



Pourquoi le faucon ne pique pas directement sur sa proie? Trajectoires et vitesse d'attaque du Faucon pèlerin *Falco peregrinus*

René-Jean MONNERET

Introduction

Bien que la chasse soit l'élément de la biologie du Faucon pèlerin, qui, de longue date, a le plus captivé l'imagination de l'homme, en particulier par la vitesse extraordinaire des attaques «en piqué», les connaissances précises à ce sujet sont relativement restreintes. Cet article, fondé sur plus de 40 années d'observation, comptabilisant plusieurs centaines

d'attaques suivies de bout en bout parmi quelques milliers d'autres qui n'ont pu l'être complètement, propose d'exposer succinctement ce qui, aujourd'hui, semble refléter l'état de la connaissance à ce sujet. Pour les mesures de vitesse, il se réfère largement aux études américaines et suisses faites à l'aide de systèmes, de radars de conduite de tir (CH), ou de triangulation optique (USA).



Faucon pèlerin *Falco peregrinus* en vol. Les Rapilles de Baulmes, juillet 1995.

¹ Vol d'amont: expression de fauconnerie, désignant le vol du faucon quand celui-ci cercle à plus ou moins grande hauteur au-dessus d'un point fixe, le fauconnier ou le chien de celui-ci. Par extension, se dit du vol de tout rapace volant à grande hauteur sans s'éloigner sensiblement de la verticale d'un point particulier.



Le Faucon pèlerin *Falco peregrinus* s'apprête à «buffeter» sa proie.

Vol de chasse

Le vol de chasse du Faucon pèlerin comporte typiquement 3 phases: le vol de placement, le piqué «ailes-fermées» et l'approche terminale de la proie. Il est entrepris aussi bien d'un poste d'affût que d'un «vol d'amont»¹ à hauteur variable. Du départ à l'approche finale, la distance parcourue s'échelonne entre quelques centaines de mètres à plusieurs kilomètres, pour un changement d'altitude généralement compris entre 100 et 600 m.

Le **vol de placement** est un vol battu caractéristique. Les mouvements d'ailes de grande amplitude sont énergiques et cadencés, sauf quand l'angle de l'attaque dépasse d'emblée 20 à 30°, auquel cas il se résume à quelques battements d'ailes «nerveux». Le vol de placement se développe, le plus souvent, sur de grandes distances – plusieurs centaines de mètres, voire plusieurs kilomètres.

La direction initiale du vol paraît indépendante de la situation de l'oiseau convoité. Pendant cette phase, la vitesse du faucon atteint certainement des vitesses de l'ordre de 80 à 100 km/h. A plusieurs reprises, nous avons en effet observé des femelles «refaire le handicap» de 200 à 300 m sur des Ramiers *Columba palumbus* traversant une vallée, alors qu'au départ de la poursuite le pigeon volait entre 50 et 100 m au-dessus du site.

Le **piqué «ailes-fermées»** est une chute plus ou moins oblique de plusieurs centaines de mètres, à plus d'un kilomètre. L'angle de la trajectoire avec l'horizontale est en général compris entre 20 et 40°. Durant cette séquence, la vitesse n'est pas constante. Elle

subit des accélérations, quand le faucon colle ses ailes le long du corps, et des ralentissements, quand il les écarte plus ou moins, pour corriger sa trajectoire. C'est durant cette phase de l'attaque que le faucon atteint sa vitesse maximale. Elle est largement fonction de la hauteur initiale de la descente, de sa longueur et de l'angle de la trajectoire avec le sol. Celle-ci n'est pas rectiligne et présente l'allure d'une courbe dont la première partie est orientée vers le sol (comme si, au départ, le faucon «visait» à côté et sous sa cible), puis vers la proie dans les dernières dizaines de mètres avant le contact.

L'**approche terminale et la capture**: la fin de trajectoire devient rectiligne et proche de l'horizontale, mais bien souvent plus ou moins montante – tant que l'oiseau attaqué ne détecte pas l'approche du rapace. Dans ce cas, la proie peut être «liée», c'est-à-dire directement saisie avec les serres, ou «buffetée», c'est-à-dire percutée avec les serres tendues en avant. Le faucon «ressource» alors dans une «chandelle» verticale, à partir de laquelle il pique de nouveau vers l'oiseau, en train de tomber, pour s'en saisir définitivement.

Si le faucon est repéré, la proie fait un brusque écart, vers le bas, le haut ou latéralement, après quoi elle tente d'échapper en direction du sol. Le faucon exécute alors un virage très court, donc très bruyant, pour enchaîner par un, voire plusieurs, piqués «secondaires» (si la première tentative est infructueuse et si l'espace disponible le permet).

Trajectoires

Plusieurs théories permettent d'expliquer la trajectoire courbe du faucon.

Tactique

Le faucon chercherait à tromper la proie en orientant son vol dans une direction différente de celle de l'objectif. Malgré toute l'admiration que je porte au Faucon pèlerin, cette hypothèse, qui présuppose une grande capacité d'analyse et de réflexion de la part du prédateur, paraît difficilement acceptable.

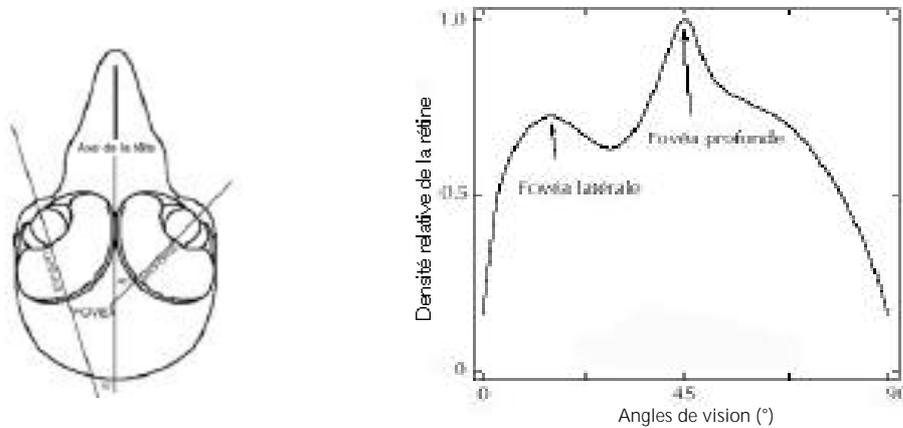


Fig. 1 – Angles de vision privilégiés par la fovéa latérale (15°) et la fovéa profonde (40°), reportés sur la tête du Faucon pèlerin *Falco peregrinus* (à gauche) et d'après la densité relative des photorécepteurs de la rétine (à droite).

Bio-physique

A l'instar du chien qui court droit vers son maître en mouvement ce qui induit une trajectoire courbe connue sous le nom de « courbe du chien » (l'axe du corps étant constamment dirigé vers la proie), le faucon suivrait une trajectoire similaire. Cette hypothèse est plus vraisemblable, encore qu'une étude plus fine faite par TUCKER *et al.* (2000), semble montrer que, à la différence de celle du chien, la trajectoire du faucon ne serait pas directement dirigée vers la proie, mais latéralement, selon un angle proche de 40° (TUCKER 2000b). Pourquoi cette bizarrerie ?

Comme tous les rapaces diurnes, les faucons ont une mobilité oculaire réduite et disposent de 2 fovéas¹ (TUCKER 2000b ; TUCKER *et al.* 2000 ; fig. 1) :

- la *fovéa latérale*, destinée à la *vision binoculaire*. Elle est orientée vers l'avant à 15° de part et d'autre de l'axe de la tête, et ne permet pas une vision précise au-delà de 40 m ;
- la *fovéa profonde*, destinée à la *vision*

monoculaire. Elle est située dans l'axe principal de l'œil, est orientée à 40° vers l'avant par rapport à l'axe de la tête. D'une acuité exceptionnelle (10 millions de cel-



Cl. Le Pennec

¹ Fovea: très petite surface de la rétine, dépourvue de vaisseaux sanguins, dans laquelle la densité des cellules visuelles est maximale, particulièrement celle des cellules en forme de cônes, responsables de la vision des couleurs. Ce sont les fovéas qui permettent l'acuité visuelle maximale.

Cette femelle de Faucon pèlerin *Falco peregrinus* oblique sa tête à 40° pour observer le mâle qui tourne au-dessus du site de reproduction.

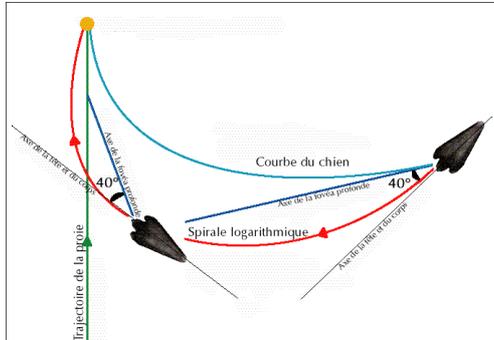


Fig. 2 – Trajectoire (en rouge) suivie par le Faucon pèlerin *Falco peregrinus* pour atteindre sa proie (point jaune), où l'axe du corps fait un angle de 40° avec l'axe du corps. A titre comparatif, en bleu, la courbe dite du chien, où l'axe du corps est constamment orienté vers la proie.

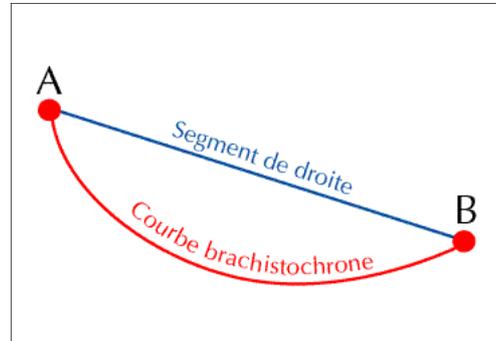


Fig. 3 – La trajectoire brachistochrone (en rouge), suivie par le Faucon pèlerin *Falco peregrinus* pour atteindre sa proie, est plus rapide que le trajet en ligne droite (segment AB).

lules visuelles au millimètre carré, associées à un système optique performant), elle sert à l'observation à grande distance, ce qui, pour ce faire, oblige le faucon à tourner la tête à 40° sur le côté. Ce comportement est particulièrement évident quand le faucon observe un oiseau situé loin au dessus de lui.

Aérodynamique

Les études en soufflerie (TUCKER 2000a) montrent que la flexion latérale de la tête augmente de 50%, les forces de frottement aérodynamiques. Ainsi, pour conserver un coefficient aérodynamique¹ et une vitesse maximale, le faucon doit maintenir sa tête dans l'axe du corps, ce qui implique qu'il doit piquer à 40° par rapport à la direction de sa proie s'il veut la garder «à vue». Il ne s'agit donc plus d'une simple trajectoire de poursuite, de type «courbe du chien», mais d'une trajectoire de type «spirale logarithmique» (fig. 2).

¹ Le coefficient aérodynamique est un coefficient qui caractérise la résistance à l'avancement d'un objet en mouvement dans un fluide, l'air dans le cas présent. Plus le coefficient est petit, plus la résistance à l'avancement est faible, et meilleure la pénétration de l'objet dans l'air.

Mécanique

Le temps le plus court que met un objet, accéléré par la seule pesanteur, pour aller d'un point A à un point B, plus bas que A, n'est pas le segment de droite AB, mais une courbe qui part de A, selon la ligne de plus grande pente, pour ensuite s'incurver vers B. Il s'agit d'une courbe «brachistochrone» (fig. 3).

On comprend ainsi que, pour atteindre une proie le plus vite possible, à grande vitesse, les trois contraintes, visuelles, aérodynamiques et mécaniques, conduisent le faucon à «piquer à côté», tout en conservant «le bon œil» sur sa proie (la vision binoculaire et la trajectoire directe n'étant utilisées que dans les dernières dizaines de mètres de l'approche).

Vitesses

Vitesses maximales possibles lors du piqué «ailes fermées»?

Ces vitesses sont sujettes à controverse. On a parlé de plus de 400 km/h ou plus modestement de 150 km/h. Théoriquement, les facteurs, dont dépend la vitesse d'un faucon en piqué, sont au nombre de cinq :

- la masse de l'oiseau ;
- son volume ;
- son coefficient aérodynamique ;

- l'angle de sa trajectoire avec le sol;
- la longueur de cette trajectoire.



La masse de l'oiseau

Pour un même coefficient aérodynamique et un même volume, plus un objet est massif, plus la force que son poids oppose aux forces de frottement aérodynamiques est importante. La vitesse limite à partir de laquelle les forces de frottement aérodynamiques équilibrent la force de la pesanteur est donc d'autant plus élevée que la masse de l'objet qui tombe est importante. Donc, plus un oiseau est massif plus, il vole vite et plus il est susceptible de piquer à grande vitesse.



de le conserver replié, ce qui aurait pour effet d'améliorer son coefficient aérodynamique, comme cela est le cas chez les oiseaux plongeurs (LOVVORNI *et al.* 2001). Cette hypothèse n'est pas absolument avérée pour ce qui concerne le Faucon pèlerin, car les piqués d'attaque se déroulent toujours très loin de l'observateur, mais c'est en tout cas ce qui semble se produire quand le faucon accélère en donnant l'impression de «s'allonger» sur sa trajectoire.

L'angle de descente et la longueur du piqué

Un faucon de 1 kg, qui conserverait sa posture de «recherche de vitesse maximale» sur toute la longueur d'une descente à 45°, pourrait théoriquement atteindre une vitesse de 100 m/s (360 km/h) après 20 s de chute et 130 m/s (460 km/h) après 35 s.



Le volume et le coefficient aérodynamique

Le coefficient aérodynamique dépend de la forme générale de l'objet soumis à la résistance du fluide dans lequel il se déplace, de son volume, de sa longueur, de sa texture et de sa capacité à conserver sa forme à grande vitesse. Un objet allongé a un meilleur coefficient aérodynamique qu'un objet sphérique de même diamètre. Un objet présentant de faibles aspérités a un meilleur coefficient qu'un objet de forme irrégulière. Un objet qui garde sa forme pénètre mieux dans l'air qu'un objet qui se déforme.

Pour ce qui est du Faucon pèlerin, forme et rigidité du plumage – absence de vibrations – contribuent à lui donner un coefficient aérodynamique performant. Des études menées en soufflerie, sur des reproductions de faucons en matériaux synthétiques et sur des carcasses congelées (TUCKER 1987, 1998), montrent que le coefficient aérodynamique est de l'ordre de 0,05 à 0,08 pour le Faucon pèlerin, alors qu'il n'est que de 0,12 pour la Buse à queue rousse *Buteo jamaicensis*, par exemple. En outre, ces études montrent que le coefficient aérodynamique du faucon s'améliore avec le gain de vitesse.

Il se pourrait également que, pour accélérer, le faucon tende le cou en avant au lieu



Quelles vitesses a-t-on enregistrées sur le terrain?

Verticalement, la durée du piqué pour atteindre la vitesse théorique de 112 m/s (403 km/h) serait de 16 s, nécessitant une chute verticale de 1150 m, trajectoire d'une longueur pratiquement jamais observée en chasse sous un tel angle. D'autre part, quand il chasse, le faucon corrige constamment trajectoire et vitesse tout au long de sa chute, de sorte qu'il n'atteint jamais la vitesse maximale théoriquement possible.

Les mesures faites sur le terrain le confirment :

- Sur un site des Baléares, M. Kestenholz et D. Peter (PETER & KESTENHOLZ 1998), au moyen d'un radar de conduite de tir, ont enregistré les vitesses de 36 et 51 m/s (130 et 184 km/h), sous des angles maximum de 42°, pour des hauteurs de chutes variant de 250 à 350 m. Ces mesures concernaient un Faucon pèlerin de la sous-espèce *brookei*, dont les individus sont en principe moins massifs que ceux de l'espèce nominale, donc *a priori* moins rapide.

- Au Colorado, TUCKER *et al.* (2000), ont mesuré, grâce à un système de triangulation associé à un ordinateur, des vitesses variant de 40 à 70 m/s (144 km/h à 252 km/h) pour des angles de chute compris entre 20 et 30° seulement. Ces mesures concernaient les attaques de chasse d'un tiercelet de Faucon pèlerin *F. p. anatum* partant d'un poste d'affût situé 450 m au-dessus du plateau.
- D'autres mesures faites par TUCKER *et al.* (1998), sur un tiercelet dressé de Faucon gerfaut *Falco rusticolus* de 1 kg, piquant de 500 m de haut sous un angle de 62°, montrent que la vitesse maximale (58 m/s, soit 208 km/h) a été atteinte après seulement 150 m de perte de hauteur, pour un déplacement horizontal d'une centaine de mètres. Ensuite, le faucon a peu à peu réduit sa vitesse pour rejoindre le fauconnier.

Conclusion

Ces mesures, qui concernent des trajectoires de courtes durées, sur de faibles pentes, ne sont pas très éloignées des estimations théo-

riques pour les mêmes facteurs de chute.

Ainsi, bien que les vitesses objectivement mesurées «en nature» n'aient jamais dépassé 250 km/h, pour des pentes d'une trentaine de degrés, et des pertes d'altitudes de 150 m seulement, on est en droit d'admettre que, dans des conditions exceptionnelles (angles et temps de chute supérieurs), la vitesse maximale que pourrait atteindre un Faucon pèlerin en piqué devrait approcher 380 km/h. D'ailleurs T. J. Cade (comm. pers.) signale que les estimations de vitesses réalisées par K. Franklin, parachutiste et fauconnier, sur un faucon tombant à la verticale d'un avion volant à 3500 m, auraient dépassé 400 km/h.

Pour conclure, il semble bien que les vitesses extraordinaires du Faucon pèlerin ne soient pas qu'un mythe. Néanmoins, elles demandent encore quelques investigations pour lever l'ambiguïté sur la vitesse maximale possible lors de piqués verticaux à partir de grandes hauteurs sans correction de vitesse, comme cela est toujours le cas lors des attaques de chasse. Peut-être faudra-t-il orienter les investigations vers les vitesses acquises à l'occasion des parades nuptiales?

Bibliographie

- FERRÉOL R., Courbes mathématiques: <http://www.mathcurve.com/>
- LOVVORNI, J.R., G. A. LIGGINS, M. BORSTAD, S. M. CALISAL & A. MIKKELSEN (2001): Hydrodynamic drag of diving birds: effects of body size, body shape and feathers at steady speed. *The Journal of Experimental Biology* 204: 1547-1557.
- MONNERET, R.J. (2001): *Le Faucon pèlerin. Description, mœurs, observation, protection, mythologie...* Coll. Les Sentiers du Naturaliste. Delachaux & Niestlé, Lausanne.
- PETER, D. & M. KESTENHOLZ (1998): Sturzflüge von Wanderfalke *Falco peregrinus* und Wüstenfalke *F. peregrinoides*. *Ornithol. Beob.* 95: 107-112.
- TUCKER, V. A. (1987): Gliding birds: the effect of variable wing span. *J. Exp. Biol.* 133: 33-58.
- TUCKER, V. A. (1998): Gliding flight: speed and acceleration of ideal falcons during diving and pull out. *J. Exp. Biol.* 201: 403-414.
- TUCKER, V. A. (2000a): Gliding flight: drag and torque of a hawk and a falcon with straight and turned heads, and a lower value for the parasite drag coefficient. *J. Exp. Biol.* 203: 3733-3744.
- TUCKER, V. A. (2000b): The deep fovea, sideways vision and spiral flight paths in raptors. *J. Exp. Biol.* 203: 3745-3754.
- TUCKER, V. A., T. J. CADE & A. E. TUCKER (1998): Diving speeds and angles of a gyrfalcon (*Falco rusticolus*). *J. Exp. Biol.* 201: 2061-2070.
- TUCKER, V. A., A. E. TUCKER, K. AKERS & J. H. ENDERSON (2000): Curved flight paths and sideways vision in peregrine falcons (*Falco peregrinus*). *J. Exp. Biol.* 203: 3755-3763.