

Détection de l'activité posturale de la truie allaitante à l'aide de radars à ondes millimétriques

Alexandre DORE (1,2), Mathieu LIHOREAU (2), Yvon BILLON (3), Laure RAVON (3), Sébastien REIGNIER (3), Jean BAILLY (3), Jean-François BOMPA (4), Edmond RICARD (4), Dominique HENRY (1), Laurianne CANARIO (4), Hervé AUBERT (1)

(1) LAAS-CNRS - 31031 Toulouse, France

(2) Research Center on Animal Cognition, Center for Integrative Biology; CNRS, University Paul Sabatier - Toulouse III, France

(3) UE GenESI, INRAE, 17700 Surgères, France

(4) GenPhySE, INRAE, Université de Toulouse, INPT, ENVT, 31326 Castanet Tolosan, France

adore@laas.fr

Detecting postural activity of lactating sows using millimetre-wave radar technology

The study evaluated the ability of millimetre-wave radar technology to monitor the postural activity of lactating sows kept in a crate. The monitoring used two radar sensors that operated at a frequency of 122 GHz and were placed at 140 cm from the ground, i.e., approximately 35 cm above the sow when standing. The acquisition speed was 20 observations per second over a period of 5 hours. To validate the postures predicted from the radar sensor data, sow postures were recorded with a digital camera, and video records were annotated manually by three observers trained using the same ethogram. Statistical analyses were performed using neural networks. The model was derived from VGG16, a state-of-the-art model for processing images. Each sow was analysed using 40% of the database as a training data set and the remaining 60% as a validation dataset. The method was tested on 10 sows to estimate five postures: lying without or with udder exposed, sitting, standing and kneeling. This method identified sow postures with sensitivity and specificity greater than 90%, except for the kneeling posture (sensitivity 10% and specificity 100%). The accuracy of the results depends positively on the time spent by each sow in each posture. The results show that it is possible to measure accurately the postural activity of sows blocked in a farrowing crate using millimetre-wave radar technology.

INTRODUCTION

Le comportement de la truie peut être utilisé comme indicateur de sa santé et de son bien-être. Par exemple, l'analyse des différences de temps passé couché entre deux périodes A et B permet de détecter des perturbations de l'activité de la truie. Au cours des dernières années, les développements technologiques se sont multipliés pour obtenir des outils capables de mesurer l'activité des truies de façon automatisée. Des accéléromètres ou la vision par ordinateur ont été utilisés pour analyser la posture des truies et étudier les variations de comportement au cours du temps (Zheng *et al.*, 2018 ; Canario *et al.*, 2018, 2021).

Nous présentons ici une nouvelle approche basée sur l'utilisation de radars à ondes millimétriques (122 GHz) pour détecter les postures de la truie et nous démontrons la capacité de cette technologie pour le suivi automatisé du comportement des truies au cours du temps.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Truies et mesures par vidéo

Les mesures ont été effectuées sur 10 truies allaitantes de la race Large White, sur une période de 5 heures pour chacune d'elles, dans l'unité expérimentale GenESI du Magneraud (17) (doi : 10.15454/1.5572415481185847E12). Les truies étaient bloquées en case de mise bas. Pour pouvoir estimer la posture des truies à partir d'échos radar et évaluer la fiabilité des

mesures réalisées, des enregistrements vidéos ont été effectués en parallèle des mesures radar. Sur ces enregistrements, les postures ont été annotées avec les heures de changements de postures.

1.2. Utilisation du radar à ondes millimétriques

Deux radars à ondes continues et à modulation de fréquence (FMCW) commercialisés par la société SILICON RADAR (Ozturk *et al.*, 2017) ont été utilisés. Les deux radars fonctionnent à une fréquence de 122 GHz. Le premier radar était placé au-dessus de la tête de la truie lorsqu'elle était en posture debout à 1m40 du sol et le second à la même hauteur au milieu de son dos, à une distance de 55 cm du premier. Les radars étaient donc fixés dans l'axe de la cage de contention, sur une structure métallique. Chaque radar émettait un signal électromagnétique modulé en fréquence sur une bande de 7 GHz. Le faisceau électromagnétique émis présentait un angle d'ouverture de 4° dans un plan, c'est-à-dire suffisamment étroit pour limiter l'écho radar de la cage de maintien et ainsi réduire le fouillis (ou « clutter ») électromagnétique.

Pour estimer la posture de la truie, nous avons effectué une transformée de Fourier du signal radar. Ce signal est le résultat d'un mélange entre le signal émis et le signal rétrodiffusé par la scène puis capté par l'antenne de réception du radar. A partir de cette transformée il est alors possible de déduire la distance qui sépare le radar de la cible d'intérêt (la truie). Pour réduire l'impact du bruit électronique de mesure sur la distance estimée, deux filtrages ont été appliqués sur le signal de battement. Le premier filtre permet de moyenniser le signal reçu

en fonction du temps et de la distance à la cible. La taille du filtre était de 20 mesures temporelles (environ 1 seconde). Le second filtre est un filtre de Gabor (Marcelja, 1980).

1.3. Analyse par réseaux de neurones

Le réseau neuronal convolutif utilisé dans cette étude est issu du modèle VGG16 (Simonyan et Zisserman, 2014). Ce modèle est parfaitement adapté à notre besoin, car il permet d'analyser efficacement des signaux avec une complexité algorithmique limitée. Les analyses ont été effectuées, en utilisant la librairie Python keras (Chollet *et al.* 2015), individuellement pour chaque truie, en utilisant 40% du début de la base de données comme ensemble de données d'entraînement et les 60% restants comme données de validation pour évaluer la spécificité et sensibilité de l'estimateur de posture. La sensibilité décrit la capacité de l'estimateur à trouver la posture et la spécificité la capacité à ne pas se tromper (Canario *et al.*, 2018). Les postures utilisées pour l'entraînement du réseau neuronal sont les suivantes : (i) couché sur le ventre, (ii) couché sur le côté avec la mamelle visible, i.e. en posture d'allaitement, (iii) assis (iv) debout et (v) à genoux.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

La matrice de confusion de l'estimateur statistique de posture est présentée sur la figure 1. La classification des postures a été correctement réalisée pour les trois classes « debout », « assis » et « couché ». Le nombre de fausses classifications était beaucoup plus important dans la posture « à genoux ». Les classes « couché » et « allaitement » étaient parfois confondues : 3 857 (10%) postures en allaitement ont mal été estimées car classées en posture « couché ». Cependant, sur l'ensemble de validation, le réseau de neurones a permis d'estimer correctement la posture des truies avec une sensibilité statistique globale supérieure à 90% pour les postures « couché », « allaitement » et « assise », et à plus de 99% pour la posture « debout » avec une spécificité globale de plus de 93% pour les postures « couché » et « allaitement » et de plus de 99% pour les postures « assise », « debout » et « à genoux » (Tableau 1). Zheng *et al.* (2018) obtiennent des résultats voisins avec une caméra Kinect et une analyse réalisée également par apprentissage profond sur des truies plus libres de leur mouvement dans un enclos individuel. Notre nouvelle méthode donne aussi des résultats proches de ceux obtenus en utilisant des accéléromètres avec des sensibilités de détection par radar et par accéléromètre voisines pour les trois postures

suivantes : « couché », « allaitement » et « debout » (Ringgenberg *et al.*, 2010 ; Canario *et al.*, 2018). Cependant notre méthode permet d'estimer la posture « assise » avec une plus grande sensibilité (19 à 37% avec des accéléromètres, contre 90% dans notre cas) et ce avec une approche non invasive (absence de dispositifs électroniques ou autres attachés sur l'animal).

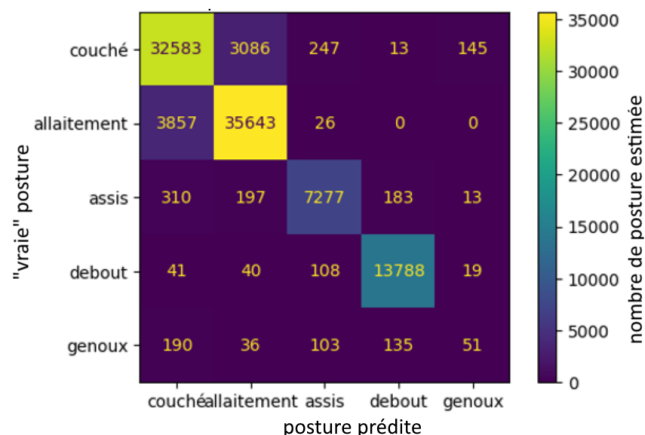


Figure 1 - Matrice de confusion obtenue par compilation des estimations de postures sur 10 truies. En abscisses figurent les postures estimées, et en ordonnées les "vraies" postures.

Tableau 1 - Estimation moyenne (minimum-maximum) de la spécificité et de la sensibilité pour chaque posture (10 truies).

Posture	Sensibilité	Spécificité
couché	90% (62-98)	93% (50-100)
allaitement	90% (43-100)	93% (68-100)
assis	90% (60 -98)	99% (98-100)
debout	99% (97-100)	100% (99-100)
à genoux	10% (0-63)	100% (98-100)

CONCLUSION

Le radar à ondes millimétriques apparaît comme une technologie prometteuse pour le suivi automatisé du comportement animal. En effet, nous avons montré qu'il est possible d'estimer avec précision plusieurs postures d'une truie bloquée en cage de contention à l'aide de deux radars à ondes millimétriques. Cette approche non invasive semble très efficace pour l'étude du patron d'activité des truies.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Canario L., Labrune Y., Bompà J.-F., Billon Y., Ravon L., Reigner S., Bailly J., Ricard E., 2018. Mise au point et validation d'un système embarqué pour mesurer l'activité posturale des truies allaitantes. Journées Rech. Porcine, 50, 329-330.
- Canario L., Labrune Y., Bompà J.-F., Bailly J., Billon Y., Ravon L., Reigner S., Ricard E., Bonneau M., 2021. Fusion de données vidéo et d'accéléromètre pour la détection automatique de l'activité posturale des truies en case de mise bas. Journées Rech. Porcine, 53, 111-112.
- Chollet, F., et autres, 2015. Keras. <https://keras.io>.
- Marcelja S., 1980. Mathematical description of the responses of simple cortical cells. J. Opt. Soc. Am., 70, 1297-1300.
- Ozturk E., Genschow D., Yodprasit U., Yilmaz B., Kissinger D., Debski W., Winkler W., 2017. Measuring target range and velocity: Developments in chip, antenna, and packaging technologies for 60-GHz and 122-GHz industrial radars. IEEE Microwave Magazine, 18, 26-39.
- Ringgenberg N., Bergeron R., Devillers N., 2010. Validation of accelerometers to automatically record sow postures and stepping behaviour. Appl. Anim. Behav. Sci., 128, 37-44.
- Simonyan, K., Zisserman, A. 2014. Very deep convolutional networks for large-scale image recognition. arXiv:1409.1556.
- Weber R., Keil N. M., Fehr M., Horat R., 2007. Piglet mortality on farms using farrowing systems with or without crates. Anim. Welfare, 16, 277-279.
- Zheng C., Zhu X., Yang X., Wang L., Tu S., Xue Y., 2018. Automatic recognition of lactating sow postures from depth images by deep learning detector. Comput. Electron. Agr., 147, 51-63.