le canon ; les travaux visant à prolonger la durée de vie du canon par optimisation ; la caractérisation précise de la variation des variables internes ; et l'optimisation de la compatibilité entre canon, combustion et projectile pour les conceptions haut de gamme en petit calibre.

Pourquoi 122,500 GHz : la mesure n'est possible qu'en raison de la longueur d'onde. À 122,500 GHz, la longueur d'onde est d'environ 2,4 mm, soit à peu près dix fois plus courte que celle d'un radar en bande X. C'est ce qui permet à l'énergie de se propager dans une âme de petit calibre et au projectile d'être résolu alors qu'il est encore dans le canon, et c'est ce qui donne à l'enregistrement de vitesse la résolution nécessaire pour voir l'accélération en détail plutôt qu'une simple valeur moyenne.

4. Boîtier de jonction JB-6e – Acquisition de données

Le boîtier de jonction JB-6e est le cœur d'acquisition de données du système. Installé à côté de l'ordinateur d'acquisition, il conditionne et numérise le signal radar et communique avec TestCenter par une liaison Ethernet standard.

Cette séparation est un choix de conception délibéré : en gardant l'acquisition hors de la tête radar, le radar lui-même reste aussi robuste et simple que possible, maximisant sa disponibilité opérationnelle – contrairement aux systèmes concurrents qui intègrent l'acquisition dans la tête radar.



Boîtier de jonction JB-6e

- **Conversion analogique-numérique sur 16 bits**, avec filtrage intégré.
- **Double entrée d'antenne** – deux radars peuvent être connectés et acquis par la même unité.
- **Liaison Ethernet 100 Mb/s** vers l'ordinateur d'acquisition.
- **Entrée de déclenchement analogique et sortie de déclenchement BNC** – l'entrée accepte un déclencheur Infinition (AT-01, OT-01 ou AT-02) ou, avec l'adaptateur BNC optionnel, un signal de déclenchement TTL externe fourni par le champ de tir ; la sortie TTL déclenche d'autres instruments du champ de tir – ou un second système de mesure – sur le même événement.
- **Plage d'acquisition de vitesse** de 30 m/s jusqu'à 10 000 m/s avec les radars en bande X, 5 000 m/s avec les radars en bande Ka et 1 550 m/s avec le BR-12201 à 122,5 GHz.
- **Temps d'enregistrement pratiquement illimité** sur un réseau performant – le temps d'enregistrement dépend de la vitesse de transmission du réseau, de la fréquence d'échantillonnage et de la mémoire FIFO interne du JB-6e.

Deux radars, un seul poste. Le second canal d'acquisition est livré avec chaque JB-6e et reste simplement inutilisé jusqu'au branchement d'un second radar. Les deux radars sont alors acquis ensemble, sur la même base de temps, sous un seul poste TestCenter 7 – un second radar couvrant une autre position de tir, ou deux radars sur la même trajectoire, l'un à la bouche et l'autre en aval. L'ajout du second radar n'exige aucune modification du matériel d'acquisition, du logiciel ni de la procédure d'exploitation. Infinition fournit les deux radars sur des fréquences d'opération distinctes, de sorte qu'ils fonctionnent côte à côte sans interférence mutuelle.

5. TestCenter 7 – Logiciel de traitement du signal radar

TestCenter 7 (lancé en 2024) est la dernière génération du logiciel de traitement Doppler d'Infinition et la référence de productivité de l'industrie. Il fonctionne sous Windows 10 et 11, prend en charge tous les radars Infinition, est compatible avec le boîtier de jonction JB-6e, et ouvre les fichiers de TestCenter 6.3.x.



Figure 4 – TestCenter 7 sur un écran large, analyse en âme d'un tir de carabine de 6,5 mm : spectrogramme Doppler avec la trace d'accélération en âme et le curseur V0 automatique à la sortie de bouche (813,15 m/s), vitesse en fonction de la course dans le canon, et vitesse en fonction du temps. L'historique complet de l'accélération – du premier mouvement à la sortie de bouche – est capté dans un seul enregistrement.

5.1 Ce qui distingue TestCenter 7

- **Nouvelle interface utilisateur** – une interface à ruban moderne avec fenêtres ancrables et dialogues simplifiés ; le flux de travail complet (acquisition, spectrogramme, vitesse, traînée) tient sur un seul écran ultra-large, comme illustré à la figure 4.
- **Moteur graphique dynamique** utilisant l'accélération 3D, avec gestion des couches et affichage dynamique : les résultats sont visualisés et manipulés avec fluidité, même sur de très grands ensembles de données. Vous pouvez agir directement sur les graphiques – un seul clic ajoute ou optimise les curseurs de mesure directement à l'écran.
- **Analyse automatique** – les mesures V0 et Vx, la détection de traces et le suivi de rafales sont entièrement automatiques ; une analyse complète de tir prend quelques secondes.
- **Gestion de projets et de séries** – un gestionnaire de projet complet incluant la gestion des séries et des tirs : les informations sont classées au fur et à mesure des essais, de sorte que vous savez toujours exactement où vous en êtes dans le projet en cours pendant une campagne de tir. Comparez les traces d'une série et obtenez des statistiques en direct (moyenne, écart extrême, écart-type) à mesure que les tirs s'accumulent.
- **Traitement par lots** – modifiez les paramètres d'analyse et appliquez-les à une série entière en une seule opération, pour uniformiser les résultats rapidement et efficacement, avec mise à jour instantanée des statistiques.

- **Production de rapports** – exportez chaque tableau de résultats et chaque courbe en CSV, et copiez tout graphique en un clic pour un partage rapide de l'information. Le CSV est un format ouvert, lu par tout logiciel d'analyse, de rapport ou de base de données, de sorte que les résultats peuvent être fusionnés avec les données des autres instruments du champ de tir – sans format propriétaire ni outil d'importation dédié.

5.2 Capacités d'analyse balistique

Pour chaque tir, TestCenter 7 fournit :

- **Vitesse, distance et accélération** – la vitesse en fonction du temps, la vitesse en fonction de la distance (obtenue par Integrated Velocity Ranging), la distance en fonction du temps, l'accélération en fonction du temps et l'accélération en fonction de la distance ; chaque courbe et ses valeurs sous-jacentes sont exportables en CSV.
- **Spectrogramme** – le signal Doppler complet est affiché sous forme de spectrogramme vitesse/temps. Le traqueur automatique se verrouille sur le projectile et les curseurs de mesure (V0, V500, V1000 ou toute distance personnalisée) sont placés automatiquement, avec la vitesse, la distance et le temps rapportés pour chacun.
- **Analyse de traînée (Cd en fonction du Mach)** – offerte avec la version Advanced de TestCenter 7, qui comprend le module d'analyse de traînée : coefficient de traînée mesuré en fonction du nombre de Mach, calculé à travers la zone transsonique, avec prédiction de trajectoire basée sur les modèles balistiques PM ou MPM. Cette capacité de traînée mesurée est un avantage décisif pour la caractérisation des munitions et les essais de réception.
- **Rafale et cadence de tir** – suivi automatique de chaque coup d'une rafale, avec la cadence de tir et les statistiques par coup, et suivi de vitesse sur plusieurs projectiles simultanés.
- **Mesure en âme** – vitesse et accélération du projectile tout au long de son parcours dans le canon, jusqu'à la sortie de bouche.

6. Étendue de la fourniture et support

6.1 Configuration standard – 1 ensemble complet

Le système BR-12201 est fourni comme un ensemble complet, prêt à l'emploi. Un ensemble complet typique comprend :

- **Antenne radar Doppler BR-12201** – version 115 VCA 60 Hz ou 230 VCA 50 Hz, avec son module de signal fixé en permanence et sa valise de transport.
- **Boîtier de jonction JB-6e** – acquisition de données, connexion Ethernet à l'ordinateur.
- **Licence du logiciel TestCenter 7** – traitement du signal radar et analyse balistique.
- **Déclencheur acoustique AT-01** – installé près de la bouche du canon, avec câble de déclenchement.
- **Câbles d'antenne, trépied et accessoires** – tout le nécessaire pour le déploiement.
- **Documentation utilisateur** – manuels d'utilisation et d'analyse.

Options disponibles : déclencheur optique OT-01, déclencheur AT-02 pour les tirs à faible bruit et subsoniques.

Le réflecteur n'est pas fourni avec le système : il est fabriqué par le client à partir d'un matériau réfléchissant aux micro-ondes, selon son installation, et doit être considéré comme un consommable. Infinition offre également une gamme complète de radars Doppler pour la mesure de vitesse à la bouche et de trajectoire en vol libre.

6.2 Ordinateur d'acquisition

TestCenter 7 fonctionne sur un ordinateur de bureau standard répondant à la configuration minimale suivante : Windows 10 et 11, processeur Intel Core i5 ou supérieur, 16 Go de RAM, disque SSD et port Ethernet. Un écran ultra-large est recommandé pour tirer pleinement parti de l'espace de travail TestCenter 7 illustré à la figure 4.

6.3 Étalonnage et service

L'étalonnage est assuré directement par le fabricant. L'approche recommandée est de retourner l'équipement au laboratoire d'Infinition au Canada pour une vérification complète ; le système est réexpédié entièrement fonctionnel avec son certificat d'étalonnage. Combiné à notre support à la clientèle rapide et personnalisé, cela garde votre système en mesure – et vos équipes opérationnelles.

7. Pourquoi Infinition

Infinition est une entreprise canadienne en activité depuis plus de 30 ans, avec une réputation éprouvée dans le monde entier par les clients les plus réputés de l'industrie.

- **Une gamme complète de radars** – de la mesure en âme à 122,5 GHz et des radars de laboratoire en bande Ka jusqu'aux radars en bande X pour les armes légères, les moyens calibres et l'artillerie, Infinition couvre tous les calibres et toutes les portées avec une seule famille d'instruments.
- **Fiabilité éprouvée** – les radars Infinition sont largement éprouvés sur le terrain et reconnus pour une fiabilité qui garde nos clients en mesure, campagne après campagne.
- **Productivité** – TestCenter 7 automatise le flux d'analyse complet ; des résultats qui nécessitaient auparavant un traitement manuel sont produits en quelques secondes, par tout opérateur formé.
- **Protection de l'investissement** – tous les radars Infinition partagent TestCenter 7, les fichiers de TestCenter 6.3.x peuvent être ouverts, et le système évolue avec vos besoins : second radar sur le même JB-6e, tête de poursuite TH-1000 ou modules d'analyse optionnels.
- **Support à source unique** – Infinition conçoit et fabrique le radar, le matériel d'acquisition et le logiciel à l'interne, et offre des services d'installation, de formation sur site et d'étalonnage partout dans le monde.

8. Contact

Demandez une soumission, une démonstration ou de l'information technique

sales@infinition.com **www.infinition.com**

Infinition Inc. · 2965 rue des Prairies, Trois-Rivières (Québec) G8V 1W4, Canada · +1 819-719-2999