

Football(s). Histoire, culture, économie, société

ISSN : 2968-0115

: Presses universitaires de Franche-Comté

3 | 2023

Le rugby français et son modèle

Le joug

The scrum machine

Joris Vincent

🔗 <https://preo.u-bourgogne.fr/football-s/index.php?id=569>

Licence CC BY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Joris Vincent, « Le joug », *Football(s). Histoire, culture, économie, société* [], 3 | 2023, .

Copyright : Licence CC BY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>). URL :

<https://preo.u-bourgogne.fr/football-s/index.php?id=569>

PREO

Le joug

The scrum machine

Football(s). Histoire, culture, économie, société

3 | 2023

Le rugby français et son modèle

Joris Vincent

🔗 <https://preo.u-bourgogne.fr/football-s/index.php?id=569>

Licence CC BY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Avant le joug

Un objet symbolique et technique

Le joug mobile ou l'apprentissage de la poussée

Un objet technique de base pour l'entraînement en rugby

La mue technologique et sécuritaire du joug

De l'équipement sportif à un objet d'enseignement et identitaire

- 1 Avec le ballon ovale, le casque ou la coquille, le joug fait partie des objets techniques emblématiques du rugby à XV. Il sert en effet à mettre en place, lors des entraînements, l'une des phases de conquête fondamentale du jeu : la mêlée fermée ordonnée. Comme le rugby, cet équipement d'abord en bois, puis en métal, dont le nom exhale un fort relent historique et rural, a une histoire. Une histoire qui en dit long sur la culture du rugby, l'évolution des techniques corporelles et la recherche pour améliorer le jeu et la sécurité des joueurs.

Avant le joug

- 2 Le 1^{er} janvier 1906, l'équipe de France de rugby affronte pour la première fois la Nouvelle-Zélande. Un véritable défi car les avants français doivent se préparer à l'exercice des mêlées fermées ordonnées et que les joueurs néo-zélandais arrivent sur le sol français avec une technique collective innovante. Leur mêlée de 7 joueurs est organisée entre trois lignes : une première de deux joueurs articulée avec une

deuxième de trois éléments se terminant par une troisième ligne de deux joueurs. À cette époque, l'organisation des néo-zélandais est déroutante par rapport à la traditionnelle composition de la mêlée à 8 joueurs en trois lignes de 3-2-3 joueurs. Aussi, le 27 décembre 1905, les Parisiens du Racing Club de France et du Stade Français Paul Dedejn et André Vergès associés à Albert Branlat du Stade Bordelais Université Club (SBUC) s'exercent à la mêlée au manège du collège Chaptal à Paris, en positionnant deux joueurs face à eux, assis contre un mur¹. De fait, si les vraies mêlées sont conseillées pour préparer les avants lors des entraînements, les manuels théoriques et pratiques suggèrent d'autres solutions. « On peut remplacer la mêlée adverse – note Jacques Dedet, par un mur ou un instrument spécialement construit pour offrir une résistance, mais le mieux est qu'il y ait un nombre de joueurs suffisant pour pouvoir s'entraîner sérieusement à une mêlée² ». La préparation à ces mêlées paraît essentielle pour les équipes car ces phases de jeu, nombreuses au cours d'une rencontre³, permettent surtout de gagner la possession du ballon après un arrêt du jeu. Si cet article ne prétend pas retracer une histoire technique complète de cet instrument⁴, il veut revenir sur la manière dont les acteurs du rugby ont construit un objet susceptible d'apprendre aux joueurs les meilleures manières de faire les mêlées. L'enjeu est d'autant plus important que cette phase de jeu devient, au fil du temps, toujours plus réglementée et ordonnée⁵. De fait, les premières images cinématographiques du rugby montrent que, lors des premières rencontres à la fin du XIX^e siècle, ce sont les huit premiers joueurs de chaque équipe, présents au point de la remise en jeu du ballon qui se lient pour jouer immédiatement la mêlée⁶. Cette organisation spontanée laisse la place à une structuration plus ordonnée dans laquelle huit joueurs spécialistes participent à cette phase de conquête du ballon. Par ailleurs, le règlement imposant également et progressivement des positions et des techniques spécifiques, il devient nécessaire de systématiser et de reproduire cette technique collective importante pour redonner vie au ballon dans une dynamique de combat. Ainsi, les avants doivent-ils s'entraîner à pousser, à tourner les mêlées et talonner le ballon.

Figure n° 1 : La préparation de la mêlée de l'équipe de France avant le match contre la Nouvelle-Zélande (*La Vie au Grand Air*, 29 décembre 1905).



Crédit : BNF/Gallica.

Un objet symbolique et technique

- 3 S'il n'est pas aisé de dater précisément l'apparition du premier instrument spécifiquement dédié à l'entraînement à la mêlée fermée, son utilisation commence à être conseillée dans la littérature rugbyistique au début du vingtième siècle. Au Royaume-Uni, les théoriciens et/ou techniciens parlent alors d'une *scrum machine*, une machine en acier fixée contre un mur, qui présente trois butoirs à l'intérieur desquels les joueurs vont engager leur tête tout en faisant reposer leurs épaules sur des butées. Dans la culture rugbyistique française, le terme de joug est alors utilisé pour caractériser cet instrument. « Puissants, trapus, larges de l'encolure, les piliers vont deux par deux, tels des bœufs qui labourent. Tels des bœufs et aussi parfois, tels des taureaux. Car, s'ils ont la force tranquille et la résistance infinie des premiers, ils ont les colères terribles des seconds. Lorsqu'accouplés par ce joug vivant qu'est leur talonneur, ils se ramassent, prêts à foncer sur la mêlée adverse, leurs yeux ne voient rien que les centimètres de terrain qu'ils doivent gagner⁷ ». Emprunté au monde agricole, le joug est identifié à la pièce de bois qui se fixe en avant ou en arrière des cornes, le plus souvent des bœufs, pour y fixer un dispositif d'attelage. Indépendamment du symbole représenté, le joug

permet, par conséquent de travailler toutes les techniques de poussée et de talonnage nécessaires aux combats livrés pour remettre le ballon en jeu. En plus de cette utilité technique évidente, le joug apparaît aussi comme un objet symbolique qui épouse les valeurs du rugby. Si le terme de joug peut renvoyer, dans un sens commun, au symbole de soumission⁸, le joug du rugby dépasse ce premier symbole. En effet, il est conçu comme un objet qui permet d'exprimer et de mettre en valeur une force collective. En enserrant sa tête dans ce morceau de bois, le joueur se met au service du collectif pour imposer sa force à l'adversaire. On retrouve alors ici un sens premier du terme. Dans la société agricole du Moyen Âge, l'idée du joug était une proposition de partage des tâches et des fardeaux⁹. En rugby, le joug est donc construit comme un outil de contrainte salutaire par lequel chaque joueur du collectif s'exerce à donner vie au ballon. Le joug permet de construire l'unité collective, d'autant qu'un problème physique se pose. En effet, pour stabiliser cette pièce de bois installée sur deux trépieds, il faut un contrepoids qui doit également servir à opposer une force de résistance à la poussée du collectif des avants. Si le joug est tout d'abord un reposoir, il possède aussi une fonction de pousoir qui nécessite plusieurs formes de coopération.

Figure n° 2 : Le joug du Stade Nantais Université Club (*Le Miroir des Sports*, 7 octobre 1930).



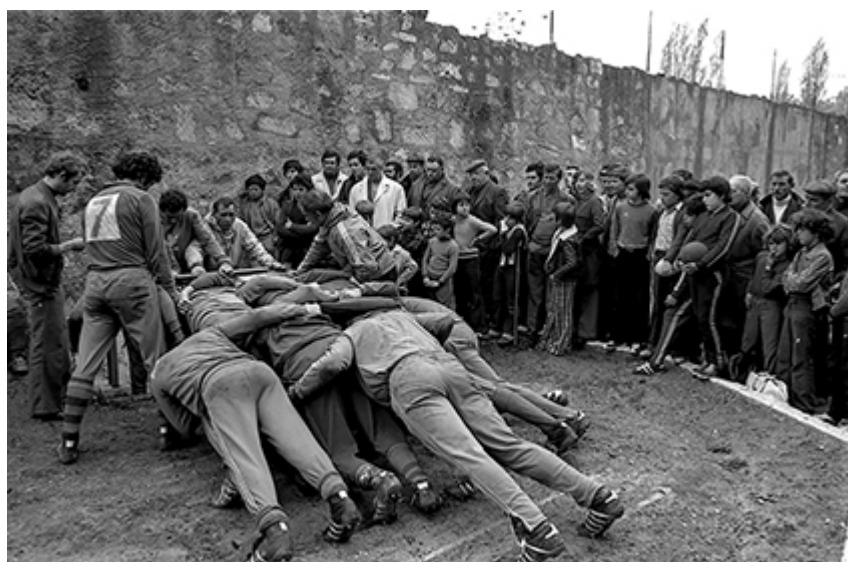
Ce joug rembourré est muni de deux dynamomètres qui mesurent simultanément la poussée à droite et à gauche.

Crédit : Gallica/BNF.

- 4 Au cours du travail au joug, un moment important et fondateur de la vie du rugbyman se joue. Ce moment semble plus particulièrement réservé à la famille des avants. L'exercice au joug apparaît, en effet, comme un temps et un espace de partage et de coopération qui va consolider les liens entre les joueurs. Pendant que les avants effec-

tuent leurs poussées collectives avec et contre ce joug, leurs partenaires sont positionnés sur la plateforme pour opposer la résistance nécessaire à cet effort collectif. L'attitude et les regards des partenaires montrent que le moment est construit comme une œuvre collective. Il devient un lieu avec ses secrets, seulement accessibles aux initiés, où les avants vont construire l'alchimie de la mêlée fermée. D'ailleurs, il n'est pas anodin que les jougs fixés au sol soient souvent installés à l'écart du terrain dans un coin du stade à l'ombre d'une tribune.

Figure n°3 : L'entraînement au joug des avants du « grand Béziers ».



Crédit : Famille Cans.

Le joug mobile ou l'apprentissage de la poussée

- 5 Dans ce lieu réservé aux avants, le joug permet aux joueurs de travailler la technique collective de poussée qui s'exprime à travers la force brute de l'avancée. Mais il vise également à développer des techniques corporelles spécifiques. Les appuis au sol, les appuis avec les épaules, les liaisons avec les mains et les bras, les positions du dos et du bassin, les orientations des épaules, les angles de poussée constituent les savoirs de cette culture partagée autour de cette pièce de bois. Le joug permet ainsi de travailler tout à la fois les tech-

niques de talonnage du ballon et la coordination entre le demi-mêlée et son talonneur pour introduire le ballon dans la mêlée fermée¹⁰. Le joug représente donc un espace où se construisent des complicités fortes et spécifiques, représentées comme incontournables pour affronter les combats du jeu.

Figure n° 4 : Julien Saby (béret) dirige un entraînement sur joug mobile d'une *mischia* italienne au début des années 1950.



Le joug a ici une structure métallique qui supporte un contrepoids de fortune.

Crédits : Francesco Volpe, Valerio Vecchiarelli, 2000. *Italia in meta*.

- 6 Dans l'histoire du rugby français, son utilisation se diffuse au cours des années 1950. « On pourra employer aussi – écrit Robert Poulain en 1955 un instrument appelé joug, sorte de bâti généralement en bois, ressemblant à un butoir de chemin de fer. Ce joug, qui est de préférence mobile et peut-être lesté au gré des intentions de l'entraîneur, permet d'exécuter les poussées les plus diverses, les talonnages et les mêlées tournées. C'est un accessoire indispensable quand on veut améliorer le rendement d'une mêlée¹¹ ». Si le joug est tout d'abord construit à partir d'un assemblage de pièces en bois, des versions en métal sont conçues pour offrir une plus grande mobilité de l'instrument. Il peut ainsi être positionné sur différents endroits du terrain de jeu. Le joug mobile présente l'avantage d'associer au travail de poussée une dimension tactique. Si la charge varie en fonction du nombre de joueurs et/ou des contrepoids disposés, il est possible de

travailler toutes les formes de poussée. Des poussées brèves ou longues, des efforts enchaînés avec arrêt, des poussées avec sortie du ballon dans l'aire de jeu, des poussées à droite ou à gauche, des poussées désaxées et/ou des poussées sur des terrains plats ou montants. Le développement des modèles en métal s'accompagne d'une mécanisation du système de contrepoids. Par un système de ressorts et/ou de dynamomètres, ce système de jougs propose des forces de résistance modulables et mécaniques à opposer à la poussée des avants. Le joug à dynamomètre avec un bras de levier, employé par l'AS Béziers de Raoul Barrière au cours des années 1970, est caractéristique de cette nouvelle technologie. Le joug à dynamomètre est un appareil fixe à levier permettant de placer des charges progressives. L'avantage de ce système (joug type Lacroix¹²) est de pousser pour soulever la charge choisie puis de maintenir cette poussée au retour de la charge¹³. Les Biterrois vont également utiliser un joug mobile « monté sur rouleaux qui comporte deux têtes articulées dans le sens transversal et longitudinal permettant l'opposition de deux packs¹⁴ ». Néanmoins, ces technologies n'étant pas accessibles à tous les clubs, ce sont plutôt des jougs mobiles qui se démocratisent sur les terrains de rugby français. La Fédération Française de Rugby accompagne d'ailleurs la démocratisation de cet instrument en proposant des plans de construction. « Le joug peut être établi, sans frais importants surtout si l'on peut utiliser la compétence et l'ingéniosité des dirigeants, joueurs ou de leurs supporters »¹⁵.

Un objet technique de base pour l'entraînement en rugby

- 7 Les rencontres de rugby des années 1950 aux années 1980 sont caractérisées par une place importante des mêlées fermées ordonnées. En moyenne, les avants jouent entre 40 et 50 mêlées fermées au cours d'une rencontre de 80 minutes. L'importance de cette phase de jeu impose donc une place significative à sa préparation dans les entraînements hebdomadaires. D'ailleurs, il est de coutume que les avants accordent au moins un tiers du temps de l'entraînement au travail au joug. Cette réalité explique sans doute son développement en tant que produit commercial au cours des années 1980. La société Rhino est l'exemple même d'entreprise qui exploite cet espace de jeu

pour développer une gamme de produits spécifiques. À la fin des années 1970, Tim Francis¹⁶, alors directeur du rugby au Dulwich College (District de Southwark, Londres) conçoit une machine pour améliorer l'efficacité de ses élèves en mêlée. La machine est constituée de fûts de 200 litres montés sur des plaques de bois pour permettre la mobilité du système. Les butoirs sont construits avec des armatures en fer protégés par des patins et des rouleaux en caoutchoucs afin de recevoir les impacts des joueurs. En collaboration avec Derek de Glanville¹⁷, Tim Francis commercialise son invention sous la marque Rhino¹⁸. Entre 1980 et 1983, il lance donc son entreprise spécialisée dans les équipements de contacts, dont Powerhouse, la machine à mêlée, constitue le produit phare. Ce joug, alors produit en série, est très apprécié dans le monde de l'entraînement du rugby. Par la suite, le modèle initial fait l'objet d'une série d'améliorations techniques. Si différentes avancées dans le domaine des matériaux, de la conception ou de la biomécanique augmentent sa mobilité pour l'adapter aux différentes surfaces de jeu et le déplacer sur les différents lieux d'entraînement, les évolutions, les plus significatives concernent les fonctions de la poussée. En effet, le joug est conçu avec des systèmes permettant de graduer les intensités et les directions des forces de poussées. Les dernières machines sont ainsi équipées de systèmes hydrauliques gérés par des ordinateurs. La société devient alors le fournisseur exclusif de joug des grandes nations rugbystiques. Lors de la première coupe du monde de Rugby en 1987, les huit nations majeures s'entraînent avec la Powerhouse de la marque Rhino¹⁹. Jusqu'à la moitié des années 1990, le joug constitue un instrument important de l'entraînement rugbystique pour répondre aux exigences du jeu. Au cours de cette période, ce sont encore une trentaine de mêlées fermées qui sont jouées au cours d'une rencontre et qui sont à 70 % (Phases statiques ordonnées : touches et mêlées) à l'origine des points marqués²⁰.

Figure n° 5 : La Rhino PremierSled Machine.



Crédit : Rhino

La mue technologique et sécuritaire du joug

- 8 Le début du xxi^e siècle laisse apparaître une évolution du statut et de la conception du joug. D'une part, le rôle de la mêlée devient moins déterminant. Avec le développement du professionnalisme, le nombre de ces phases de jeu diminue pour atteindre le nombre 14 mêlées jouées en moyenne par match, tout en ne constituant plus que 53 % des points marqués à partir de ces phases ordonnées. Les contenus et le temps consacré à l'entraînement à cette phase de remise en jeu vont par conséquent diminuer et se transformer. La transformation est d'autant plus importante que les mêlées sont considérées comme responsables de nombreux accidents et d'une part importante de la traumatologie rugbystique. Ainsi, entre 1995 et 2006, 39 accidents graves ont été comptabilisés²¹ dont 50 % sont liées aux situations de mêlée fermée ordonnée²². Les années 1996 et surtout 1997 apparaissent comme les plus critiques avec 8 accidents graves à la suite desquels les joueurs accidentés deviennent tétraplégiques. Les instances internationales et nationales comme l'International Rugby Board (IRB) et la Fédération Française de Rugby (FFR) prennent des mesures pour réduire la dangerosité de ces phases de jeu. Si l'une des premières décisions prises alors est d'interdire les poussées lors des mêlées fermées dans les catégories amateurs et chez les jeunes joueurs, l'impact à l'entrée en mêlée est réglementé pour le rugby professionnel. En effet, différentes études démontrent que la pre-

mière cause des blessures, plus particulièrement au niveau du rachis cervical, est principalement liée à l'impact à la mêlée²³. Dans ce contexte, la mêlée fermée et le joug deviennent de véritables objets de recherche en particulier pour les institutions rugbystiques : clubs et fédérations. En 2003, à l'initiative de Thierry Savio²⁴, le Centre de Formation du Stade Toulousain crée une machine de musculation innovante La Scrum Training²⁵. La fabrication du prototype a été réalisée par l'entreprise toulousaine Atelier des Graves (ADG), spécialisée dans la chaudronnerie industrielle de précision, assistée pour les études techniques par l'ARCK Ingénierie et apparaît, de manière symbolique comme un trait d'union entre les différents membres de la famille de l'ovalie. La Scrum Training est ainsi conçue pour préparer les joueurs aux différentes phases de combat du rugby (mêlées, impacts, poussés, plaquages), afin de préserver une sécurité optimale de ces derniers²⁶. La machine devient alors un objet d'entraînement polyvalent qui ne se résume plus au seul entraînement spécifique de la mêlée fermée.

- 9 En 2010, la FFR associée à l'entreprise Thales et au CNRS²⁷ dépose auprès de l'organisation mondiale de la propriété industrielle un brevet d'entraînement à la mêlée : le M-Rex. Il s'agit alors d'un joug instrumenté, équipé de capteurs de mesure qui permettent de connaître avec précision et en temps réel les efforts fournis par les joueurs du paquet d'avants. L'ensemble est relié à une plateforme de Stewart motorisée, qui permet d'entraîner de manière simulée à la phase de mêlée. Le simulateur poursuit alors un double objectif : un premier objectif de mesure et d'évaluation et un second à visée d'entraînement. Le joug peut générer jusqu'à 1 000 mesures à la seconde grâce à des capteurs 3D disposés sur chaque « tête de mêlée » qui représente la silhouette des joueurs. Ce simulateur de mêlée est donc le résultat de différents travaux scientifiques menés autour de la mêlée comme l'ergomètre Rugbor V2 conçu pour estimer les forces générées par un seul joueur lors d'un engagement avec impact²⁸. Le joug est alors devenu un véritable objet de recherche scientifique, comme en témoignent les thèses universitaires soutenues au début du xx^e siècle²⁹. Dans la dynamique de ces travaux se développent différentes formes de joug permettant à la fois un entraînement individuel et/ou collectif. En 2009, le club de l'ASM Clermont Auvergne développe avec l'école d'ingénieurs SIGMA Clermont un joug de rugby,

sous la forme d'un bras articulé capable de contrer une poussée de plus de 400kg. En partenariat avec deux entreprises locales 2MATech et Phimeca, plusieurs versions vont être développées à partir de premier modèle pour concevoir un robot industriel anthropomorphe avec 6 degrés de libertés. En 2019, le dernier modèle présenté se nomme Strongarm³⁰. Ce robot industriel reproduit alors tous les scénarii de la mêlée, avec des capteurs sur la tête de joug pour mesurer la pression sur les deux épaules, et créer ainsi des bases de données pour évaluer le joueur. Si la recherche d'optimisation de la performance des joueurs de la mêlée constitue un des axes centraux de l'instrument, le joug est aussi maintenant conçu pour préserver la santé et la sécurité du joueur.

De l'équipement sportif à un objet d'enseignement et identitaire

- 10 Objet central des terrains de rugby du xx^e siècle, le joug tend aujourd'hui à disparaître du paysage de l'ovalie. Les nouvelles exigences de jeu, le développement de nouvelles formes de pratique de rugby à 7 ou de rugby à toucher, la centration sur les problématiques de santé des joueurs expliquent en partie la diminution de l'importance des mêlées fermées ordonnées dans le jeu et dans l'entraînement. Le joug n'apparaît plus comme le lieu et le passage obligé de la vie du joueur. Pour autant, l'objet a-t-il perdu de sa valeur ?
- 11 Apparemment, les pratiques locales montrent qu'il demeure un trait d'union entre les différents membres de la famille Ovalie. Les histoires des « petits clubs » témoignent de cette représentation du joug dans lesquelles il perdure comme objet de partage et de transmission culturelle. Il peut aussi symboliser le partenariat entre les clubs et les entreprises de proximité. Ainsi, l'entreprise A2MI (Atelier de montage et de maintenance industrielle) de Segré a fabriqué un joug de 300 kg en acier galvanisé pour l'entraînement des avants du Rugby Club du Haut-Anjou. Dans un autre contexte, il constitue une passerelle générationnelle. À Quimperlé, c'est un jeune joueur en formation bac pro en chaudronnerie au lycée Thépot, de Quimper, qui s'occupe avec les services techniques de la ville de la réfection d'un joug vieux de vingt ans. Ainsi, si l'utilisation du joug apparaît aujourd'hui moins importante sur le terrain, il participe encore à la construction de

l'identité des différents acteurs du club. Par conséquent, il est considéré comme un objet représentant les racines du jeu qui va servir de liens entre toutes les générations de membres de l'association sportive. Par ailleurs, ce joug considéré comme un objet culturel devient également un objet d'enseignement du système scolaire français. En effet, s'il est, par exemple, pensé comme un contenu d'enseignement de formation scolaire et universitaire à l'exemple des travaux pratiques intitulés « Rugby : comment rendre la mêlée plus efficace et moins dangereuse – Étude du joug M-Rex³¹ », il est aussi utilisé comme sujet d'examens scolaires et/ou de concours de recrutement. Pour la session 2022 du concours de l'agrégation externe de la section sciences industrielles de l'ingénieur, l'épreuve de modélisation d'un système, d'un procédé ou d'une organisation portait sur l'étude d'un dossier de 44 pages à propos du Joug de mêlée robotisé « Strongarm ».

1 « Les mêlées “de formation” permettant l'étude du meilleur échafaudage se feront contre un mur, mais en poussant ». René Loubatié, *Le Rugby. Technique du jeu*, Paris, Librairie Octave Doin, 1928, p. 75.

2 Jacques Dedet, *Le Football Rugby. Théorie et pratique du jeu de Rugby*, Paris, Ernest Flammarion, Éditeur, 1922, p. 161.

3 Si une première analyse statistique d'une rencontre entre Oxford et Cambridge en 1893 fait état de 18 mêlées fermées ordonnées jouées au cours de la rencontre, 79 mêlées sont jouées, lors de la finale du championnat de France de 1907 entre le SBUC et le Stade Français.

4 François Russo, *Introduction à l'histoire des techniques, Librairie scientifique et technique Albert Blanchard*, Paris, 1986. Au sens de Russo, il y aurait 4 étapes de diffusion d'une technique : une phase de recherche-développement, une phase d'innovation-utilisation, une étape d'extension et une phase de démocratisation.

5 Admiral Sir Percy Royds, *The History of the Laws of rugby Football*, Twickenham, Walker & Co LTD, 1949.

6 <https://www.huntleyarchives.com/preview.asp?image=1011857&itemw=4&itemf=0001&itemstep=1&itemx=2>.

7 Jean Bernier, *Tête de mêlée*, Paris, éd. Rieder, 1924.

8 À l'époque romaine, le joug est un assemblage de trois piques, dont deux, plantées en terre debout, étaient surmontées d'une troisième posée horizontalement sous laquelle on faisait passer, courbés, en signe de soumission, les ennemis vaincus. Passer sous le joug était alors un signe d'opprobre.

9 C'est ainsi que l'on peut aussi définir le mot « conjugal » qui est un dérivé de joug et qui constitue un appel à partager, en couple, les joies et les peines.

10 Robert Poulain, « Comment utiliser le “joug” en rugby », *INS*, n° 38, mars-avril 1955, p. 14-15.

11 Fédération Française de Rugby, *Manuel pour l'enseignement du Rugby*, Paris, Imprimerie J.E.P., 1944, p. 57.

12 Si l'hypothèse reste encore à valider, il semblerait que ce modèle de joug ait été fabriqué dans la société des Ateliers Lacroix à Dole, fondée en 1868. Cette société spécialisée dans la fabrication d'outillage de meunerie aurait participé à la conception et la fabrication de ce modèle équipé d'un bras de levier.

13 <https://www.dailymotion.com/video/x749czz>.

14 Richard Astre cité par Jean Pierre Lacour, *Astre. Le Rugby de Lumières*, Paris, Éditions Alta, 1977, p. 65.

15 « Plan d'un joug d'entraînement à la mise en mêlée et à la poussée », *Revue Rugby*, n° 551, 29 septembre 1955, p. 8-9. On retrouve un article identique dans l'article « Comment construire un jouge », *Revue Rugby*, n° 723, 1972, p. 15-18.

16 Tim Francis (1935-2018).

17 Dereck De Glanville est le père de Phil de Glanville, joueur international de rugby anglais de 1992 à 1999.

18 Selon Stephen Gauge dans ouvrage *The Joy of Rugby* (2014), Tim Francis aurait fait la démonstration de la Powerhouse à l'occasion d'un tournoi de rugby à 7 le Roslyn Park National School Sevens. À la fin du tournoi, il aurait recueilli une demi-douzaine de commandes.

19 Andy Ripley (1947-2010), homme d'affaires dans la finance, international de rugby anglais (1972-1976) et membre de la tournée des Lions britanniques en 1974, devient, en 1988 le principal investisseur de l'entreprise Rhino.

20 *Changes in the playing of International Rugby over a 20 year period*, IRB Game Analysis, Septembre 2005.

21 Ce chiffre représente, en moyenne, 1,81 cas pour 100 000 licenciés.

22 Sur les 39 cas recensés, 14 accidents sont liés à l'impact avec en particulier 9 cas graves a priori dus à des inattentions du joueur qui serait entré en mêlée sans y être prêt. 89,7 % des cas concernent des avants, 56 % des joueurs de première ligne et 14 cas sur 39 concernent le talonneur.

23 P. Milburn, A. Chong, C. Kersten, T. Winkel, R. Newsham-West, « Spines in line-A review of the scrum engagement laws », *Sci Med Sport*, 2011, p. 118-119.

24 Thierry Savio, a occupé le poste de talonneur et a été champion de France avec le Stade Toulousain en 1985, 1986 et 1989 puis est devenu dans le même club préparateur physique spécialiste de la musculation de 1999 à 2009.

25 Le brevet est déposé par le centre de Formation du Stade Toulousain à l'institut national de la propriété industrielle (INPI) en 2003. En 2005, un autre brevet est déposé à l'INPI pour une machine d'entraînement à la musculation les joueurs de la première ligne, en mesurant les efforts fournis.

26 La Garantie Mutuelle des Fonctionnaires (GMF), partenaire et assureur du rugby, finance le projet au regard de son utilité dans la protection du capital physique de chaque pratiquant du rugby.

27 Piloté par Didier Retière, talonneur de formation et entraîneur des avants de l'équipe de France (2007-2011), l'équipe de chercheurs réunit en particulier Pierre-Paul Vidal, médecin spécialiste en neurosciences (Directeur de recherche CNRS à l'université Paris-Descartes) et Julien Piscione titulaire d'une thèse en biomécanique et responsable du pôle scientifique de la FFR.

28 Didier Gamet, Emmanuel Dore et Julien Piscione, « Ergomètre Rugbor v2 : mesure de la performance du joueur en mêlée de rugby », *IN 88*, avril 2008, p. 1-7.

29 À titre d'exemples, les thèses de Julien Piscione, *Étude électromyographique de muscles striés squelettiques soumis à des compressions mécaniques externes : application à l'analyse de l'effort du joueur de première ligne en mêlée de rugby*, thèse de doctorat de génie biomédical, Compiègne, université de technologie de Compiègne, 2006 ; Marion Kellin, *Santé et performance au cœur de la mêlée dans le rugby à XV*, thèse de doctorat STAPS,

Clermont-Ferrand, université de Clermont-Ferrand 2, 2012 ; B. Lallemand, *Physique de la mêlée*, thèse de doctorat en mécanique des fluides et des solides, acoustique, Palaiseau, Institut polytechnique de Paris, 2022.

30 <https://www.sigma-clermont.fr/fr/le-joug-de-rugby-robotis%C3%A9-un-projet-en-pleine-%C3%A9volution>.

31 TP en temps réel sur des systèmes industriels distants - <https://www.tpline.eu/M-Rex/tp1/index.php>.

Joris Vincent

Maître de conférences à université de Lille