
*EXPERIENCES ET REFLEXIONS**Sur la prodigieuse ductilité de diverses Matières.*

Par M. DE REAUMUR.

L'ART, comme la Nature, a des merveilles que souvent nous n'appercevons pas, parce qu'elles sont continuellement sous nos yeux; contents de satisfaire nos besoins ou notre luxe, nous ne nous avisons guères d'aller chercher à quelles ingénieuses pratiques nous sommes redevables des choses dont nous faisons un usage ordinaire. L'art du Tireur d'or, que nous avons décrit depuis peu dans nos *Assemblées particulières*, le prouve assés. Ceux qui se parent des fils qu'il prépare d'une manière si surprenante, sont rarement ceux qui remarquent ce que ces fils d'or ont de véritablement admirable. Quelques Philosophes les ont examinés attentivement; ils en ont tiré d'excellentes preuves de la prodigieuse divisibilité de la matière, auxquelles ils eussent encore pû donner plus de force, s'ils eussent été plus instruits de tout ce que sçait faire l'art du Tireur d'or: ils ont aussi cherché à rendre raison de cette grande ductilité des métaux, mais c'est un des plus grands secrets de la nature. La cause de la ductilité tient à ce que la Physique a de plus obscur, je veux dire, à la cause de la dureté, & a outre cela ses difficultés particulières. Nous ne sommes pas plus en état que ces Philosophes, d'expliquer cette propriété des corps, mais nous sommes plus en état de faire voir jusqu'où l'art en sçait profiter. Nous avons eu occasion de faire diverses expériences sur cette matière, nous allons les rapporter; nous examinerons les effets de la ductilité de corps fort différents. On ne sera peut-être pas fâché de trouver réuni dans un même point de vûë, ce qu'il y a de plus singulier dans un sujet sur lequel

l'art & la nature semblent nous fournir à l'envi des choses remarquables.

En général, les corps ductiles sont ceux qui étant frappés, pressés ou tirés, s'étendent sans se rompre, dans un sens, à peu-près de ce qu'ils diminuent dans un autre; tels sont les métaux qui, sous les coups de marteau, acquièrent en longueur & en largeur, ce qu'ils perdent en épaisseur, ou qui étant tirés par une filière, deviennent plus longs à mesure que leur grosseur diminue. Nous avons encore une autre espèce de corps, qui, quoiqu'ils ne soient pas malléables comme les métaux, peuvent néanmoins être appelés ductiles; les colles, les gommes, les résines, & tous les corps qui ayant été ramollis par l'eau, par le feu, ou par quelque autre dissolvant, se tirent en fils, nous fourniront des exemples de cette sorte de ductilité. Les corps ductiles peuvent donc se diviser en deux classes, dont la première contient les corps ductiles, que nous nommerons *durs*, & qui sont malléables, ce sont ceux dont nous parlerons d'abord; la deuxième classe est composée des corps ductiles *mous*, qu'on peut étendre en les tirant, quoiqu'ils ne soient pas malléables, & ce sont ceux que nous examinerons ensuite.

La manière la plus commune d'étendre les corps ductiles durs, c'est de les étendre en les frappant à coups de marteau; avec de pareils coups bien ménagés, la plupart des ouvriers en or, en argent, en cuivre, en étain, donnent les figures qu'il leur plaît à des masses informes. Quoique ces sortes d'ouvrages méritent plus d'attention qu'on ne leur en donne communément, notre dessein n'est pas de nous y arrêter; à présent nous ne voulons considérer les corps ductiles que par rapport à la grande étendue qu'ils peuvent acquérir.

Il n'y a guères que les Batteurs d'or qui, avec le secours seul du marteau, rendent des lames de métal extrêmement minces. Ils nous préparent ces feuilles que nous employons dans la plupart de nos dorures; on sçait qu'ils les tirent d'un lingot assés gros, dont ils diminuent l'épaisseur à un tel point, que les

que les feuilles qui en sont formées, cedent au plus leger soufflé du vent. Pour sçavoir par une voye plus sûre que par le recit des ouvriers, auquel Rohault s'en est rapporté; pour sçavoir, dis-je, jusqu'où cet art sçait actuellement étendre l'or, j'ai pris une certaine quantité de feuilles des plus minces, sçavoir de celles qu'on met dans les livrets ordinaires; j'ai mesuré avec soin leur grandeur, & je les ai pesées dans des balances très-fines; j'ai vû qu'un grain d'or battu, (or qu'est-ce qu'un grain d'or?) avoit une étendue de 36 pouces quarrés & demi, & 24 lignes quarrées; c'est-à-dire, qu'une once d'or qui étant sous la forme d'un cube, n'auroit que 5 lignes & $\frac{1}{7}$ de ligne au plus, soit en largeur, soit en longueur, soit en hauteur, & qui ne couvriroit qu'une surface d'environ 27 lignes quarrées; que cette once d'or, lorsqu'elle a été étendue par les Batteurs d'or, couvre une surface de plus de 146 pieds quarrés & demi, étendue près de la moitié plus grande que celle qu'on sçavoit donner à l'or en feuilles il y a 90 ans. On regardoit avec surprise, du temps du Pere Merfenne, que d'une once d'or on pût former 1600 feuilles, qui toutes ensemble ne couvroient pourtant qu'une surface de 105 pieds quarrés. Il seroit long d'expliquer ici ce qui a le plus contribué à perfectionner cet art; nous ne voulons pas même nous arrêter à faire remarquer l'adresse des hommes, qui a été chercher dans les intestins des bœufs, ces feuilles d'un parchemin délié, sans lesquelles on ne sçauroit réduire l'or en feuilles si minces.

Après tout, quelque considérable que soit l'étendue de la surface de l'or en feuilles, elle n'aura plus rien de merveilleux, lorsque nous la comparerons avec celle que le même métal acquiert chés les Tireurs d'or. Il y a à la vérité telle feuille d'or battu, qui, dans certains endroits, n'a pas $\frac{1}{30000}$ de ligne d'épaisseur; mais $\frac{1}{30000}$ de ligne est une épaisseur assés grande, par rapport à l'épaisseur de l'or qui couvre les lames d'argent doré qui sont filées sur la soye.

Pour mieux connoître combien l'or est alors étendu, &

combien il est prodigieusement mince, il est nécessaire d'avoir du moins une idée grossière des procédés des Tireurs d'or. Ce fil que nous nommons communément du fil d'or, & qui, comme personne ne l'ignore, n'est que du fil d'argent doré, est tiré d'une grosse barre d'argent; on prend cette barre du poids d'environ 45 marcs; en l'arrondissant, on en forme un cylindre ou rouleau qui a 15 lignes de diametre, & un peu moins de 22 pouces de hauteur; on dore ce lingot avec les feuilles que préparent les Batteurs; on en employe pourtant à cet usage, de plus épaisses que celles qui sont destinées à nos dorures ordinaires, & on en met souvent plusieurs les unes sur les autres: après tout, quoique la couche d'or qui couvre ce lingot soit considérablement plus épaisse que celle de nos autres dorures, elle est encore assés mince; il est aisé d'en juger par le volume d'or qu'on y fait entrer. Pour dorer ces 45 marcs d'argent, on n'employe jamais plus de six onces d'or, c'en est assés pour faire du surdoré; mais on n'y fait pas entrer deux onces, & souvent n'y en fait-on pas entrer beaucoup plus d'une, lorsqu'on veut du fil aussi legerement doré que l'est le plus commun fil d'or de Lyon, c'est-à-dire, que la couche d'or qui enveloppe ce lingot, n'a jamais d'épaisseur plus de la 15.^{me} partie d'une ligne, que souvent elle n'en a que la 30.^{me} ou la 45.^{me} partie, & enfin qu'elle n'en a quelquefois que la 90.^{me} partie.

Cependant combien cette couche d'or déjà mince, doit-elle le devenir davantage? combien de fois, pour ainsi dire, doit-elle être divisée? On allonge le lingot qu'elle couvre jusqu'à la finesse égale, ou surpasse celle des cheveux. On le fait passer successivement par des trous plus déliés les uns que les autres, ou, ce qui est la même chose, par des filières. A mesure qu'il passe par un trou, son diametre diminuë, il gagne en longueur ce qu'il perd en grosseur, il augmente par conséquent en surface; l'or qui couvre ce lingot d'argent, ne cesse point de le dorer, quelque prodigieusement qu'on l'étende, il suit toujours l'argent, il ne le laisse point

à découvert. Cependant combien de divisions a-t-il souffert, lorsque le lingot réduit en fil a un diamètre environ 9000 fois plus petit que celui qu'il avoit en lingot? Mais pour nous faire une idée plus sensible de la prodigieuse ductilité de l'or, voyons la longueur à laquelle arrive le lingot tiré à sa dernière finesse.

J'ai pesé avec soin un demi-gros de fil du plus délié, & j'ai mesuré avec le même soin la longueur de ce demi-gros de fil, je l'ai trouvée de 202 pieds; par conséquent, l'once de fil avoit 3232 pieds de longueur, & le marc ou 8 onces en avoit 23856. Notre lingot qui pesoit 45 marcs, & qui n'avoit d'abord que 22 pouces de long, étoit donc parvenu entre les mains des Tireurs d'or à une longueur de 1163520 pieds, ou réduisant les pieds en toises, & prenant la lieuë de 2000 toises, sa longueur de 22 pouces, avoit été changée dans une longueur de 96 lieuës & 196 toises, étendue qui surpasse beaucoup celle que le Pere Mersenne & Furetiere, ont donnée à l'allongement du lingot: celui-ci dit, après le premier, qu'une demi-once de fil s'étend à 100 toises & plus, ce plus est considérable; à 100 toises pour la demi-once, ce ne seroit que 1200 pieds pour l'once, & nous venons de la trouver de 3232 pieds. Rohault a trouvé aussi l'allongement beaucoup plus petit que nous.

Ce lingot tout long qu'il est, lorsqu'on l'a réduit en fil si délié, n'en reste pas-là, il a encore à s'allonger. La plus grande partie du fil d'or se file sur la soye, & avant que de l'y filer on l'applatit, on le fait passer entre des rouës d'acier extrêmement polies; les rouës en l'applatissant, l'allongent de plus d'un 7.^{me}; voilà donc la longueur de notre lingot encore augmentée de plus d'un 7.^{me}, c'est-à-dire, que le voilà parvenu à une longueur de 111 lieuës; aussi est-il alors réduit en lames bien étroites & bien minces: la largeur de ces lames, n'est que d'environ $\frac{1}{8}$ de ligne, d'où il suit que leur épaisseur n'a que $\frac{1}{256}$ de ligne. Le calcul en est aisé à faire; le poids d'un pied cube d'or & le poids d'un pied cube d'argent, étant connus

204 MEMOIRES DE L'ACADEMIE ROYALE

par des expériences affés exactes, nous supposons ici que le pied cube d'or pèse 21220 onces, & que le pied cube d'argent en pèse 11523. Nous ne nous arrêtons point à montrer le chemin qu'on doit suivre pour connoître que l'épaisseur de ces lames d'argent, n'est que d'un 256.^{me} de ligne: on aimera peut-être mieux considérer combien est mince la feuille d'or qui couvre des lames d'argent déjà fort minces. Il y a de quoi bien étonner l'imagination, si l'on se souvient de la petite quantité d'or qu'on a appliquée sur le lingot d'argent; supposons qu'on en ait mis deux onces, nous avons dit qu'on en employoit souvent moins; si l'on se donne la peine de calculer quelle est la surface que couvrent ces deux onces d'or, on trouvera qu'elle est de 2380 pieds quarrés, ou qu'une once enveloppe 1190 pieds quarrés, & tout ce que les Batteurs d'or savent faire, c'est de l'étendre à 146 pieds quarrés & quelques lignes quarrés.

Mais l'or si prodigieusement étendu, combien est-il mince? Le calcul précédent servira encore à montrer que son épaisseur n'a pas $\frac{1}{175000}$ de ligne; il faudroit afin que l'épaisseur de l'or qui couvre l'argent, fût d'un $\frac{1}{175000}$, que l'or fût par-tout également épais, c'est cependant une supposition qu'on auroit tort de faire; quelque soin qu'on se donne en battant les feuilles d'or, il est impossible de les battre également; on distingue d'une manière sensible par leur plus & leur moins d'opacité, qu'elles sont au moins une fois plus épaisses dans certains endroits que dans d'autres: ces feuilles lorsqu'elles dorent le lingot, le dorent donc inégalement, & de façon qu'il y a des endroits où l'or est une fois plus mince. Or si l'on cherche l'épaisseur de l'or dans ces endroits où il est le plus mince, on trouvera qu'elle n'est égale qu'à la 262500 partie d'une ligne. Qu'est-ce que la 262500.^{me} partie d'une ligne? C'est une petiteffe si énorme, que l'imagination ne sauroit se la représenter; aidons-la néanmoins à s'en faire quelque idée, en disant que cette épaisseur de l'or est une aussi petite partie de la longueur d'une ligne, qu'une ligne est une petite partie de

1822 pieds 11 pouces, ou de près de 304 toises : or qu'est-ce que la longueur d'une ligne par rapport à celle de 304 toises ?

Ce n'est pourtant pas encore là le terme jusqu'où peut être poussée la ductilité de l'or ; au lieu de deux onces, on n'auroit pû n'en employer qu'une ; l'or qui auroit couvert les lames d'argent, n'auroit donc eu alors d'épaisseur dans certains endroits, que la 525000.^{me} partie d'une ligne. Enfin, les lames d'argent toutes minces qu'elles sont, peuvent rester dorées & devenir la moitié plus minces, il n'y a qu'à les presser davantage entre les rouës, en les aplattissant doucement, de façon que le frottement ôte peu à des couches déjà si deliées, & ces lames certainement restent dorées, quoiqu'on leur donne une fois plus de largeur que nous ne l'avons dit ci-dessus, c'est-à-dire, quoiqu'on leur donne $\frac{1}{4}$ de ligne ; l'épaisseur de l'or qui les couvre, est donc réduite alors à n'avoir pas la millionnième partie d'une ligne, ou elle est une aussi petite partie d'une ligne, qu'une ligne est une petite partie de 1200 toises : l'imagination ne peut guères s'accommoder de cette affreuse petitesse, elle ne peut guere comprendre que l'art puisse diviser une ligne dans des parties aussi petites, qu'une ligne est petite par rapport à une étendue de plus d'une demi-licuë.

Peut-être aussi seroit-on disposé à croire que l'or qui couvre les lames d'argent, a beaucoup plus d'épaisseur que le calcul ne lui en donne ; & cela, parce que l'or pourroit être divisé en petits grains écartés les uns des autres, quoique pourtant assés proches pour donner leur couleur à l'argent ; en un mot, il seroit assés naturel de croire que l'or qui couvre les lames, ne forme pas une feuille continuë, mais l'expérience démontre le contraire. Si l'on met dissoudre dans de l'eau-forte des fils dorés traits, ou des lames dorées, quelque petits que soient ces fils, & quelque minces que soient ces lames, après que l'eau forte a dissous l'argent, les fils & les lames dorées changent en de petits tuyaux creux, parce que l'eau-forte

n'agit point sur l'or ; d'où on voit évidemment que l'or qui couvre l'argent, forme un corps continu. L'art est donc parvenu à sçavoir diviser un morceau d'or de l'épaisseur d'une ligne en un million de feuilles.

L'art n'est pas, à beaucoup près, allé si loin en travaillant les corps ductiles mous ; dans ce genre, il n'y a guères que le verre qu'on sçache étendre considérablement. Qu'on ne soit pas surpris, au reste, de ce que nous donnons le premier rang parmi les ductiles mous au plus cassant, & pour ainsi dire, au plus roide de tous les corps ; on sçait que lorsque la chaleur du feu l'a bien pénétré, l'ouvrier le peut figurer comme une cire molle. Mais ce qu'il y a de plus singulier, & ce qui regarde directement notre sujet, c'est qu'on le tire en filets d'une grande finesse & extrêmement longs ; les fileuses ordinaires ne forment pas aussi aisément leurs fils de chanvre ou de lin, que les fileurs de verre forment des fils de cette cassante matière.

On connoît ces aigrettes que l'on place pour l'ordinaire sur les bonnets des enfants, & que l'on employe à divers autres ornements ; on sçait que ces sortes d'aigrettes ne sont que des houppes formées d'une infinité de fils de verre ; & quoiqu'on le sçache, on a peine à reconnoître le verre dans ces fils, qui, plus déliés que les cheveux, se plient comme eux au gré du vent. A un ouvrage si singulier, il ne manque, pour être fort cher & fort estimé, que d'être plus difficile à faire, mais rien n'est plus simple que la manière de l'exécuter ; il occupe en même temps deux ouvriers, & ne demande presqu'aucune adresse ni de l'un ni de l'autre.

Le premier tient un des bouts d'un morceau de verre ou d'émail sur la flamme d'une lampe ; lorsque la chaleur a ramolli ce morceau de verre, un second ouvrier applique contre le verre en fusion, le bout d'un crochet qui est aussi de verre ; il retire aussi-tôt ce crochet, qui entraîne un brin de verre qui n'est point séparé du reste de la masse ramollie : l'ouvrier engage ensuite ce crochet sur la

circonférence d'une rouë d'environ deux pieds & demi de diametre, elle est posée verticalement, & elle est la principale partie d'un rouet semblable aux rouets ordinaires; le crochet étant arrêté sur la circonférence de cette rouë, il ne reste plus au second ouvrier qu'à la faire tourner; à mesure qu'elle tourne, elle tire des parties du verre fondu, elle les oblige à s'éloigner du reste de la masse: ces parties toujours adhérentes à celles qui les ont entraînées, & à celles qu'elles entraînent ensuite elles-mêmes, forment un fil qui vient entourer la circonférence de la rouë; chaque tour de rouë s'enveloppe d'un nouveau tour de fil, & enfin après un certain nombre de revolutions, la circonférence de la rouë est couverte par un écheveau de fil de verre. La masse qui étoit en fusion sur la lampe, diminuë insensiblement; comme si elle étoit un peloton, elle se devide, pour ainsi dire, & passe sur la rouë; les parties qui sont éloignées de la lampe se refroidissent, elles deviennent plus adhérentes à celles qu'elles touchent, & ainsi par degrés, les parties les plus proches du feu sont les moins liées entr'elles; d'où il est clair que celles-ci doivent toujours céder à l'effort que font les autres pour les tirer vers la rouë.

Au reste, il ne faut pas croire que l'ouvrier soit obligé de faire tourner la rouë lentement, de crainte que le fil ne se rompe, il lui donne un mouvement aussi rapide qu'il veut, ou plutôt aussi rapide qu'il peut; plus la rouë tourne vite, plus on expedie d'ouvrage en un certain temps, & le fil ne s'en casse pas pour cela plus souvent.

Ces fils formés d'une maniere si simple, ne sont pas partout d'une égale grosseur, leur contour est un ovale fort applati je veux dire qu'ils ont au moins deux ou trois fois plus de largeur qu'ils n'ont d'épaisseur. Il y en a d'une grande finesse, & qui, autant qu'en peut juger la vûë simple, n'ont guères plus d'épaisseur qu'un fil de soye de vers; aussi ces fils si fins sont-ils flexibles à un point étonnant. Si on entrelace les deux bouts d'un de ces fils de verre, comme on entrelace les bouts

d'un brin de fil lorsqu'on veut le noïer, & qu'ensuite on tire les deux bouts, avant que ce fil se casse, on le plie à tel point que l'espace vuide renfermé au milieu du nœud, n'a pas une demi-ligne ni souvent même $\frac{1}{4}$ de ligne de diametre, comme je l'ai éprouvé un grand nombre de fois.

Quelque roide que nous paroisse le verre en masse, il n'est donc pas essentiellement aussi cassant & aussi peu flexible que nous nous l'imaginons; si nous avons l'art d'en tirer des fils beaucoup plus déliés, ils seroient aussi beaucoup plus flexibles, d'où il semble qu'on peut conclurre, quelque hardie que soit cette conséquence, que si nous sçavions faire des fils de verre aussi déliés que sont les fils dont les araignées enveloppent leurs œufs, nous pourrions faire des fils de verre propres à entrer dans les tissus, & que si le verre n'est pas malléable, il n'est pas vrai de dire, si on peut se servir de ce terme, qu'il ne soit pas textible. J'ai tenté diverses manières pour faire des fils de verre incomparablement plus déliés que ne le sont ceux que l'art travaille communement; mais il ne m'a pas été possible de parvenir à en faire de fort longs: il est difficile de ne pas donner un trop grand degré de fusion à une matiere déjà fort mince, telle que celle dont il faudroit se servir, & il est presque aussi difficile de tirer avec assés peu de force & d'une manière égale, des fils si fins; l'expédient qui m'a le mieux réussi a été l'expédient suivant. J'ai pris un brin de fil de verre de 7 à 8 pouces de longueur, je l'ai suspendu en l'air par un de ses bouts, & j'ai chargé son autre bout d'un petit morceau de cire qui ne pesoit peut-être pas la 10.^{me} partie d'un grain, ce petit poids suffisoit pour tirer embas le fil de verre. Près de ce fil suspendu j'approchois une petite bougie, dès que la bougie en étoit proche à un certain point, je voyois le petit poids descendre par secousses: comme il tiroit le verre aussitôt qu'il étoit en fusion, il le contraignoit à s'allonger: par ce moyen, j'ai souvent donné plus de 9 ou 10 pouces d'étenduë à une portion de fil, qui n'avoit peut-être pas 2 ou 3 lignes de longueur;

mais

mais rarement ai-je pû aller plus loin; le plus léger souffe de vent qui agitoit la flamme de la bougie, suffisoit pour l'approcher trop près du fil, elle le mettoit trop en fusion, alors il se cassoit. Il ne m'a pas même été aisé de faire assés de fils de la manière précédente, pour composer, de leur assemblage, un brin un peu gros. Cette expérience m'a du moins appris qu'avec le verre on peut former des fils plus deliés que ceux des Vers à soye; ceux que je tirois de la sorte me paroissoient presque aussi fins que des fils de soye d'Araignée; j'aurois bien voulu voir à quel point ils étoient flexibles, ils me le paroissoient prodigieusement, mais ils étoient trop fins, trop courts, & j'en avois trop peu pour les manier commodement.

Ce qui est certain, c'est que la matière même dont les Araignées & les Vers à soye forment leurs fils, est cassante lorsqu'elle est en masse, comme le sont les gommés séches; c'est ce que j'ai expérimenté en laissant sécher de cette matière; & il est sûr, outre cela, que quand les fils qui en sont tirés, seroient moins flexibles qu'ils ne le sont, on pourroit encore en faire des tissus; d'où il semble qu'il ne nous manque que l'art de sçavoir allonger le verre, pour le pouvoir faire entrer dans des étoffes.

Au reste, si par leur finesse les fils de verre avoient acquis la flexibilité nécessaire pour être tissus, ils seroient naturellement assés forts. Pour essayer leur force, j'ai suspendu différens poids aux fils de verre les plus deliés que les ouvriers sçavent former, & j'ai trouvé qu'un seul fil pouvoit soutenir jusqu'à 15 gros sans se rompre, ou près de 2 onces: à la vérité, ces fils avoient trois ou quatre fois plus de largeur qu'un fil de soye de Ver, mais ils ne paroissent pas plus épais; d'où il suit, que quand ils seroient aussi deliés que des fils de soye de Ver, ils seroient considérablement plus forts, puisqu'un fil de soye des plus forts ne peut soutenir, sans se rompre, que deux gros & demi: leur force n'est donc, par rapport à celle des fils de verre les plus

deliés, que comme un à fix, rapport plus petit que celui de leur solidité: aussi si l'on choisit les plus fins d'entre ces fils, & qu'en ayant formé un gros paquet, on divise ce paquet en différentes parties que l'on entrelace les unes entre les autres, à peu-près de la même manière que ceux qui portent de longs cheveux en forment des tresses; si, dis-je, on forme de pareilles tresses de fil de verre, on trouvera qu'elles ont beaucoup de force; divers fils pourtant se casseront pendant qu'on les entrelacera; après tout, il n'y a pas grande apparence que l'on tire des avantages considérables des fils de verre.

Les gommés, les résines, la cire, sont aussi des corps ductiles mous; mais la cire qui est de toutes ces espèces de corps, celui sur lesquels les arts s'exercent le plus, n'est guères travaillée comme ductile; il est vrai que les Ciriers font passer leurs bougies par des filières, mais ce n'est point pour les allonger, c'est pour les arrondir & pour les polir.

Si nous sommes peu habiles à travailler les corps ductiles mous, la nature nous a en quelque sorte dédommagés de ce que nous ignorons de ce côté-là; elle a instruit une infinité d'animaux à les étendre d'une manière merveilleuse, & nous n'avons qu'à mettre en œuvre les fils qu'ils nous ont préparés: on entend de reste, que c'est des fils de Vers à soye, dont je veux parler; ils ne sont formés que d'une espèce de matière visqueuse prodigieusement étendue, qui sortant du corps de l'insecte, prend de la consistance à peu-près comme les fils de verre deviennent durs en s'éloignant de la lampe, quoique pourtant par une cause différente, comme nous le dirons bientôt. Ce n'est pourtant pas à la soye des Vers que nous voulons nous arrêter pour faire voir jusqu'où la nature sçait étendre les corps ductiles mous; les animaux dont nous retirons le plus d'utilité, ne sont pas ceux où elle a rassemblé le plus de merveilles; il semble même qu'elle ait pris plus de soin à former ceux qui nous sont les plus incommodes; & pour lesquels nous avons le plus d'aversion. Les Araignées,

par exemple, ces vilains insectes, qui apparemment ne fileront jamais que pour nous incommoder, comme nous le
 fines voir en examinant ce qu'on pouvoit retirer de leur
 soye; les Araignées, dis-je, sont incomparablement plus
 propres que les Vers à soye, pour faire voir jusqu'où la
 nature sçait allonger une liqueur gluante. Dans le discours
 que nous venons de citer, nous ne parlâmes qu'en passant, de
 l'extrême finesse de leurs fils, pour ne pas trop nous écarter
 de notre objet principal : nous allons à présent les examiner
 d'un peu plus près, & considérer la belle mécanique que la
 nature employe pour les former.

*Mémoire
 de 1710.
 pag. 386.*

L'illustre Malpighi dans son Anatomie du Ver à soye, nous a décrit les parties d'où la soye se tire; nous allons bien trouver un autre appareil dans le corps des Araignées. Près du derrière de l'Araignée, il y a six mammelons, * le bout de chaque mammelon est la filière par où sortent les fils de soye; mais quelles filières? Dans un espace plus petit que la tête de la plus petite épingle, il y a assez de trous différens pour donner sortie à une quantité surprenante de fils séparés; on distingue ces trous par leurs effets. Si ayant choisi une grosse Araignée de jardin, prête à faire ses œufs, on applique le doigt sur une partie d'un de ses mammelons, en retirant le doigt on entraîne une quantité étonnante de fils séparés. * J'ai voulu examiner leur nombre en me servant d'un bon microscope, souvent j'en comptois plus de 70 ou 80, mais je voyois qu'il y en avoit incomparablement davantage que je ne pouvois compter, quoique les fils que j'avois tirés, n'eussent pour base qu'une petite partie du mammelon; enfin, quand je dirai qu'il n'y a pas de bout de mammelon qui ne puisse fournir mille fils, je dirai un nombre assez étonnant, mais qui me paroît trop petit pour exprimer le nombre de ces fils. On le pensera comme moi, si l'on veut se donner la peine d'examiner avec un excellent microscope, le bout d'un mammelon d'une Araignée de maison. Dans ce vilain insecte, on verra une partie d'une structure fort jolie;

* Fig. 4.

* Fig. 4.
 Ka, MN.

le bout de ce mammelon est divisé en une infinité de petites convexités plus petites, mais disposées à peu-près de la même manière que le sont les convexités des cornées des yeux de Papillons ou de Mouches : chaque convexité sert ici sans doute pour un fil différent, ou plutôt il y a apparence que chaque petit creux qui est entre les convexités, est percé par un trou qui donne passage à un fil, les petites élévations empêchent apparemment que les fils ne se joignent à leur sortie : ces petites convexités ne sont pas si sensibles sur le bout des mammelons des Araignées de jardin ; mais on y apperçoit une forêt de petits poils, qui servent apparemment aux mêmes usages que les convexités précédentes ; je veux dire, qu'ils séparent de même les fils les uns des autres. Quoi qu'il en soit, il paroît certain que de chaque mammelon d'Araignée il peut sortir des fils par plus de mille endroits différens ; de sorte que l'Araignée ayant six mammelons, elle a des trous pour donner passage à six mille fils. La nature n'a pas borné son travail à percer ces trous d'une petitesse immense ; les fils sont déjà formés lorsqu'ils arrivent au mammelon, ils ont chacun leur petit canal ou leur petite guaine particulière, on les trouve formés & séparés les uns des autres assez loin de l'origine des mammelons ; mais pour mieux comprendre toute cette admirable mécanique, il nous faut remonter jusqu'à la source de la liqueur dont les Araignées composent leurs fils.

Dans des insectes si petits & si mous, ces parties délicates ne seroient pas aisées à distinguer sans un peu d'attention : il est nécessaire de faire bouillir l'animal, ou de le faire sécher, ou de le laisser quelques heures dans l'esprit de vin. Après cette petite préparation, les parties les plus essentielles restent en place, & sont sensibles sans le secours du microscope. Près de l'origine du ventre, * on trouve deux petits corps d'une matière molle, ce sont-là les premières sources de la soye. Ces deux corps ont assez la figure & la transparence d'une lame de verre ; aussi pour nous exprimer

* Fig. 2.
D D.

commodement, les nommerons nous les larmes. * La pointe de chaque larme * va en serpentant, & en faisant une infinité de replis du côté des mammelons. De la base de la larme, part une autre branche beaucoup plus grosse * que celle qui sort de la pointe; elle se recoude un plus grand nombre de fois, & fait de plus grands plis; elle forme ensuite divers lacis, & prend, comme l'autre, la route vers le derrière de l'Araignée.

* Fig. 5.

* R.

* S.

J'ai quelquefois déployé de cette dernière branche jusqu'à 9 ou 10 pouces de long, & je n'en déployois qu'une partie. Les larmes & les branches qu'elles jettent, contiennent la matière propre à former la foye, mais une matière encore trop molle, & qui dans une Araignée qu'on n'a point fait sécher, ne se tire pas en filets fort longs. Le corps de la larme est une espèce de réservoir, & les deux branches sont deux canaux qui en partent. Lorsqu'on ne fait pas trop cuire l'Araignée, les branches sont visiblement enveloppées d'une membrane qui empêche de voir la transparence de la liqueur. Cette membrane mince s'enlève, si on frotte le canal même doucement. Un peu plus près du derrière, il y a deux autres larmes plus petites; chacune de celles-ci ne jette qu'une branche, elle part de leur pointe; de sorte que de chaque côté de l'Araignée, il y a deux larmes qui par trois canaux sensibles portent la liqueur, & ces canaux la portent aux vrais réservoirs, d'où sort la liqueur propre à faire la foye.

De chaque côté de l'Araignée, * il y a trois corps que l'on doit regarder comme les derniers réservoirs où la liqueur s'assemble; nous les nommerons les grands réservoirs. * Ils sont beaucoup plus gros que les larmes; les trois, qui sont d'un même côté, sont arrangés de façon les uns auprès des autres, qu'ils ne semblent former qu'un seul corps. La figure de chacun en particulier est différente; ils ont pourtant cela de commun, qu'ils sont recoudés six à sept fois; que dans toute leur étendue leur grosseur est à peu-près égale; une de leurs extrémités est pourtant plus grosse que l'autre. La

* Fig. 2.

en E E.

* Fig. 6.

* *VVV.* plus grosse * est la plus proche de la tête de l'insecte; & la
 * *TTT.* plus petite la plus proche de l'anus. * Les trois extrémités
 déliées de ces reservoirs se terminent en pointe, & sont
 appliquées les unes près des autres, comme le sont les trois
 doigts du milieu de la main. C'est des trois pointes de ces
 reservoirs que partent les fils, ou que part la plus grande
 partie des fils qui sortent de trois mammelons: chaque re-
 servoir est destiné à fournir un mammelon; c'est ce qu'on
 découvre avec un peu de patience, non-seulement on voit
 toujours la pointe de chacun de ces corps terminée par un
 fil, mais si on ménage les parties voisines, on trouve quan-
 tité de fils distincts qui partent de l'extrémité de ces corps,
 & on suit les fils jusqu'aux mammelons.

Enfin à l'origine des mammelons, on distingue divers
 tuyaux charnus, il y en a apparemment autant que de
 mammelons. Si on enleve doucement la membrane ou la
 legere pellicule qui paroît couvrir ces tuyaux, on trouve
 qu'intérieurement ils sont remplis de fils, tous séparés les
 uns des autres, & qui par conséquent, sous une enveloppe
 commune, avoient chacun une enveloppe particulière, ou
 qui étoient comme des coûteaux dans une gaine.

Il est vrai qu'en suivant la route de ces fils, on en trouve
 quantité qui viennent de plus loin que de la pointe des
 grands reservoirs. Les uns paroissent venir du milieu, les
 autres d'un peu plus bas, les autres d'un peu plus haut; de
 sorte que je crois que cette immense quantité de fils qui se
 rassemble près des mammelons de l'Araignée, ne tire pas
 toute son origine des pointes de reservoirs. Il me paroît plus
 probable qu'il y en a qui sortent de tous leurs coudes, ou
 peut-être de différens endroits de ces corps; ce qui est
 certain, c'est que ces corps paroissent avoir une enveloppe
 commune, & que l'on rencontre beaucoup de fils qui suivent
 leurs sinuosités.

Mais comment la liqueur s'affemble-t-elle dans les larmes?
 Comment des larmes passe-t-elle dans les grands reservoirs?

Elle a apparemment des routes que nos yeux ne peuvent appercevoir. Le célèbre Malpighi, tout clairvoyant qu'il étoit, quand il nous a donné l'anatomie du Ver à soye, s'est contenté de décrire le vaisseau où s'assemble la liqueur, d'où les vers tirent la soye. Il ne nous a expliqué ni la route par laquelle cette liqueur y entre, ni même, exactement parlant, la route par laquelle elle en sort. Que pouvons-nous faire dans un insecte plus petit que le Ver à soye, & où la nature a employé 6 ou 7000 fois plus de parties? Contentons-nous de faire quelques reflexions sur la prodigieuse ductilité de la matière dont les fils des Araignées sont composés, & sur la prodigieuse finesse des trous par où ils passent, & des tuyaux où ils se moulent. Nous avons dit, & nous n'avons pas craint de trop dire, que du bout de chaque mammelon, il peut sortir plus de 1000 fils. Ce bout de mammelon n'a pourtant pas plus de diametre qu'une petite épingle, & les trous sont nécessairement séparés les uns des autres, par des intervalles qui doivent être beaucoup plus grands que les trous mêmes. Mais nous ne considérons encore que les plus grosses Araignées; si nous examinons les Araignées naissantes, produites par celles-ci, nous verrons qu'elles ne sont pas plutôt sorties de la coque de l'œuf, qu'elles filent: à la vérité, leurs fils ne sçauroient guères être apperçûs, mais on voit fort bien les toiles qui en sont formées; souvent elles sont aussi épaisses que celles des Araignées de maison; & cela, parce que 4 à 5 cens petites Araignées concourent ensemble à ce même ouvrage. Quelle est alors la petitesse des trous de leurs filieres? C'est où l'imagination ne peut aller: à peine pourra-t-elle se représenter la petitesse de chacun de leurs mammelons. Ces Araignées entières sont peut-être moins grosses que ne l'est un mammelon de celle qui leur a donné naissance; il est aisé de le voir. Chaque grosse Araignée fait 4 à 500 œufs; ces œufs sont enveloppés d'une coque, & dès que les petites Araignées ont rompu cette coque, elles commencent

à filer. Combien sont donc déliés chacun des fils qui sortent de leurs mammelons? Il seroit inutile de faire voir que la nature sçait encore pousser beaucoup plus loin la ductilité de cette matière. Nous pourrions pourtant le montrer. Certaines Araignées sont si petites à leur naissance, qu'on ne sçauroit les distinguer sans le secours du microscope; elles sont alors rouges, & comme elles sont jointes une infinité ensemble, elles ne paroissent à la vûë simple que comme diverses traînées de points rouges; cependant sous ces Araignées presque imperceptibles, il se forme des toiles; elles filent donc. Mais quelle est la ténuité des fils qui sortent de chacun des trous de leurs mammelons? Un cheveu doit être plus gros comparé avec ces fils, que le lingot le plus gros n'est gros par rapport au fil d'argent trait. Enfin, ces fils qui se soutiennent cependant, ont moins de diametre que n'a d'épaisseur la legere couche d'or qui couvre l'argent le plus étendu. Ils sont certainement des ouvrages étonnants, aussi sont-ils des ouvrages du grand Maître.

La matière dont sont formés les fils de soye, est, comme nous l'avons dit, une matière visqueuse. Les larmes sont les premiers reservoirs où on la trouve assemblée, & ceux où elle a le moins de consistance; elle en a beaucoup davantage dans les six grands reservoirs où elle a été portée par des canaux de communication; elle en acquiert en chemin faisant; une partie de l'humidité ou de la liqueur aqueuse qui y étoit mêlée, s'en dissipe pendant sa route, ou en est séparée par des parties destinées à cet usage. Enfin, cette liqueur en allant aux mammelons par des tuyaux particuliers, se sèche encore davantage, elle devient fil. Au sortir de la filière, ces fils sont cependant encore gluants; ceux qui sont sortis de différents trous se collent ensemble à quelque distance de là. Cette matière n'est parfaitement sèche, que lorsque le reste de l'humidité s'est évaporé à l'air.

Tout cela se prouve parfaitement, si l'on fait sécher près du feu, ou si l'on fait bouillir dans l'eau, une grosse Araignée. Lorsque l'on

Lorsqu'on ne l'a pas fait cuire pendant long-temps, ou qu'on ne l'a pas fait beaucoup sécher, on trouve que les larmes ont plus de consistance, elles se tirent en fils, & la matière des grands réservoirs ne peut plus s'y tirer. Le même degré de chaleur qui a suffi pour sécher la première matière, ne suffit pas pour sécher la seconde. Enfin, si on fait cuire l'Araignée jusqu'à un certain point, la matière des larmes ne se laisse plus tirer en fils, elle paroît une espèce de colle dure; d'où il est clair que c'est précisément en séchant, ou parce que l'humidité inutile s'évapore, que la matière de la soye devient soye.

Une expérience assez séduisante m'avoit presque fait croire que ce n'est point par l'évaporation d'une matière aqueuse que les fils de soye prennent leur consistance. Ayant tiré des fils du derrière d'une Araignée, & les ayant entortillés sur un petit morceau de bois, comme sur une bobine, je plongeai l'Araignée & le morceau de bois dans l'eau, & faisant tourner le morceau de bois autour de lui-même, je devidai pendant aussi long-temps que je voulus, des fils de soye.

Je n'étois pas instruit alors de la mécanique par laquelle les Araignées filent. J'ignorois que les fils, avant que de sortir des filières, avoient déjà assez de consistance; à la vérité, il leur manque quelque chose, mais ce qui leur manque n'est pas suffisant pour empêcher qu'ils ne se devident. Au reste, ils n'achevent point de se sécher dans l'eau; ce qui le prouve décisivement, c'est que si on met tremper dans l'eau froide les larmes ou les grands réservoirs, ils n'y prennent aucune consistance, & aussi l'eau ne les dissout-elle point, ils restent dans l'état où on les y a mis.

Si au contraire on laisse pendant quelque temps une Araignée plongée dans l'esprit de vin, la matière des larmes & des grands réservoirs prend la même consistance qu'elle eût prise si on eût fait sécher l'Araignée; mais l'esprit de vin ne la dissout pas non plus que l'eau.

● Au reste, la matière de ces réservoirs étant sèche, ressemble
Mem. 1713. . E e

à la soye par sa couleur, mais elle ne lui ressemble qu'en cela. Elle est semblable à une gomme ou à une colle transparente; elle se casse si on la plie jusqu'à un certain point ou un certain nombre de fois. C'est une matière qui ne peut, comme le verre, être flexible, que quand elle est divisée en des filets fort deliés; & peut-être que si la nature a si fort multiplié le nombre des trous des filières dans les Araignées, c'est parce que la matière de la soye qui se forme dans leurs corps, est plus cassante que la matière de la soye des Vers; elle a besoin d'être divisée en plus de parties: sans cela, à quoi bon former un grand nombre de fils séparés, qui ensuite se réunissent? Un seul canal auroit pû faire un fil plus gros.

Il y a apparence que la matière des réservoirs exposée à l'air, ne se sèche jamais parfaitement; je veux dire, que les parties du milieu restent un peu humectées; la surface extérieure doit sécher la première; cette surface étant sèche, ne peut plus être dissoute par l'eau, elle n'en peut plus être pénétrée; elle doit donc empêcher l'humidité qui est au milieu de la masse, de sortir, comme elle empêche l'humidité extérieure d'entrer; & c'est peut-être encore là une des raisons pour lesquelles la nature a rendu les fils d'Araignées si deliés. Pour être forts, il est nécessaire qu'ils soient secs, & ils n'auroient pas pû sécher assés s'ils eussent été moins deliés.

Enfin, il n'est pas surprenant que l'humidité s'étant une fois évaporée de la matière de la soye, elle n'y puisse plus rentrer pour la dissoudre; les intervalles qui sont entre les parties de cette matière, deviennent trop petits. La Physique nous fournit mille exemples semblables.

Il seroit temps d'expliquer d'où naît la prodigieuse ductilité de cette matière, de tâcher d'en faire connoître la nature, mais il est plutôt temps de cesser de lire; * ce seroit mal reconnoître l'attention qu'on a bien voulu me donner, que de faire acheter le récit de quelques faits, par le récit de raisonnemens toujours incertains.

* Ce discours fut lû dans une Assemblée publique.

EXPLICATION DE LA PLANCHE.

Figure premiere, est une des espèces d'Araignées qui filent de la soye, vüe par dessus.

Figure II. La même Araignée vüe en dessous. *AA* marquent l'endroit où le ventre se joint à la poitrine.

En *B* sont les mammelons & l'anus.

DD montrent l'endroit où sont placés les premiers réservoirs que nous avons appelés larmes.

EE montrent de même l'endroit où sont les derniers réservoirs.

Figure III. est une partie du ventre d'une Araignée représentée plus grande que nature.

F est l'anus.

GGGG sont les quatre grands mammelons seuls visibles quand l'Araignée les couche comme ils sont ici; ce qu'elle fait le plus souvent quand on la tient.

Figure IV. est encore une partie du ventre d'une Araignée représentée plus grande que nature, où l'on voit tous les mammelons disposés comme ils le sont lorsqu'on presse le ventre de l'insecte.

HH sont les deux mammelons les plus éloignés de l'anus. Un paquet de fils *a* sort d'une partie d'un de ces mammelons.

II sont deux grands mammelons à peu-près égaux aux précédens.

KK sont deux mammelons plus petits, *L* est une partie charnuë qui recouvre le derriere de l'Araignée, elle la relève pour laisser sortir les excréments.

OMP sont trois mammelons représentés plus grands que nature; différentes espèces d'Araignées les ont faits différemment.

O est un des mammelons *H*.

M est un des mammelons *I*; on voit que d'une petite partie de celui-ci, il sort un nombre prodigieux de fils séparés *N*.

220 MEMOIRES DE L'ACADEMIE ROYALE

P est un des mammelons du milieu *K*; les uns & les autres ont quantité de poils, mais on les auroit rendus trop confus, si on eût mis tous ceux que le microscope y fait voir.

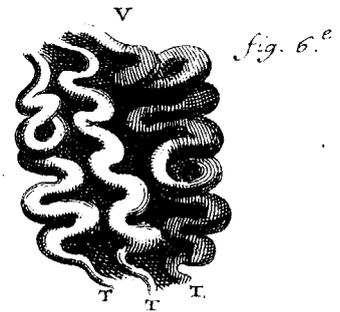
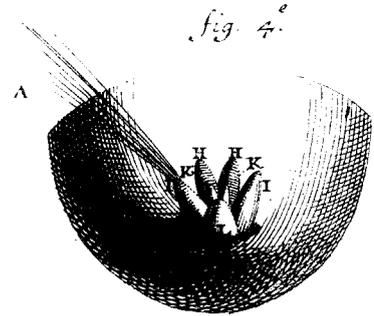
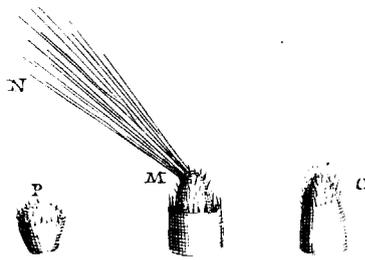
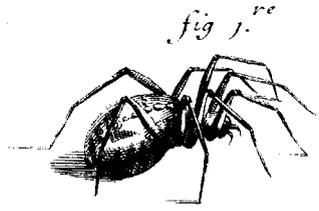
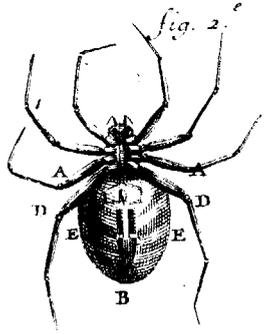
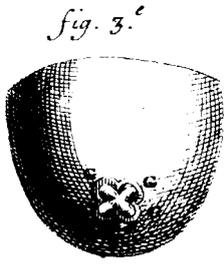
Figure V. *RQS* est un des réservoirs que nous avons appellés larmes; la partie *Q* est la plus proche de *AA* dans la Figure seconde. *R* est partie de la larme qui se termine en pointe, *S* est celle qui fait un lacis avant que d'arriver aux grands réservoirs.

Figure VI. sont trois des grands réservoirs placés les uns auprès des autres, un peu moins proche pourtant qu'ils ne le sont naturellement. On a eu en vûe de montrer qu'ils sont trois, dans l'animal ils ne semblent au premier coup d'œil faire qu'un même corps. *VVV* sont leurs bouts les plus proches de la tête de l'insecte.

TTT sont leurs bouts les plus deliés, & les plus proches de l'anus.

Figure VII. est un de ces réservoirs, vû séparément.





Expériences et réflexions sur la prodigieuse ductilité de diverses matières - M. DE
RÉAUMUR

Académie royale des sciences - Année 1713

ZOOLOGIE, MÉCANIQUE
DE RÉAUMUR, ROHAULT
