INFINITION

Système radar Doppler BR-2401

Une solution compacte et intégrée pour la mesure de vitesse balistique à courte portée

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-2401 d'Infinition : un radar en bande K moderne et compact pour la mesure de vitesse initiale et de vitesse balistique à courte portée, accompagné de TestCenter 7, la dernière génération du logiciel de traitement du signal radar d'Infinition. Avec l'acquisition de données et le traitement du signal intégrés directement dans le radar, le BR-2401 est un instrument de nouvelle génération, plus simple à installer et plus abordable à acquérir que les systèmes multi-boîtiers conventionnels.

Le radar Doppler à onde continue (CW) BR-2401 offre des performances de nouvelle génération pour les mesures de vitesse initiale, de vitesse à courte portée et de cadence de tir. Il est optimisé pour les projectiles de petit calibre, de 5,56 mm jusqu'au calibre .50, et mesure aussi les calibres jusqu'à 40 mm. Il constitue la solution de confiance pour les environnements de défense, de recherche et d'essais qui exigent exactitude, fiabilité et déploiement robuste sur le terrain.

> **Le BR-2401 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 opérationnels le plus longtemps possible.**

2. Vue d'ensemble du système

Une chaîne de mesure BR-2401 complète comprend trois éléments principaux : le radar BR-2401 – avec acquisition de données et traitement du signal intégrés – le déclencheur de bouche (acoustique AT-01 ou optique OT-01) installé près de la bouche du canon, et le logiciel de traitement TestCenter 7 fonctionnant sur un ordinateur de bureau standard. Comme l'acquisition est intégrée dans le radar, il n'y a pas de boîtier de jonction séparé et beaucoup moins de câbles à déployer. La figure 1 montre un déploiement typique en champ de tir intérieur.

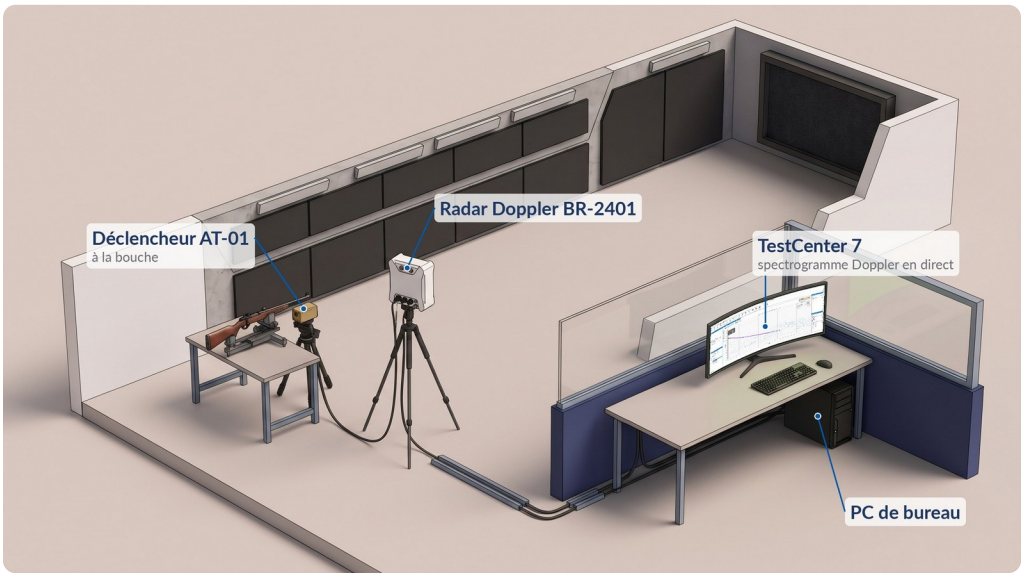

Figure 1 – Montage typique d'un système radar BR-2401.

La séquence de mesure est entièrement automatique :

- **L'arme** est mise à feu et le déclencheur de bouche fournit instantanément la référence précise du temps zéro pour le tir.
- **Le radar BR-2401** aligné sur la ligne de tir illumine le projectile ; le décalage Doppler du signal réfléchi est une mesure directe de la vitesse du projectile sur toute la trajectoire visible. L'acquisition de données est intégrée dans le radar, qui numérise le signal avec une résolution de 16 bits et le transmet par Ethernet à l'ordinateur, avec un temps d'enregistrement pratiquement illimité.
- **TestCenter 7** traite le signal en temps réel : vitesse initiale, vitesse à toute distance, accélération, cadence de tir et résultats balistiques complets ; l'analyse de traînée est offerte avec la version Advanced de TestCenter 7.

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-2401

Le BR-2401 utilise une configuration d'antenne microruban à panneau plat bistatique (panneaux d'émission et de réception distincts) fonctionnant en bande K, dans la bande 24,080 – 24,168 GHz. La fréquence d'opération est choisie parmi 12 canaux espacés de 8 MHz et programmée en usine sur le canal demandé par le client, de sorte que plusieurs radars BR-2401 peuvent fonctionner simultanément sur le même champ de tir sans interférence mutuelle. Son récepteur à très faible bruit offre une portée de détection supérieure pour sa catégorie, tandis que le traitement du signal embarqué numérise le signal Doppler directement dans le radar. Une diode laser intégrée de 520 nm assure une visée et un alignement rapides et fiables sur la ligne de tir.

Le boîtier est un caisson en aluminium usiné avec précision et entièrement scellé : léger, compact et robuste, protégé contre la poussière et l'eau et fini en blanc pour minimiser l'échauffement solaire. Le BR-2401 fonctionne de façon fiable dans une large gamme de conditions de température et climatiques. Un câble Ethernet renforcé de 50 pi est inclus, reliant le radar directement à l'ordinateur et éliminant le besoin de câblage coaxial Doppler.

3.1 Performance de portée

Calibre	Performance de portée (typique / maximale)
5,56 mm (SER -43 dBsm)	60 m / 70 m
7,62 mm (SER -38 dBsm)	80 m / 100 m

La portée typique est calculée avec une FFT de 1024 points et la portée maximale avec une FFT de 2048 points, toutes deux avec un rapport signal/bruit minimal de 10 dB, avec la puissance d'émission de 8 mW en option (> 27 dBm PIRE). La surface équivalente radar (SER) indiquée pour chaque calibre est la valeur utilisée dans le calcul, à la fréquence du radar de 24,1 GHz – plus élevée qu'à 10,525 GHz pour un même projectile –, en supposant une trajectoire tendue avec le radar voyant le culot du projectile. Les valeurs précédées de « > » sont volontairement limitées : à longue distance, le projectile n'est plus vu par son culot, sa SER devient inférieure à la valeur calculée, et la portée publiée est plafonnée en conséquence. Ce sont des limites de sensibilité calculées, non des valeurs garanties : les performances réelles varient selon la forme et le matériau du projectile – en particulier la géométrie du culot –, le profil de trajectoire, l'alignement du radar et les conditions d'essai.

3.2 Spécifications techniques

Gain d'antenne (Tx / Rx)	20 dBi (Tx) / 27 dBi (Rx), min.
Type d'antenne	Microruban à panneau plat
Largeur de faisceau (Tx / Rx)	8° × 18° / 5° × 5°
Polarisation	Verticale
Puissance de sortie de l'émetteur	1 mW standard ; 8 mW en option là où la réglementation le permet
Source de l'émetteur	Oscillateur à verrouillage de phase, CW
Modulation	Aucune
Fréquence	24,080 – 24,168 GHz (12 canaux)
Exactitude de mesure de vitesse	± 0,05 %
Précision du système	± 0,1 %
Acquisition de données	Intégrée – 16 bits, sortie Ethernet
Facteur de bruit du récepteur	< 3 dB
Plage de vitesse radiale	30 – 3 000 m/s
Température de fonctionnement	-20 °C à +55 °C
Température d'entreposage	-30 °C à +55 °C
Humidité	0 % à 100 % d'humidité relative (avec condensation), en fonctionnement et en entreposage
Alimentation	12 VCC, 2,0 A max.
Dimensions	22,2 cm × 24,6 cm × 7,5 cm
Poids	3,4 kg
Homologations	CE, FCC, ISDE
Interface de déclenchement	Entrée de déclenchement AT-01 ou OT-01 ; signal TTL par adaptateur BNC (vendu séparément) ; sortie BNC de synchronisation vers d'autres instruments
Laser de visée	Diode laser verte intégrée de 520 nm, classe 2 (sans danger en exposition accidentelle)

Chaque radar est programmé à la commande sur l'un des 12 canaux espacés de 8 MHz (± 10 ppm), et sa fréquence est vérifiée avant la livraison.

Un choix de conception clé : le BR-2401 intègre l'acquisition de données et le traitement du signal directement dans le radar. Cette architecture intégrée élimine le boîtier de jonction séparé, réduit le câblage à une seule liaison Ethernet, simplifie l'installation et abaisse le coût global d'acquisition – tandis qu'un boîtier en aluminium usiné avec précision et entièrement scellé garde l'unité robuste et prête pour le terrain. Le résultat est un instrument moderne, efficace et robuste, plus rapide à installer et plus facile à posséder.

4. 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 2 – TestCenter 7 sur un écran large : spectrogramme Doppler avec suivi automatique, vitesse en fonction de la distance, coefficient de traînée (Cd) en fonction du Mach à travers la zone transsonique et coefficient balistique G7, tous tirés du même tir.

4.1 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 2.
- **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.

4.2 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.

5. Étendue de la fourniture et support

5.1 Configuration standard – 1 ensemble complet

Le système BR-2401 est fourni comme un ensemble complet, prêt à l'emploi. Un ensemble complet typique comprend :

- **Radar Doppler BR-2401** – alimenté en 12 VCC, avec acquisition de données et traitement du signal intégrés et un laser de visée de 520 nm.
- **Câble Ethernet renforcé de 50 pi** – connexion directe à l'ordinateur ; aucun boîtier de jonction séparé ni câblage coaxial Doppler requis.
- **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. Le BR-2401 accepte un signal TTL par adaptateur BNC sur son entrée de déclenchement (vendu séparément) et fournit une sortie BNC de déclenchement pour synchroniser d'autres instruments ; le câble de synchronisation BNC est fourni sur demande.
- **Trépied et accessoires** – tout le nécessaire pour le déploiement.
- **Documentation utilisateur** – manuels d'utilisation et d'analyse.

Options disponibles : TestCenter 7 Advanced (module d'analyse de traînée), déclencheur optique OT-01, déclencheur AT-02 pour les tirs à faible bruit et subsoniques, module de mesure en âme. Pour des trajectoires plus longues et une portée étendue, Infinition offre aussi des radars Doppler longue portée dédiés.

5.2 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 2.

5.3 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.

6. 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.

7. 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