

s'élevaient des marais , les rabattent sur les villages voisins , et les empoisonnent.

Dans l'espace de quarante ans , il n'a paru sur la montagne de Laon que deux épidémies de fièvre putride ; encore cette maladie y avait-elle été apportée.

## OBSERVATIONS

*Sur la fonte des pièces de canon ;*

Par le C.<sup>en</sup> ANDRÉ BRICHE.

LES épreuves faites par ordre du ministre à Strasbourg et à Douai, en 1785 et 1786, ont fait connaître que de plusieurs pièces prises au hasard, les unes pouvaient servir long-temps sans donner aucun signe de dépérissement, tandis que d'autres étaient totalement hors de service au bout d'un petit nombre de coups. Les inégalités ont été observées non - seulement entre des pièces faites par le même fondeur, mais encore entre des pièces coulées ensemble.

D'après l'incertitude qui en résulte sur la bonté des procédés employés en France jusqu'ici dans la fonte des canons, il est impossible de régler rien de certain sur cet objet important par les frais considérables qu'il occasionne et par ses rapports avec la sûreté publique, avant de découvrir les causes des différences que l'on y remarque. Le seul moyen d'y parvenir est d'examiner avec soin chacune des opérations dont dépend la bonté d'une pièce. Elles peuvent se réduire à trois principales, l'alliage, la fusion et le refroidissement : ces trois objets sont tellement liés, qu'un seul, négligé, influe nécessairement sur la perfection du produit.

Ces articles demandent pour être traités complètement, des expériences plus nombreuses que ma position ne m'a permis d'en faire jusqu'ici.

Voici le commencement du travail que j'ai entrepris sur cette matière.

*De l'alliage.*

L'alliage du cuivre et de l'étain présente, comme celui de presque tous les autres métaux, ce phénomène remarquable : le volume du mélange est plus petit que la somme des volumes des deux composans. J'ai considéré d'abord dans différens mélanges cet effet résultant de l'affinité réciproque des deux substances.

L'augmentation de pesanteur spécifique, produite par la diminution de volume, est égale à la pesanteur spécifique du mélange, déterminée par l'expérience, moins la pesanteur spécifique calculée, en supposant le volume du mélange égal à la somme des volumes des deux corps mélangés.

Nommant  $P$  et  $p$  les poids des deux métaux,  $S$  et  $s$  leur pesanteur spécifique,  $\gamma$  celle du mélange dans la supposition précédente, on aura  $\gamma = \frac{Ps + ps}{P + p}$ . En appelant donc  $R$  la pesanteur spécifique que donne l'expérience, on a l'augmentation  $x = R - \frac{Ps + ps}{P + p}$ .

J'ai fait des alliages de cuivre et d'étain en différentes proportions, pour être sûr du titre de chaque essai ; je les ai fondus avec assez de précaution pour que les poids, avant et après la fonte, ne différassent que de quelques grains ; j'ai calculé l'augmentation de pesanteur spécifique d'après celle de chaque mélange que j'ai déterminé avec exactitude, ayant soin de rejeter les morceaux qui avaient de petites chambres qui au-

raient causé quelque erreur. Les résultats sont exprimés dans le tableau suivant :

QUANTITÉ d'étain sur % de cuivre.	PESANTEUR spécifique.	AUGMENTAT.	
4 . . . .	8,79 . . .	0,16.	Pesanteur spécifique du cuivre, 8,7 ; de l'étain, 7,3.
6 . . . .	8,78 . . .	0,18.	
8 . . . .	8,76 . . .	0,19.	
10 . . . .	8,76 . . .	0,21.	
12 . . . .	8,80 . . .	0,28.	
14 . . . .	8,81 . . .	0,32.	
16 . . . .	8,87 . . .	0,40.	
33 . . . .	8,83 . . .	0,53.	
100 . . . .	8,79 . . .	0,86.	

On voit dans cette table, qu'à égale quantité de cuivre, l'augmentation de pesanteur spécifique est d'autant plus forte qu'il y a plus d'étain. J'ai pensé que cet effet pouvait venir non-seulement de l'action réciproque des deux métaux, mais encore de la fusion plus complète qui est opérée par une plus grande quantité d'étain, et qui dispose les deux corps à une combinaison plus intime : le bronze, en effet, comme on l'a remarqué, se fond plus aisément que le cuivre, et sa fusion est plus facile en raison de la quantité d'étain qui entre dans sa composition.

Pour m'assurer des changemens qu'apporte dans

La pesanteur spécifique la fusion plus ou moins forte, j'ai fondu, à des degrés de chaleur sensiblement différens, des alliages au même titre; et j'ai constamment remarqué dans ceux qui avaient été exposés au feu le plus violent, une pesanteur spécifique plus grande que dans ceux qui avaient éprouvé seulement le degré de chaleur nécessaire pour les faire couler.

Les premiers, examinés à la loupe, présentaient un grain très-fin et régulièrement disposé; leur couleur était uniforme, et la combinaison paraissait complète jusque dans les plus petites molécules visibles. Le grain des seconds était plus gros et moins régulier: on apercevait aisément des globules d'étain séparés; qui annonçaient une combinaison imparfaite.

On conçoit, d'après ces seules différences, comment, même avec l'alliage le plus convenable, il est possible de faire de mauvaises pièces, si le métal n'a pas eu une fusion assez forte.

Lorsqu'on se sert d'une pièce dans laquelle l'étain et le cuivre sont mal combinés, la chaleur de l'explosion fait fondre les globules d'étain séparés: il en résulte de petites chambres; s'il y a une suite de globules contigus, elles s'agrandissent, rendent le service de la pièce fort dangereux, et entraînent bientôt son entier dépérissement.

Pour pouvoir comparer les pesanteurs spécifiques des essais précédens avec celles du métal des pièces, et celles des pièces entre elles, j'ai eu besoin d'un moyen qui fît connaître exactement le titre du bronze sur lequel on opère: je me suis servi de la précipitation spontanée de l'étain dissous

dans l'acide nitreux. Pour éprouver l'exactitude de ce procédé, j'ai mis dans de l'acide nitreux très-pur, 112 grains de bronze, composés de 100 grains de cuivre et 12 grains d'étain: j'étais sûr de ces proportions, puisque l'essai dont les 112 grains étaient tirés, avait été fondu de manière que la différence des poids, avant et après la fonte, n'était que d'un demi-grain sur une masse de 672 grains. En chauffant la dissolution, j'ai accéléré la décomposition de l'acide et la précipitation de l'oxide d'étain, que j'ai retiré en filtrant, et qui, bien lavé et séché, pesait 15 grains; mais l'étain, en se combinant par la voie humide avec l'oxigène, augmente de 23,55<sup>tt</sup> par quintal: il faut donc, pour avoir la quantité d'étain contenue dans les 15 grains d'oxide, les multiplier par la fraction  $\frac{100}{123,55} = 0,8$ , à très-peu de chose près: le résultat est 12 grains, quantité d'étain contenue effectivement dans le bronze dissous.

La même opération répétée sur 106 grains de bronze, composé de 100 grains de cuivre et 6 d'étain, a fourni, après les manipulations nécessaires, 7,3 grains de chaux d'étain: multipliant par 0,8, on a 5,84, quantité trop peu différente de 6 pour donner des erreurs dangereuses dans l'estimation du titre du bronze. Je me suis servi de ce procédé sur un grand nombre d'alliages dont le titre m'était exactement connu, et je n'ai jamais eu d'erreur plus forte que la précédente.

Il faut, comme je l'ai dit, employer de l'acide nitreux très-pur, parce que s'il contenait quelques portions d'acide muriatique ou vitriolique, il resterait un peu de chaux d'étain en dissolution.

Après m'être assuré de l'exactitude de ce moyen, j'ai mis en dissolution 60 grains de bronze d'un essai tiré d'un grand fourneau contenant 50 milliers quelques momens avant de couler. J'ai obtenu 4,75 gr. de chaux d'étain, qui, multipliés par 0,8, donnent 3,8; les 60 grains de bronze étaient donc composés de 56,2 grains de cuivre et 3,8 grains d'étain, ce qui répond à 100 de cuivre et 6,76 d'étain.

D'un autre côté, la pesanteur spécifique de ce morceau, déterminée fort exactement, était 8,61; l'augmentation de pesanteur spécifique, calculée d'après la formule, est donc 0,02.

Maintenant, si l'on compare cet essai avec le 2 et le 3 du tableau, entre lesquels il tombe, on verra que dans ceux-ci la pesanteur spécifique est plus considérable: par conséquent, les pièces faites avec le métal d'où cet essai a été tiré, n'ont pas la densité qu'elles pourraient avoir; d'où suit une combinaison moins intime, signe d'une fusion trop faible.

En réunissant ainsi l'examen de la pesanteur spécifique et la connaissance du titre, j'ai comparé beaucoup d'essais tirés de grandes masses en fusion, soit entre eux, soit avec ceux que j'ai faits; j'ai observé constamment un excès de pesanteur spécifique dans ceux-ci, et souvent des différences remarquables entre les pesanteurs spécifiques et le titre de plusieurs essais tirés de la même masse, mais à différens endroits du fourneau.

Ce travail continué donnera des éclaircissemens sur le dépérissement si prompt de certaines pièces, et sur les inégalités considérables observées entre des pièces d'une même coulée. La comparaison

des pièces qui ont subi de longues épreuves sans s'altérer, avec celles qui ont été de bonne heure hors de service, fera voir probablement que c'est au défaut de densité et à la combinaison imparfaite provenant d'une trop faible fusion, qu'il faut attribuer l'infériorité des dernières.

Les proportions convenables à observer dans l'alliage pour faire de bonnes pièces, n'ont encore été déterminées par aucune expérience. Le bronze le meilleur est sans doute celui qui, avec la ténacité suffisante pour résister à l'explosion dans tous les cas, aura la plus grande dureté possible.

En faisant attention que, dans le bronze, à mesure que la dureté augmente, la ténacité diminue, on voit qu'une fois le point de ténacité convenable fixé, le degré de dureté correspondant est le seul qu'on puisse attendre: au-dessus de ce point, on aurait plus de dureté, mais une ténacité trop faible; et au-dessous, avec une ténacité surabondante, on manquerait de la dureté nécessaire.

Jusqu'ici les pièces n'ont pas manqué par défaut de ténacité; l'effort extraordinaire qu'elles supportent dans les épreuves à double et triple charge, indique au contraire qu'elles en ont trop: et cette surabondance est nuisible, puisqu'elle est aux dépens de la dureté nécessaire à leur conservation. Pour trouver donc le point de ténacité convenable, il suffit de faire quelques pièces avec des alliages dont les ténacités iraient en diminuant peu à peu, et de les tirer à charge ordinaire dans le cas le plus défavorable que le service puisse présenter, par exemple, échauffées à 30 ou 40 degrés: la pièce voisine de celle qui n'aura pas résisté, sera sans

doute la plus convenable, et les proportions de l'alliage qui la composent seront celles qu'il faut adopter.

Des expériences de cette nature n'étant point à la disposition de tout le monde, on ne peut que les indiquer.

Les proportions de l'alliage une fois fixées, les épreuves de réception des pièces doivent se réduire à ces deux points :

1.° Chercher, par la séparation des métaux, si le titre est égal en différens endroits de la pièce, et s'il est conforme à celui qui est ordonné;

2.° Déterminer, par la pesanteur spécifique, si la densité est aussi forte qu'elle peut l'être.

Si la pièce ne remplit pas ces deux conditions, elle sera mauvaise infailliblement.

Si l'alliage est mal proportionné ou inégalement réparti, elle aura trop peu de dureté ou trop peu de ténacité, ou bien un défaut d'homogénéité nuisible à sa bonté.

Enfin si la pesanteur spécifique est trop faible, on conclura ou que la fusion a été trop faible, et pour lors la combinaison est imparfaite; ou qu'il y a des chambres considérables: dans les deux cas, elle doit encore être rejetée.

Il est aisé de voir que cette méthode donnera des résultats plus concluans pour la bonté des pièces, que les épreuves actuelles: leur décision est incertaine, puisque des pièces, après y avoir passé, ont été depuis reconnues incapables de suffire au service qu'on doit en attendre.

*De la fusion.*

On a proposé, pour obtenir une plus forte fusion, de diviser les masses énormes que l'on fond dans le même fourneau, entre plusieurs petits fourneaux échauffés au charbon de terre, et capables de contenir chacun 2 ou 3 milliers. Par cette méthode, on aura encore l'avantage de pouvoir fondre, en six heures au plus, ce qui en demande actuellement jusqu'à vingt-quatre. Les expériences qui doivent se faire cet été décideront sur la bonté de ce projet.

Lorsque l'on refond de vieilles pièces, on a soin de les mettre les premières dans le fourneau, parce que, se fondant plus facilement que le cuivre seul, elles facilitent la fusion du métal qu'on y jette après. Quelques fondeurs pensent que l'étain qu'elles contiennent, se volatilise pendant la longue durée de la fusion, et qu'il faut en mettre, avant de couler, autant que si elles n'en contenaient pas.

D'autres tiennent compte de l'étain qui est déjà dans le bronze qu'ils refondent, et n'ajoutent que ce qui est nécessaire pour mettre la masse au titre ordonné.

Pour m'assurer, autant qu'il m'était possible, des changemens qu'une longue fusion peut occasionner dans les proportions de l'alliage, j'ai fait fondre séparément deux morceaux de bronze dont le titre était pour l'un 12 d'étain sur 100 de cuivre, et pour l'autre, 8 d'étain aussi sur 100 de cuivre. A compter du moment où ils sont devenus fluides, je les ai soumis, pendant trente minutes, à la plus forte fusion: leur surface était en contact avec l'air; une partie s'est calcinée, et les restes, examinés par la

dissolution , se sont trouvés au même titre qu'au-paravant.

Je ne conclurai pas que tout se passe de même dans la fusion en grand ; la durée de la fusion et l'augmentation de la masse peuvent apporter quelques changemens : on voit cependant qu'il est nécessaire de faire cette expérience dans des circonstances convenables , pour connaître si l'étain déjà contenu dans le bronze que l'on refond , est à négliger ou non ; autrement ce n'est que par hasard qu'on peut arriver aux proportions que l'on veut mettre dans l'alliage.

*Du refroidissement.*

Quelques parties d'étain séparées , observées dans certaines pièces , ont fait conclure que , par le refroidissement , l'étain abandonnait le cuivre , et qu'il fallait substituer à la méthode actuelle de couler les pièces massives , celle de les couler à noyau , parce que , dans ce cas , l'épaisseur du métal étant moindre , le refroidissement est plus prompt et empêche la séparation. Comme cet effet peut être aussi-bien attribué audéfaut de combinaison qu'occasionné une fusion trop faible , et que d'ailleurs les raisonnemens qui soutiennent ce projet ne sont appuyés sur aucune expérience , il est nécessaire , avant de revenir sur un procédé abandonné depuis long-temps à cause des grandes difficultés qu'il présente dans la pratique , de s'assurer de ce qui arrive à l'étain pendant le refroidissement : le moyen en est fort simple. Que l'on fonde dans un creuset un quintal de bronze allié suivant les proportions suivies ordinairement pour les pièces : si , après avoir fait éprouver à cette

masse une fusion très-forte , et l'avoir laissé refroidir lentement , on la divise en tranches perpendiculaires à sa hauteur , il est certain ,

1.<sup>o</sup> Que si l'étain se sépare et monte à la surface , la première tranche en contiendra plus que la seconde , et ainsi de suite ;

2.<sup>o</sup> Que si l'étain , à cause de sa fusion plus facile , s'accumule au centre , qui se refroidit le dernier , le centre de chaque tranche en contiendra plus que les parties qui avoisinent la circonférence.

Dans le cas où ces suppositions auraient lieu , la promptitude du refroidissement est le seul moyen qui puisse fixer dans le cuivre l'étain qui lui donne la dureté nécessaire.

Si l'on trouve au contraire le titre égal par-tout , et la pesanteur spécifique plus forte que dans les pièces actuelles , il faudra conclure que les séparations observées étaient dues à la faiblesse de la fusion , et qu'il est inutile d'abandonner la méthode actuelle de couler massif , qui est d'une exécution facile pour la construction du moule , et avec laquelle on n'a jamais à craindre l'excentricité de l'ame de la pièce , qui est occasionnée souvent , de l'autre manière , par le noyau qui se déjette à cause de sa trop grande portée.

Si l'étain monte à la surface et se sépare , il entraînera probablement avec lui une portion du cuivre , et le cuivre retiendra une partie de l'étain ; de sorte que le mélange se divisera en deux autres , suivant deux conditions-différentes de saturation , comme *Bergmann* l'a observé dans l'alliage du fer et de l'étain. L'alliage ne sera homogène que lorsque les deux métaux seront unis ensemble dans

une des deux proportions nécessaires pour la saturation. Ces deux points examinés avec exactitude dans le mélange du cuivre et de l'étain, fourniront sans doute des applications utiles à l'art de la fonte des pièces, dont les manipulations ont besoin d'être éclairées, et qu'il est important, pour le bien et la sûreté du service, de régler d'après des principes certains.

---



---

## TABLE DES MATIÈRES

contenues dans ce Numéro.

- MÉMOIRE* pour servir à l'histoire naturelle du département de la Loire, ou du ci-devant Forez; par le C.<sup>en</sup> Passinges..... Page 813.
- ESSAI* sur la topographie minéralogique du ci-devant district de Laon, et d'une partie de celui de Chauny, où se trouvent la Fère et Saint-Gobain; par le C.<sup>en</sup> F. Lemaistre..... 853.
- OBSERVATIONS* sur la fonte des pièces de canon; par le C.<sup>en</sup> André Briche..... 879.
-