

et ressemblent aux croquis de Léonard de Vinci ; la datation des textes relatifs aux platines à rouet ou des rares armes à feu qui nous sont parvenues n'est pas très précise et il est difficile de trancher sur l'origine allemande ou italienne du rouet.

Pour le savoir, j'ai analysé la mécanique des tout premiers rouets, et j'ai étudié la forme des différentes pièces. J'en ai conclu que Léonard de Vinci avait utilisé des éléments d'autres machines sur lesquelles il avait travaillé dans les années 1480 et 1490 (notamment des loquets) et qu'il les avait assemblés d'une façon inédite pour créer le rouet des armes à feu, vers 1493.

Observons une page du *Codex Atlanticus*. On y voit (voir la figure 2) des croquis de chaînes et de ressorts présents dans les rouets des armes à feu. Selon les spécialistes de Léonard de Vinci, ces schémas prouvent qu'il connaissait le dispositif. Des ciseaux à bois en forme de «V» ont également été représentés ; apparemment, Léonard de Vinci cherchait à s'en inspirer pour fabriquer des ciseaux qui découperaient le métal.

Ces ciseaux sont intéressants : leur pointe en V aurait dessiné une rainure sur la tranche d'une roue d'acier. Les premiers rouets avaient précisément plusieurs rainures de ce type sur la tranche. Ils avaient aussi une seconde série de très fines rainures faites à la lime, perpendiculaires aux filets courant le long de la tranche et espacées de façon à former un ensemble de dents semblables

à celles d'une scie circulaire. Cette structure paraît d'une complexité excessive, car chacune des rainures aurait dû être taillée dans le fond du bassinnet (pour que le rouet glisse sans frottements) et les rainures transversales auraient risqué de gêner l'échauffement de la poudre et, donc, la mise à feu.

Toutefois, j'ai compris l'avantage des rainures transversales lorsque j'ai essayé quelques rouets d'armes à feu : je me suis aperçu que les dents jouent effectivement le rôle d'une scie circulaire à métaux. La roulette découpe elle-même la fente dans le fond du bassinnet à poudre et assure ainsi un ajustage très précis. Un tel ajustage est indispensable, sinon la poudre, très fine, s'échapperait par le moindre interstice lors de la manipulation ou du transport de l'arme. Bien que les scies du ^{xv}^e siècle aient été lentes (il fallait plusieurs heures pour accomplir des tâches que les outils de coupe modernes exécutent en quelques secondes), leur précision était excellente (avec une marge d'erreur de 0,3 millimètre environ). Avant cette découverte, on pensait que les scies circulaires en métal avaient été utilisées pour la première fois dans les années 1540, c'est-à-dire bien après la mort de Léonard de Vinci.

À l'évidence, Léonard de Vinci qui travaillait sur les ressorts, les chaînes et les ciseaux connaissait les différentes pièces des rouets d'armes à feu. Reste toutefois la question : les a-t-il assemblées pour inventer le rouet ? En 1493,

Léonard de Vinci prend à son service Giulio Tedesco, aussi connu sous le nom de Jules le Germain ; ce dernier travaille pendant plusieurs années comme technicien chez Léonard de Vinci, à Milan. On ignore la date exacte à laquelle Giulio quitte Milan, mais c'est probablement avant 1500. Giulio est un spécialiste des loquets et des mécanismes à ressorts, telles les arbalètes et les cisailles.

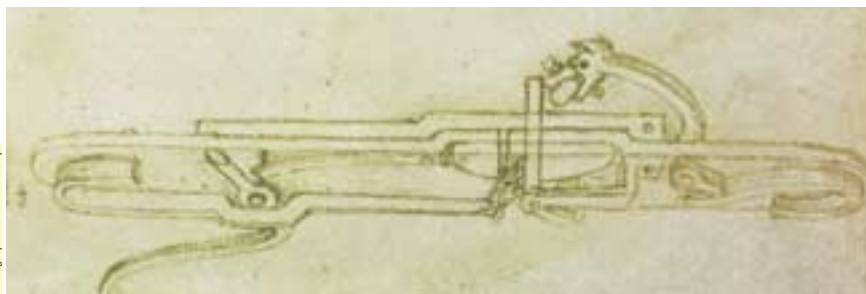
LE RÔLE DE GIULIO TEDESCO

Les dessins de Léonard de Vinci de cette époque, relatifs aux loquets destinés à fermer les portes ou les coffres, contiennent des éléments proches de ceux du rouet d'arme à feu. Ainsi, le rouet aurait été mis au point par Léonard de Vinci en collaboration avec Giulio Tedesco, au milieu des années 1490. De surcroît, Giulio Tedesco aurait emporté l'invention du rouet quand il quitta Léonard de Vinci pour rejoindre son pays d'origine, ce qui expliquerait comment le dispositif aurait atteint l'Europe du Nord au début des années 1500.

L'historien Claude Blair a aussi découvert des preuves que Léonard de Vinci a inventé le rouet des armes à feu. Il a montré qu'à Cividale, dans la région du Frioul, au Nord de l'Italie, la fabrication de rouets pour les armes à feu a commencé avant 1510. Or, avant 1500, Léonard de Vinci a travaillé pendant quelque temps dans le Frioul, surveillant la construction des fortifications de divers châteaux.

Toutefois, d'autres historiens, notamment Marco Morin, un spécialiste vénétien des armes anciennes, réfutent tous les arguments des tenants de l'origine italienne, montrant que les armes décrites dans les différents recueils de Léonard de Vinci ne sont pas originales. Le rouet aurait été inventé en Allemagne, qui avait une longue tradition de la manufacture des armes. La fabrication de ce mécanisme n'aurait commencé en Italie du Nord

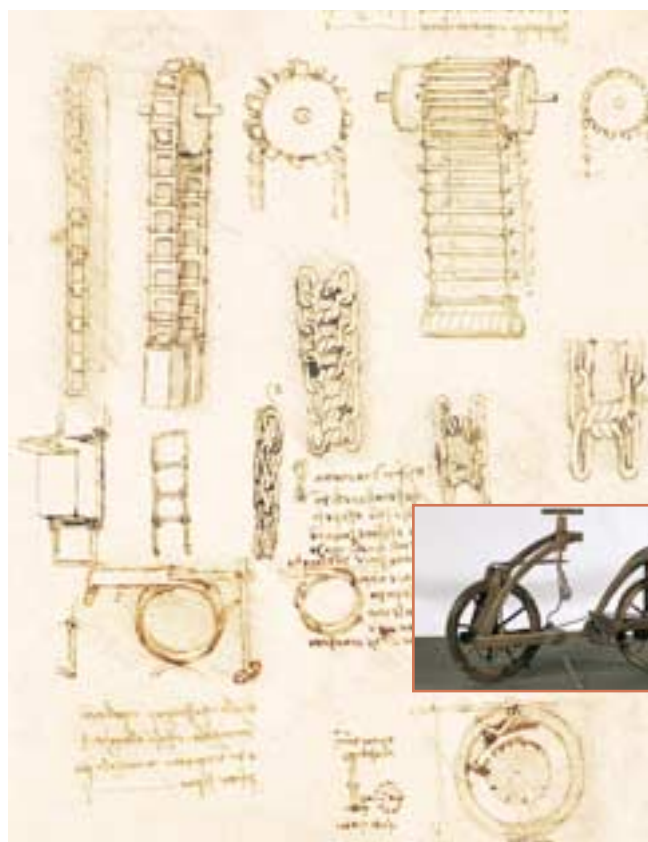
Photographie de Beth Phillips



1. LE DESSIN D'UN ROUET d'arme à feu, figurant dans le *Codex Atlanticus* de Léonard de Vinci, montre une coupe passant par l'axe de la roue (en haut). On remonte la roue de trois quarts de tour, au moyen d'une clé. Une courte chaîne plate de transmission est fixée, à une extrémité, sur l'axe de la roue et, à l'autre extrémité, à un puissant ressort. Quand on remonte le mécanisme, la chaîne s'enroule autour de l'axe et elle tend ce ressort. Lorsque le système est sous tension, un cliquet situé sur la gâchette se loge dans un trou percé dans la roue. Puis on abaisse le chien du fusil, et le morceau de pyrite de fer fixé dans les mâchoires appuie sur la roue. Quand on appuie sur la détente, le cliquet sort de son logement, ce qui libère le ressort et, par conséquent, la roue. Cette dernière tourne rapidement, frotte sur la pyrite de fer, ce qui produit des étincelles, enflamme la poudre et fait partir le projectile.



2. DES CROQUIS (à gauche) du Codex Atlanticus montrent deux types de pièces d'un rouet d'arme à feu : des ressorts hélicoïdaux et des chaînes de transmission plates à peine visibles, dessinées au verso et dont l'encre a traversé le papier. Les ressorts hélicoïdaux semblent avoir intéressé Léonard de Vinci parce qu'ils sont moins volumineux que les ressorts à lames utilisés à cette époque. Dans le haut de la page, Léonard de Vinci a dessiné une série de ciseaux en forme de V, dont l'angle d'ouverture s'élargit de droite à gauche (Léonard de Vinci était gaucher et écrivait de droite à gauche). En bas à droite, le ciseau est représenté incliné le long d'un cercle, probablement la tranche d'un



rouet d'arme à feu. L'auteur a utilisé de tels ciseaux pour creuser les rainures observées sur la tranche des premiers rouets d'arme à feu (voir le cartouche de gauche). Les engrenages et les chaînes extraits du Codex Madrid (à droite) ressemblent beaucoup aux chaînes reliant l'axe et le ressort principal d'un rouet d'arme à feu. Des pièces de bicyclette figurent parmi les schémas de rouets. Un prototype de bicyclette (voir le cartouche de droite) a récemment été construit avec diverses pièces décrites dans les carnets de notes de Léonard de Vinci : le système de direction et les freins (au bas de la page). Ces derniers fonctionnent comme des freins à rétropédalage.

qu'après 1550, époque où l'industrie des armes, à Nuremberg et à Augsbourg, était déjà florissante.

DES LOQUETS AUX ROUETS

En recherchant l'origine du rouet pour les armes à feu, j'ai aussi découvert comment Léonard de Vinci empruntait des éléments aux machines existantes pour les réarranger et créer de nouveaux instruments. Ce procédé apparaît clairement lorsque l'on étudie les croquis de ses loquets de portes.

Pour ouvrir ses loquets de coffres et de portes et vaincre la pression des puissants ressorts qui les maintenaient fermés, Léonard de Vinci utilise parfois des clés qui servent à comprimer les ressorts du loquet. Ces clés ont souvent la forme d'un écrou papillon, les ailes étant généralement perforées. Sur certains des tout premiers rouets, de telles clés sont fixées à la roue et servent à armer le mécanisme. Les loquets de portes et les rouets d'armes à feu de Léonard de Vinci se res-

semblent sur un autre point : la présence d'un levier de verrouillage qui maintient le ressort sous tension. Sur les dessins de Léonard de Vinci, les leviers des loquets de portes et des rouets d'armes à feu sont constitués d'une barre (la gâchette, dans les armes à feu) pourvue, d'une part, d'un ergot triangulaire et, d'autre part, d'une petite tige métallique, qui bloquent le mécanisme quand il est sous tension (voir la figure 1).

Le rouet n'a pas évité tous les accidents lors du maniement des armes à feu. La première décharge accidentelle d'une arme à feu (la première que l'on connaisse) eut lieu en 1515, à Constance, en Allemagne ; l'incident fut rapporté par Wilhelm Rem, un écrivain allemand. Un dénommé Laux Pfister avait invité une prostituée et «quand elle fut avec lui dans une petite pièce, il prit l'arme chargée, dont la mise à feu était automatique». Pfister s'amusait avec l'arme lorsque la balle partit et traversa le menton de la jeune femme. Il fut condamné à lui payer les frais médicaux et une pension annuelle à vie.

Malgré de tels incidents, l'invention du rouet pour les armes à feu fut une réalisation essentielle. Les fusils à mèche nécessitaient des sources de chaleur externes, telles que des braises incandescentes ou des mèches enflammées pour la mise à feu de la poudre. Après l'invention du rouet, les armes à feu pouvaient être dissimulées, tout en restant prêtes à être utilisées sans que l'on n'ait à enflammer de mèche. Ce progrès technique allait modifier à jamais la place des armes à feu dans la société.

Le nombre croissant d'armes à rouet brandies par les bandits de grands chemins et autres brigands amena les autorités à interdire leur fabrication. Cependant, ni les fabricants ni les utilisateurs d'armes ne respectèrent ces lois, et les efforts déployés pour contrôler l'usage des armes à feu furent sans effet.

Vernard FOLEY est professeur d'histoire des sciences et des techniques à l'Université Purdue.



Le rôti de bœuf

HERVÉ THIS

Il doit reposer après la cuisson, de sorte que le jus qui a été conservé en son centre se répartisse dans la périphérie asséchée.

Les cuisiniers modernes sont souvent pressés, mais leur hâte les empêche de manger de bons rôtis de bœuf : ils omettent souvent, après la cuisson, un indispensable repos de la viande, à la bouche du four entrouvert. Sans cet intermède, leur viande est sèche, dure... Les bons professionnels savent, eux, que le repos de la viande est indispensable pour que la viande soit tendre, mais ils expliquent que le jus «voudrait échapper» à la chaleur du four, de sorte qu'il refluerait vers le cœur du morceau. Est-ce vraisemblable ?

Analysons la cuisson du rôti avec l'œil froid et calme du physico-chimiste. Celui-ci sait que la viande est composée de cellules, les fibres musculaires, sacs limités par une membrane et dont le milieu intérieur, essentiellement aqueux, contient des molécules qui assurent le métabolisme et la contraction ; ces cellules sont gainées de collagène, regroupées en faisceaux, eux-mêmes regroupés en faisceaux. Naturellement cette description est simplifiée : le muscle animal contient également de la matière grasse, du sang, etc.

Comment cette structure réagit-elle quand on la chauffe ? Comme la chaleur s'introduit dans un rôti par conduction, à partir d'air chauffé par le four à une température de 200 °C environ, l'eau est évaporée de la couche externe, jusqu'à une profondeur où la température est égale à 100 °C ; cette couche complètement asséchée, croustillante, est mince.

Plus au centre, la température de chaque point augmente lentement lors de la cuisson,

et la structure de la viande se transforme par étapes, car les diverses protéines de la viande coagulent à des températures différentes. Par exemple, à partir de 70 °C, la myoglobine, qui transporte l'oxygène dans le sang, est oxydée : le fer ferreux qu'elle contient se transforme en fer ferrique, de sorte que la viande vire au rose. Puis vers 80 °C, les parois cellulaires sont rompues, ce qui met en contact la myoglobine avec des composés oxydants et fait virer la couleur au brun.

Le sang peut-il refluer vers le cœur du rôti ? Dès qu'une température de 50 °C est atteinte dans la couche périphérique, le collagène se contracte, expulsant le jus vers l'extérieur du rôti, et aussi vers l'intérieur. Toutefois la zone centrale, composée de liquides et de solides quasi incompressibles, ne peut recevoir ce jus. Ceux que cette explication ne convainc pas devront cuire des rôtis de bœuf, en pesant les morceaux et en déterminant leur masse volumique (on déterminera leur volume en les plongeant dans de l'eau et en pesant la masse d'eau déplacée) avant et après la cuisson.

Ces mesures sont révélatrices. Tout d'abord, on constate qu'un rôti, par exemple, rétrécit et perd jusqu'à un sixième de son poids, lors d'une cuisson classique ! Cette perte résulte de l'éjection du jus, chassé par la contraction du collagène, ainsi que de l'évaporation d'eau périphérique. Profitons de

l'occasion pour signaler que cette observation

abat la

théorie de la cautérisation, qui stipule que la surface coagulée des viandes s'opposerait à la perte du jus interne. Au XIX^e siècle, l'auteur anonyme de l'ouvrage intitulé *La cuisinière modèle* indique par exemple : «Mettez le rôti à la broche devant un feu très vif, afin de saisir et de resserrer les pores de la viande, qui conserve ainsi son jus». De même, Auguste Escoffier écrit dans *La cuisine* que le rissolage «a pour but de former autour de la pièce une sorte de cuirasse qui empêche les sucs intérieurs de s'échapper trop tôt, ce qui transformerait le braisé en bouilli». D'une part, la notion de «pores» de la viande n'a pas de réalité anatomique et, d'autre part, les pesées de rôtis montrent que la perte de jus augmente avec la cuisson.

Les mesures de masse volumique confirment également que le jus ne reflue pas à cœur : la masse volumique du cœur cuit n'est pas significativement différente de celle de la viande crue. C'est l'indication que le cœur n'a pas été modifié lors de la cuisson (ce qui est compréhensible, car le rôti français reste presque cru, à cœur) et aussi que le cœur n'a pas été enrichi par le jus qui proviendrait de la périphérie.

Pourquoi, alors, la viande doit-elle reposer après la cuisson ? Des pesées de cœurs et de périphéries de rôtis montrent notamment que le cœur cuit perd plus de jus, lors du repos qui suit la cuisson, que les parties périphériques (qui ont été asséchées et ont moins de possibilité de perdre encore leur jus). Ainsi le repos de la viande permet une redistribution des jus, du cœur vers la périphérie. Et c'est ainsi que la périphérie regagne de la tendreté.

Une proposition, enfin : puisque la tendreté de la viande dépend de la quantité de jus, pourquoi ne pas réinjecter, à la seringue, le jus qui est sorti du rôti lors de la cuisson ? Salé et poivré, ce jus viendrait donner à la viande un goût qu'elle n'a jamais eu.

Prochain rendez-vous France Info et Pour la Science le 27 mars 1998, avec la chronique Info Sciences de Marie-Odile Monchicourt.

Les trois zones discernables dans un rôti de bœuf cuit correspondent à des températures différentes atteintes en fin de cuisson : moins de 70 °C à cœur, entre 70 °C et 80 °C pour les zones roses, et plus de 80 °C pour les zones brunes.

