

Mais où est la corde de l'arc d'Ötzi ?

Expérimentations avec la corde dite de l'arc de la momie des glaces

Christian CASSEYAS

RÉSUMÉ

La corde trouvée avec la célèbre momie des glaces a été reproduite et soumise à différents tests afin de voir si elle pouvait fonctionner en tant que corde de son arc.

ABSTRACT

The string found with the famous iceman has been copied and submitted to different tests to prove if it could be his bowstring.

1. INTRODUCTION

Le 19 septembre 1991, le couple Simons fait une découverte archéologique sans pareille : une momie humaine chalcolithique avec tout son équipement, emprisonnée dans les neiges éternelles des Alpes italiennes. Qu'est-ce que cette momie appelée Ötzi faisait à cette altitude ? Il fut d'abord interprété comme un berger, un chaman, un chasseur ou un sacrifice humain ; actuellement, la pointe de flèche retrouvée fichée dans le dos, suggérant une mort violente, le désigne plutôt comme la victime d'un conflit... L'examen montre aussi qu'une partie de son équipement, surtout ses armes, était cassée, et que leur réparation et la réfection sont restées inachevées : Ötzi, ayant perdu et brisé ses armes lors d'un conflit, se serait réfugié dans les montagnes où il aurait été tué dans une embuscade sans avoir eu le temps de les réparer.

Au moment de la découverte, une partie de l'équipement d'Ötzi fut retrouvé, mais l'objet qui m'intéresse ici, c'est-à-dire la corde, provient des fouilles systématiques qui ont eu lieu par la suite sur le site où la momie a été dégagée.

2. LA CORDE

2.1. Principes de fabrication des cordes

Pour une bonne compréhension du texte aux non-habitués, je reprends, en quelques lignes, les principes de cordage, déjà expliqués dans pas mal d'ouvrages dont un article publié

dans le *Bulletin de la Société royale belge d'études géologiques et archéologiques* « *Les Chercheurs de la Wallonie* », 39 :

Un court morceau de corde est fait en une démarche réunissant successivement les différentes étapes nécessaires. Cette démarche sera répétée autant de fois que nécessaire pour obtenir la corde de longueur voulue.

Le travail se déroule comme suit :

1. l'artisan prend autant de mèches de fibres qu'il souhaite obtenir de torons (au minimum deux) et les maintient dans la main gauche ;
2. avec le pouce et l'index de la main droite, il tord une mèche vers la droite. La mèche ainsi tordue devient un court morceau de fil. Ce fil est déporté vers la gauche et maintenu entre le pouce et le majeur gauche afin de conserver sa torsion ;
3. l'artisan recommence le même mouvement avec la deuxième mèche. Lorsque qu'il déportera cette seconde mèche tordue vers la gauche pour la coincer entre le pouce et le majeur, il récupérera la première mèche entre le pouce et l'index de la main droite ;
4. la même succession d'actions sera reproduite un grand nombre de fois pour obtenir la corde désirée. Les mèches formant les deux fils sont tordues dans le même sens, tandis que les deux fils sont tordus en sens inverse. On obtient ainsi deux torsions successives opposées. Il ne s'agit pas d'une fantaisie de la part de l'artisan, c'est un procédé technique incontournable.

(Lepers, 1999 : 67)

Par analogie entre la forme de la lettre et l'orientation de l'hélice, on parle de cordes



FIG. 1. – Carquois d'Ötzi et son contenu

en S et en Z. Une hélice en S signifie qu'on roule les fibres, fils ou torons vers la droite. On parle d'une hélice en Z quand on roule les fibres, fils ou torons vers la gauche. La description sus-mentionnée nous permet donc de réaliser une corde en Z.

2.2. L'objet archéologique

La corde d'Ötzi se trouvait dans un carquois en peau de chèvre (fig. 1), parmi d'autres objets : quatorze flèches dont la plupart à l'état d'ébauches, des pointes en bois de cerf et des tendons.

La description (Egg & Spindler, 1992 : 50) parle d'une corde en liber qui comporte initialement deux torons puis trois. Ceux-ci sont vrillés en S. Son diamètre varie entre 2 et 6 mm. Comme elle est restée enroulée, je ne dispose que d'une estimation de sa longueur : entre 1,75 et 2 m (fig. 2).

Je ne sais pas si la corde est vraiment si irrégulière en épaisseur (ni la photo, ni le dessin ne me donnent cette impression) ou s'il ne faut pas plutôt comprendre que l'épaisseur de 2 mm ne concerne que la partie comportant deux torons. Il n'y a pas d'autres détails concernant l'état de la corde dans la description.



FIG. 2. – La corde telle qu'elle se trouvait dans le carquois

Selon la classification de Gay (Lepers, 1999 : 71), cette corde ressemble à un « merlin » avec la particularité que l'extrémité ne comporte que deux torons.

2.3. Questions

Egg & Spindler se demandent si cette corde pouvait convenir pour l'arc d'Ötzi. Dans l'affirmative, il faut qu'elle résiste à la tension de celui-ci et puisse accepter des flèches munies d'encoches de 4 mm de large.

3. L'EXPÉRIMENTATION

3.1. La reproduction de la corde

Des lambeaux d'écorce d'un jeune tilleul (*Tillia cordata*) abattu pendant l'été ont été arrachés à la main, puis immergés dans un récipient rempli d'eau. Des contrôles réguliers m'ont permis de m'assurer qu'après quatre semaines d'activité bactérienne, le rouissage était assez avancé pour que les fibres se séparent de l'écorce.

Après séchage, les fibres — qui se présentaient comme des rubans d'une largeur de 1,5 à 2,5 cm — ont été triées pour obtenir des longueurs de 2,5 m. J'ai commencé ma corde avec deux rubans de liber pour former une corde à deux torons. Après une dizaine de centimètres, j'ai ajouté un troisième toron (les

trois torons comportaient au total sept rubans de liber).

31 minutes ont suffi pour réaliser une corde de 2 m de longueur. Pour arriver à ces 2 m, il fallait exactement 218 cm de fibres et donc une perte de 8 %. La corde pèse 28 grammes (431,2 gr [*grains*]). À partir de l'ajout du troisième toron, la corde est d'une régularité remarquable, sans que j'aie dû enlever ou ajouter des fibres en cours de travail : le diamètre mesuré en plusieurs points était de 5 ou 6 mm.

Afin d'apprécier la valeur de la corde, j'en ai fait la description technique comme proposé par Chr. Lepers (Lepers, 1999 : 75–78). Toutefois, afin d'avoir une meilleure appréciation du coefficient angulaire des hélices de la corde et des fils composant la corde, le calcul a été fait à partir des moyennes de dix mesures de pas de l'hélice.

Description (du merlin) de la corde

- diamètre moyen : 5,4 mm
- nombre d'hélices : 3
- sens des hélices : S
- coefficient angulaire (calculé en divisant la moyenne du demi-pas de dix hélices par la demi-circonférence de la corde) :
 $a = 14,2/8,4 = 1,67$

Description des fils

- diamètre moyen : 3 mm
- nombre d'hélices : indéterminable, car fibre brute
- sens des hélices : Z
- coefficient angulaire : $a = 6,0/4,71 = 1,27$

3.2. Les différents tests de la corde

Rappelons-nous les deux questions principales d'Egg & Spindler : la corde résiste-t-elle à la tension de l'arc et rentre-t-elle dans une encoche de 4 mm ?

3.2.1. Étirement de la corde

Telle qu'elle se présente, la corde est trop épaisse pour qu'elle puisse recevoir une flèche munie d'une encoche de 4 mm. Pensant que la tension de l'arc provoquerait un étirement de la corde, j'ai soumis la corde en liber à une tension croissante et, chaque fois, j'ai noté les observations.

Pour cela, une échelle double a été dressée pour maintenir une barre en position horizontale à une certaine hauteur (fig. 3). Un bout de la corde de liber à trois torons a été fixé à cette barre. Un grand chaudron (poids 6,7 kg) a été fixé de l'autre côté de la corde à une dizaine de cm du sol.

Un mètre ruban a été attaché le long de la corde. Sur la corde elle-même, quatre repères ont été notés, visualisant des endroits avec deux zones d'un diamètre de 5 mm et deux zones d'un diamètre de 6 mm.

En ajoutant de l'eau dans le chaudron, on augmente la charge de manière mesurable et donc la tension imposée à la corde. Dès qu'on charge la corde, on voit clairement que le diamètre de la corde diminue brusquement ;

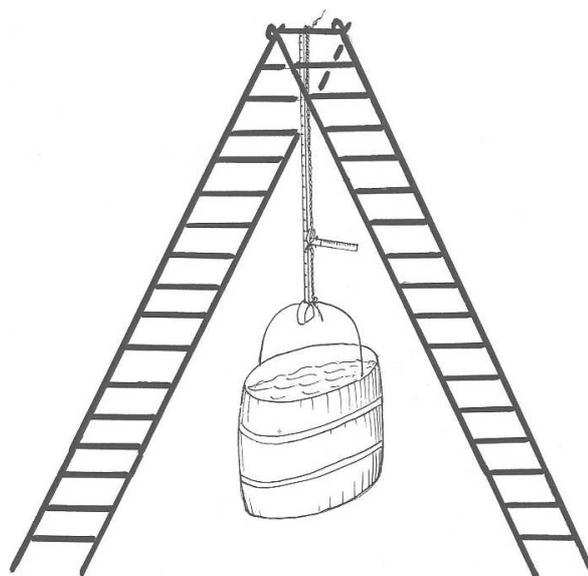


FIG. 3. – Système de suspension pour les tests d'étirement de la corde.

cette diminution de diamètre se poursuit ensuite beaucoup plus lentement (fig. 4 et tableau 1).

Lorsqu'on soulage la corde de tout effort, elle regagne un peu d'épaisseur, mais ne reprend pas son diamètre initial, car, à aucun endroit, le diamètre de la corde n'excédait 5 mm après le test.

Ce phénomène est à mettre en parallèle avec un allongement de la corde (fig. 5 et tableau 1).

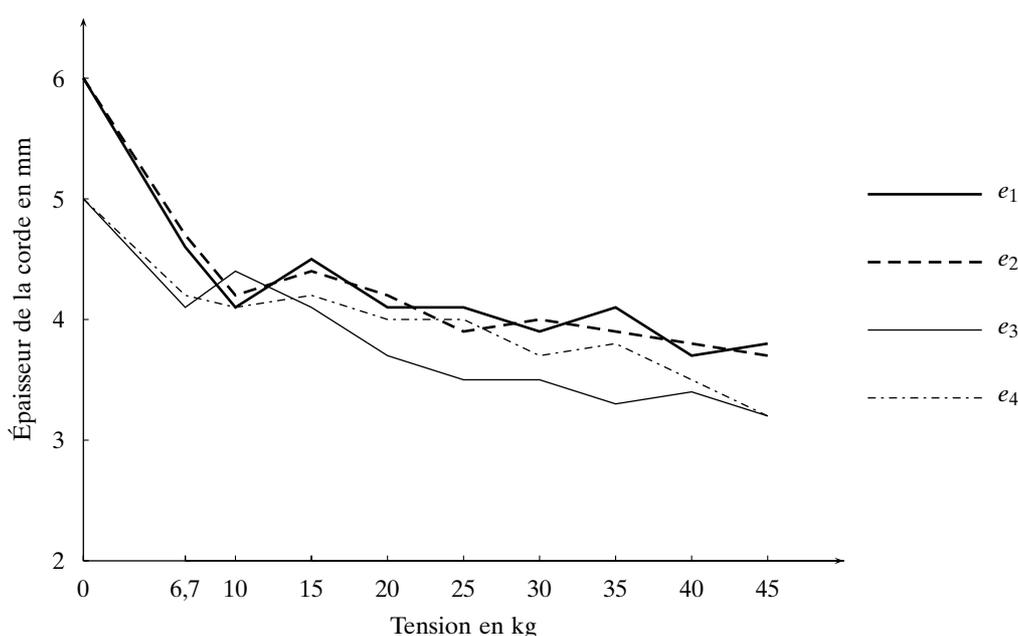


FIG. 4. – Influence de la tension sur l'épaisseur de la corde

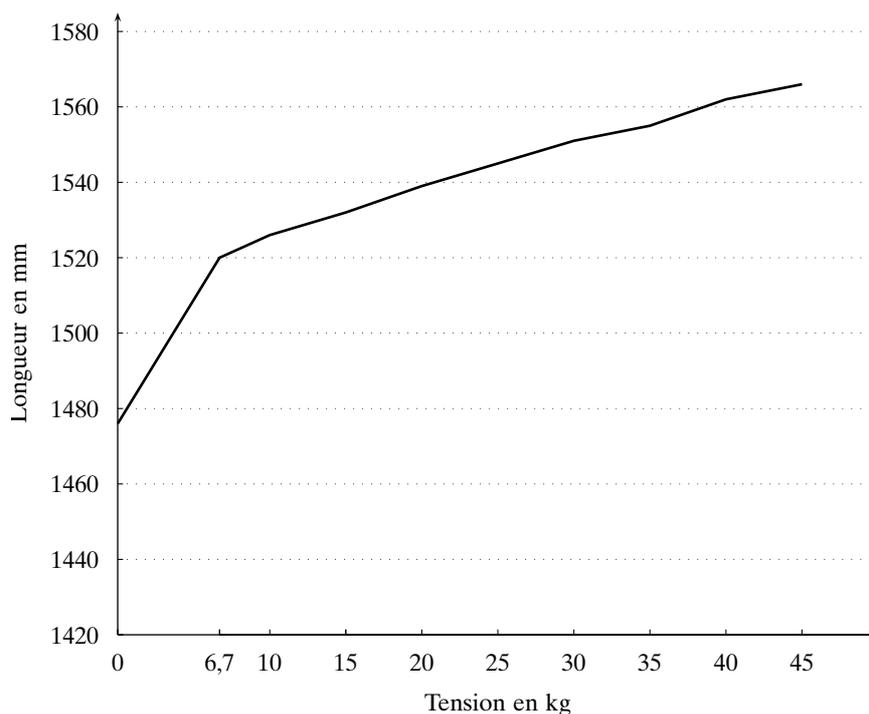


FIG. 5. – Influence de la tension sur la longueur de la corde

Tableau 1

Variations d'épaisseur et de longueur de la corde en fonction de la charge qui lui est appliquée.

Tension (kg)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	e_3 (mm)	e_4 (mm)	L (mm)
0	6	6	5	5	1476
6,7	4,6	4,7	4,1	4,2	1520
10	4,1	4,2	4,4	4,1	1526
15	4,5	4,4	4,1	4,2	1532
20	4,1	4,2	3,7	4	1539
25	4,1	3,9	3,5	4	1545
30	3,9	4	3,5	3,7	1551
35	4,1	3,9	3,3	3,8	1555
40	3,7	3,8	3,4	3,5	1562
45	3,8	3,7	3,2	3,2	1566

Sur base d'une dizaine de mesures, j'ai recalculé le coefficient angulaire, qui a (logiquement) augmenté $a = 12,7/6,28 = 2,02$.

3.2.2. Résistance de la corde

Une bonne corde d'arc doit résister à une charge au moins quatre fois supérieure à la puissance de l'arc (Baker, 1992:210).

À quelle tension maximale notre corde peut-elle être soumise ?

On peut effectuer le même test que précédemment (voir § 3.2.1. Étirement de la corde), mais en augmentant la charge jusqu'à

la rupture. Pour diminuer l'effet de hasard, j'ai utilisé des morceaux suffisamment longs et répété l'action avec plusieurs échantillons provenant de la même corde.

J'ai procédé à ces essais avec « ma machine » et des morceaux de corde longs de 50 cm environ, fixés par une extrémité à la barre horizontale (fig. 3), tandis que le chaudron était attaché à l'autre bout. Pour éviter les effets d'abrasion, un morceau de cuir était enroulé autour de la barre de suspension et de l'anse du chaudron.

Le test a été répété cinq fois. La corde s'est rompue à 57, 55, 73, 53 et 57 kg. En prenant un coefficient de sécurité de 4 comme énoncé plus haut (Baker, 1992:210), la corde aurait été bonne pour un arc d'une puissance de 13,25 kg (ou 29 lbs [*pounds* ou livres] pour utiliser une unité plus habituelle pour nos compagnons archers).

4. DISCUSSION

Que peuvent nous apprendre nos expérimentations sur cette corde, confrontées aux données archéologiques ? Y a-t-il une possibilité, une exclusion ou une preuve confirmant

ou infirmant l'hypothèse qu'il s'agisse d'une corde d'arc ?

4.1. Contexte archéologique

Ötzi était archer — personne ne me contredira —, on peut donc s'attendre à trouver une corde d'arc dans son matériel. Le fait que ce dernier soit en partie cassé et/ou perdu tandis que d'autres pièces sont à l'état d'ébauches permet d'en douter. Si la corde s'était trouvée sur l'arc, ou si elle avait présenté des boucles ou des nœuds typiques, on pourrait être plus catégorique. On pourrait être tout à fait affirmatif si Ötzi n'avait emporté que du matériel d'archerie, ce qui n'est pas le cas non plus.

Le fait que la corde se trouve dans le carquois semble indiquer une relation entre la corde, l'arc et les flèches, même si cela n'est pas vraiment une preuve irréfutable. La présence d'autres objets dans le carquois tels que des fûts, des pointes et des tendons semble indiquer que le carquois ne servait pas qu'au transport des flèches. Dans cette hypothèse, la présence d'un stock de matériel de rechange et d'une corde serait normale. Il serait alors plausible qu'il s'agisse d'une corde de rechange et non pas de la récupération d'une ancienne corde.

4.2. Le choix de la matière première de la corde

En archerie traditionnelle, il semble que les meilleures cordes pour les arcs soient réalisées en fibres végétales. « Meilleures » ne veut pas nécessairement dire « les plus solides ». Les cordes en fibres animales, quoique très solides, sont plus élastiques et absorbent une partie de l'énergie de l'arc lors du tir.

La majorité des fibres végétales proviennent des faisceaux libériens des plantes. Ainsi, le chanvre et le lin sont des fibres du même genre que les faisceaux libériens provenant d'arbres (qui ne sont que des végétaux de plus grandes dimensions).

Ötzi aurait fait un bon choix en choisissant une corde en matière végétale. Mais, dans cette catégorie de fibres, il y a quand même des différences de qualité. La fibre végétale la plus solide est le chanvre (*Cannabis sativa*). L'utilisation de fibres plus résistantes

permet la réalisation de cordes fines qui seront plus rapides et communiqueront une vitesse accrue à la flèche. En choisissant des fibres de libers provenant d'arbres, l'homme des glaces a pris une matière de bas de gamme.

Dans les publications, on ne détermine pas d'essence d'arbre; Baker (1992:251), en énumérant toutes les matières aptes à faire des cordes d'arcs, parle du liber, mais pas de celui du tilleul. J'ai choisi le tilleul parce qu'il est archéologiquement plausible. Le tilleul était présent dans l'environnement de l'homme des glaces, car c'est un morceau de bois de cette essence qui constitue le manche de son retouchoir.

Ethnographiquement, des cordes en tendon, soie, boyau et peau sont attestées. Ces choix peuvent s'expliquer pour des raisons variées : ignorance de la moindre qualité des fibres animales, déterminisme culturel ou naturel, et parfois même pour des raisons techniques si la solidité doit primer sur l'efficacité, comme c'est le cas des cordes en soie pour arcs composites difficiles à débander. Des fibres végétales de moindre qualité sont aussi attestées : les Indiens du Brésil font des cordes en palmier pour leurs grands arcs (Baker, 1992:255).

Puisque le liber est peu résistant, il faut utiliser une quantité accrue de fibres et puisqu'il s'use vite, il faut envisager de la remplacer plus souvent, sachant qu'une corde qui casse entraîne parfois la destruction de l'arc.

Vu le temps de rouissage nécessaire pour obtenir ces fibres, je vois mal notre Ötzi confectionner la corde pendant son séjour dans les montagnes. Il est impossible de savoir s'il s'agit d'une corde récupérée ou d'une corde de rechange. Pour aller plus loin, il faudrait savoir si la corde est usée ou pas, car les différentes études ne parlent pas d'usure, ni de nœuds ou de boucles de fixation.

Pour mon expérimentation, au vu du contexte archéologique, je suis parti de l'hypothèse qu'il s'agissait d'une corde de rechange. S'il s'agissait quand même d'une vieille corde, il faut se rendre compte qu'on ne peut l'étirer autant qu'une corde de rechange, ce qui a des conséquences sur le diamètre et donc sur toutes nos expérimentations et conclusions.

4.3. L'aspect technique de la corde

4.3.1. La longueur de la corde

Dans le cas d'un arc de 182,5 cm comme celui d'Ötzi — en envisageant une corde montée de la même manière qu'actuellement sur les arcs traditionnels —, il faut une corde de 195 cm au moins :

- 160 cm de corde (d'une poupée à l'autre) ;
- 20 cm pour une boucle nouée destinée à la première poupée et
- 15 cm pour le nœud de bois ou nœud d'archer (*timber hitch*) noué à l'autre extrémité.

Dans le cas de la corde expérimentale (longue de 2 m), cela nous laisse encore quelques centimètres de corde libre sans oublier la longueur supplémentaire obtenue par l'étirement de la corde lorsque l'arc est bandé.

La longueur de notre corde (rappelons qu'il ne s'agit que d'une estimation) coïncide avec celle de la « vraie ». Un autre moyen, attesté par l'ethnographie, pour attacher la corde aux poupées d'un arc consiste à l'enrouler autour des extrémités amincies en troncs de cône. Ce procédé demande sans doute un peu plus de corde. Terminer une corde en l'effilant est très habituel, mais toujours pour la partie de la corde située après la fixation.

4.3.2. La torsion des fibres et des fils

La médiocre qualité du liber oblige à prendre plus de matière première. Mais, dans le cas d'un fil trop volumineux, les fibres placées à la surface subissent une tension beaucoup plus importante que celles du centre. Baker propose, pour résoudre ce problème « *thicker is weaker* », d'utiliser des fils très fins, de les tordre d'abord pour faire des *sub-plies* : des fils intermédiaires qui entreront dans la composition des torons (Baker, 1992:251). Cette pratique est courante pour la réalisation d'aussières (Lepers, 1999). Ainsi, les tensions sont mieux réparties et il y a moins de fibres peu travaillantes.

Une corde de deux puis trois torons, constitués d'une seule mèche de fibres tordues en fils, comme celle d'Ötzi, n'est peut-être pas la meilleure technique pour ce genre de matière.

4.3.3. L'épaisseur de la corde

La corde de l'homme des glaces est assez grosse, même une fois étirée... Les Indiens du Brésil ont des cordes pareilles, car — sachant leurs cordes relativement faibles — ils ne veulent prendre aucun risque.

Si on limite l'épaisseur d'une corde de piètre qualité, ce n'est pas uniquement pour limiter la perte de vitesse du projectile, mais aussi parce qu'il faut mettre la corde dans l'encoche de la flèche. Arc débandé, la corde paraît trop grosse pour la flèche, mais mes observations sur l'étirement m'ont vite fait changer d'opinion.

4.3.4. L'étirement et la résistance de la corde

Dès qu'on met la corde sous tension, elle s'amincit assez spectaculairement (fig. 4 et 6) et la pose de la flèche avec une encoche de 4 mm se fait sans problème (fig. 7)

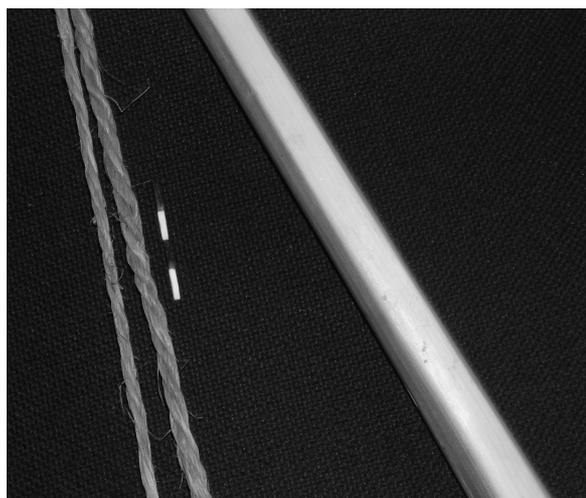


FIG. 6. – La même corde avec et sans tension

Soumise à une tension de 53 kg (116 lbs), la corde peut casser et, selon la règle d'or, il vaut mieux ne pas l'utiliser pour un arc d'une puissance excédant 13,25 kg (29 lbs).

Même si Ötzi savait poser sa flèche, pouvait-il chasser avec son arc ? Ou, si on pose la question autrement, quelle était la puissance de son arc ?

L'arc en if retrouvé près d'Ötzi est considéré comme une ébauche. J'ai quand même tenté une première reconstitution en respectant au maximum les mesures de l'objet (182,5 cm de long, une largeur maximale à la poignée de 3,6 cm et une épaisseur maximale



FIG. 7. – Poser la flèche se fait sans problèmes...

de 3,2 cm). L'arc étant dépourvu d'aubier, je n'ai pas osé l'utiliser tel quel et je l'ai renforcé avec des tendons de vache. Cette reconstitution, qui date déjà de l'année 1999, était trop puissante pour moi, un vrai piquet de clôture !

Pour me faire une idée de sa puissance à mon allonge, je l'ai testé à l'aide du dispositif présenté à la figure 3. Amené à une extension de 70 cm ou 27,5 pouces (*inch*), il affichait une puissance de 90 kg (198 lbs) ! Ce résultat, tombant en dehors de toutes normes, ne peut — à mon avis — être pris en considération, même si on sait que les tendons collés dessus augmentent sa puissance. Ötzi avait



FIG. 8. – La corde en liber sur un arc de 60 lbs au moment du tir

certainement encore l'intention d'amincir son arc !

Faut-il plutôt se référer à Junkmanns (2001 : 56), qui écrit que les reconstitutions des arcs néolithiques pour adultes affichent des puissances de 16 à 32 kg (35 à 70 lbs).

Alors, la corde d'Ötzi n'était pas une bonne corde — si elle est vraiment la corde destinée à son arc.

Peut-on tirer avec une mauvaise corde ? Est-ce qu'une mauvaise corde est une corde inutilisable ? Aucun archer ou fabricant d'arc ne conseillerait de tenter la chance, car la rupture de la corde peut provoquer une cassure de l'arc. Dans un élan de témérité, j'ai décidé de tester la première corde (avant d'en tester la charge de rupture), montée sur l'arc de mon collègue Manu Maingeot, d'une puissance de 60 lbs (l'arc, pas Manu, bien sûr).

Avec l'arc de 60 lbs, une série de dix flèches a été tirée (fig. 8). Je n'ai pas osé pousser le test plus loin, de peur de briser son arc et sa confiance en moi.

Comme, ces dix flèches paraissent — à juste titre — peu convaincantes pour les gens qui suivaient cette expérimentation, j'ai repris des tirs avec une nouvelle corde. Celle-ci, identique à l'autre, s'est rompue lors de la mise en tension sur mon nouvel arc. Cet arc, d'une puissance de 55 lbs, ne présente pas de suivi de corde.

La puissance de l'arc était elle trop élevée pour la corde ? Je n'en étais pas très sûr, d'autant plus que je soupçonnais une torsion trop faible à un endroit de cette corde.

J'ai alors fait une troisième corde (*nota bene* : à une minute près dans le même temps que la première). Je l'ai mise sur mon ancien arc (qui affiche une puissance de 47 lbs). Elle a résisté à la mise en tension... Elle a résisté également à une séance de 100 tirs. Je sentais que mon arc était moins nerveux et j'ai dû retendre la corde trois fois en déplaçant le nœud à cause de l'étirement qu'elle a subi en cours de test. Plein de fougue, j'ai mis cette corde sur mon nouvel arc de 55 lbs ; cette fois-ci, elle a résisté, même à une seconde

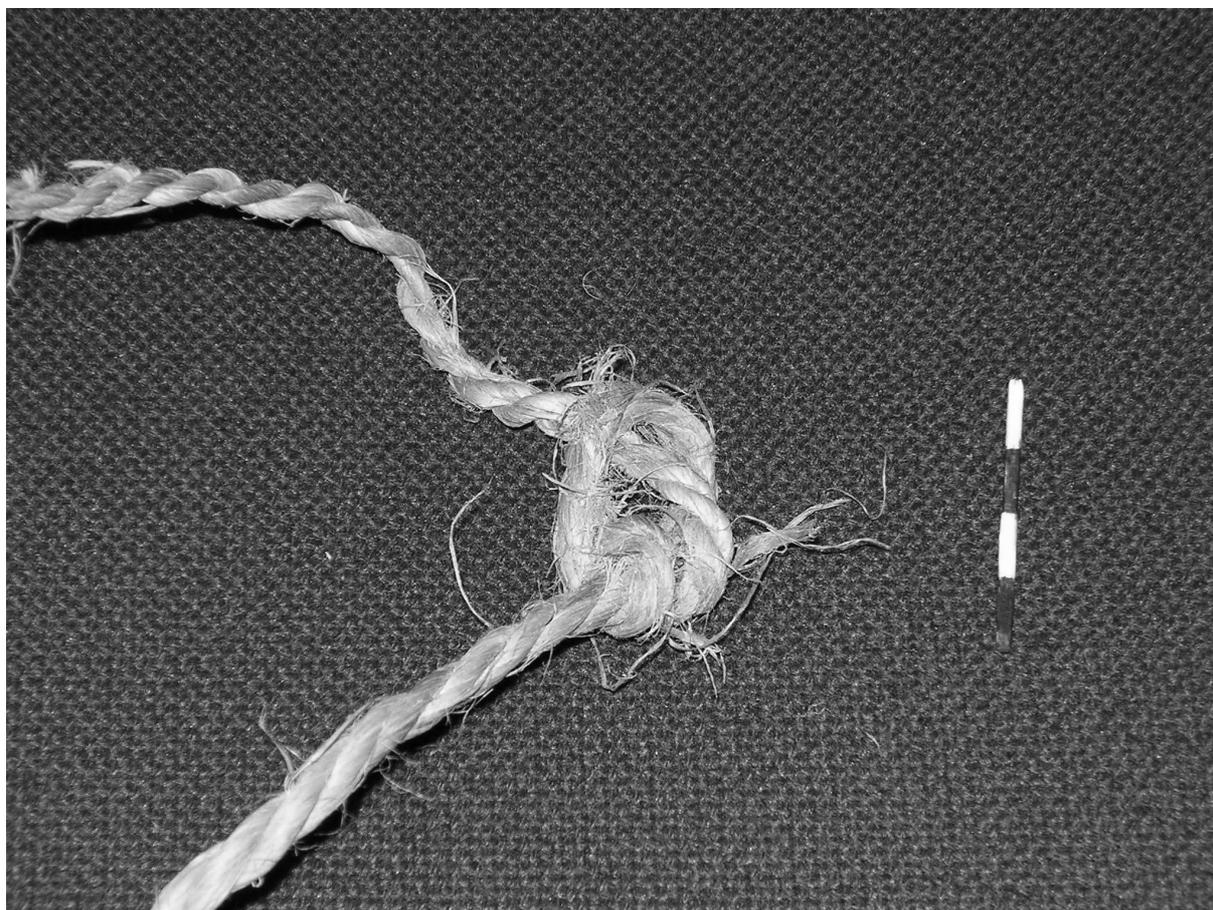


FIG. 9. – État de la corde après 200 tirs

séance de 100 tirs. Seuls dégâts apparents : le nœud de bois et le point d'encoche étaient un peu éraillés (fig. 9) et nécessitaient un renforcement.

J'en conclus que la corde précédente n'était pas bien faite et qu'en expérimentation, il est bon de ne pas se limiter à un seul test.

5. CONCLUSION

Cette expérience répond aux questions d'Egg & Spindler : la corde résiste à un arc d'une puissance compatible aux normes des arcs néolithiques connus et accepte une flèche dont l'encoche mesure 4 mm de large. Sa longueur est suffisante pour un arc de 182,5 cm. Le contexte archéologique dans lequel la corde fut découverte s'ajoute à ces arguments comme éléments favorables pour interpréter cet objet comme une corde d'arc. Le choix de la matière, l'aspect technique et le volume la classent pourtant parmi les cordes peu enviables pour un archer moderne : une corde peu solide, peu sûre, et trop grosse pour une projection rapide de la flèche. L'ethnographie nous apprend que ces points négatifs ne sont pourtant pas des arguments suffisants pour écarter l'hypothèse de son interprétation comme corde d'arc primitif.

Remerciements

Merci d'abord à ma femme, France Brasseur, et à mes amis, Philippe Pirson et Christian Lepers, pour la correction de ce texte en français potable, à Dominique Troupin et Felicidad Giraldo Martin

pour tout ce qui concerne l'aide informatique, et à Manu Maingot pour le prêt de son arc pour les premiers essais de tir.

Bibliographie

L'auteur ne peut prétendre vous présenter une bibliographie exhaustive et donc non plus garantir qu'il connaît tous les détails ou toutes les études sur ce sujet. Même si la probabilité que quelqu'un ait déjà fait la même expérimentation que la mienne reste minime, cette idée continue quand même à hanter un petit coin de mon esprit.

BAKER T., 1992. *Strings*, in S. Allely *et al.*, *The Traditional Bowyers Bible*, 2, Bois d'Arc Press, p. 187–258.

EGG M. & SPINDLER C., 1992. «Die Gletschermumie vom Ende der Steinzeit aus den Ötztaler Alpen», Vorbericht in *Jahrbuch des Römisch-Germanischen Zentralmuseums Mainz*, 39, 1.

JUNKMANN J., 2001. *Arc et flèche. Fabrication et utilisation au Néolithique*, Bienne, Musée Schwab, 62 p.

LEPERS C., 1999. «Description et classification des cordages», *Bulletin de la Société royale belge d'études géologiques et archéologiques «Les Chercheurs de la Wallonie»*, 39 : 65–81.

Adresse de l'auteur :

Christian CASSEYAS
Rue de la Rochette, 100
B-4400 Ivoz-Ramet

E-mail : Casseyas@ramioul.org