

# Prix jeunes chercheurs-euses

## CHALLENGE SCIENCES 2024

Le projet *Sciences 2024*<sup>1</sup>, lancé en septembre 2018 regroupe 11 grandes écoles et écoles d'ingénieur, avec le soutien du CNRS, du CNSD et de l'INSEP. Il vise à mobiliser des projets étudiants, en partenariat avec les fédérations sportives, pour trouver des solutions scientifiques innovantes afin d'optimiser les performances des sportifs français dans la perspective de Paris 2024. Nous présentons ici le résumé du travail de la première lauréate du *Challenge 2024* qui a été l'occasion d'une présentation des projets conduits au cours de la première année.

### L'EFFET DES MIRAGES SUR LA VISÉE EN TIR SPORTIF

Gabrielle Laloy Borgna, encadrée par H. Gayvallet et P. Odier (ENS Lyon).

À l'origine de notre travail, nous avons rencontré Rémi Moreno Flores, champion du monde de tir à la carabine par équipe en 2018, qui nous a fait part d'une difficulté fréquemment invoquée par les tireurs, sous le terme de « mirage ». Cet effet se manifeste par un décalage entre le point visé et le point réel d'impact de la balle. Ce phénomène physique est lié à l'indice de réfraction, caractéristique optique de l'air qui dépend de sa température et de son humidité. Or, une variation de l'une de ces grandeurs au-dessus du champ de tir induit une courbure des rayons lumineux reliant la cible à l'œil du tireur. Ce dernier ajuste sa visée en interprétant la situation comme si les rayons lumineux étaient rectilignes, induisant un décalage entre la position réelle de la cible et celle qu'il perçoit. Selon les conditions atmosphériques, ce décalage peut être vers le haut ou vers le bas. Le travail a consisté à étudier l'influence des mirages sur la visée des tireurs, afin de les aider à compenser cet effet.

Un montage expérimental a été construit pour modéliser le cas d'un mirage thermique. Cela a permis de vérifier que cette situation entraîne une courbure du rayon lumineux qui donne l'illusion que la cible se situe en dessous de sa position réelle

Fig. 1

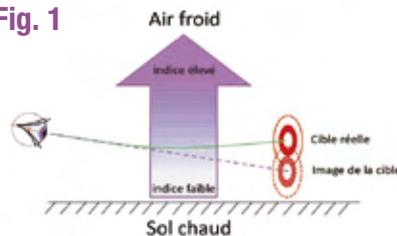
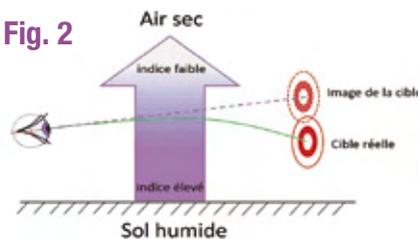


Fig. 2



(figure 1). Or, dans la pratique, les tireurs qui ont fait part de leur expérience<sup>2</sup>, indiquent avoir toujours tendance à tirer plus haut que la cible. Ce n'est donc pas ce phénomène qui est responsable de l'effet qu'ils observent.

Le mirage dû à l'humidité a ensuite été étudié, faisant alors paraître la cible au-dessus de sa position réelle (figure 2). Un second dispositif expérimental a confirmé le sens de déviation attendu (visée trop haute) ainsi que son ordre de grandeur.

L'étude de ces deux types de mirages nous a conduits à modéliser le phénomène afin de prédire le sens et la valeur du décalage entre la position réelle de la cible et

la position perçue. Un protocole a alors pu être proposé aux tireurs (figure 3) prenant en compte trois mesures de température et d'hygrométrie au-dessus du champ de tir : sur la ligne de tir (valeurs ambiantes), 50 cm au-dessus de l'axe de tir et 50 cm en dessous. Ces mesures permettent de calculer les écarts de température et d'hygrométrie selon ces 3 niveaux.

L'adaptation de la formule mathématique<sup>3</sup> dans un tableur permet aux tireurs de connaître instantanément la valeur du décalage entre l'image de la cible et sa position réelle selon les gradients de température et d'humidité : on observe ainsi des écarts pouvant atteindre jusqu'à 2 cm lors de variations d'hygrométrie de 6 % ou de température de 4°.

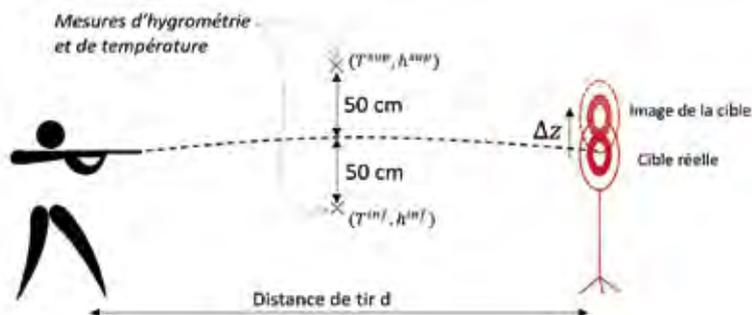
Ces expériences ont permis d'obtenir un outil de quantification des conséquences de l'effet de mirage sur la visée en tir sportif, qu'il soit d'origine thermique ou hygrométrique en proposant un outil pratique d'adaptation. Toutefois, le contexte du tir sportif nécessiterait d'approfondir les effets combinés du vent et des mirages visuels car, selon l'expérience des tireurs, il apparaît que certains effets de mirages de visée peuvent disparaître et/ou réapparaître dans les contextes venteux de tir.

1. <https://sciences2024.polytechnique.fr/>

2. BURY M., « Technique : les mirages », *Cahiers du pistolet et du carabinier*, n° 131, février 1989.

3. SMITH E., WEINTRAUB S., « The Constants in the Equation for Atmospheric Refractive Index at Radio Frequencies », *Proceedings of the IRE*, n° 41, août 1953.

Fig. 3



$T_0$  = température ambiante

$h_0$  = hygrométrie ambiante

$\Delta h = h^{sup} - h^{inf} (\%)$

$\Delta T = T^{sup} - T^{inf} (^\circ C)$

$$\Delta z = d^2 \left[ 0,093315 \frac{\Delta h}{T_0^2} - \left( \frac{0,0776}{T_0^2} + \frac{0,18663 \cdot h_0}{T_0^3} \right) \Delta T \right]$$