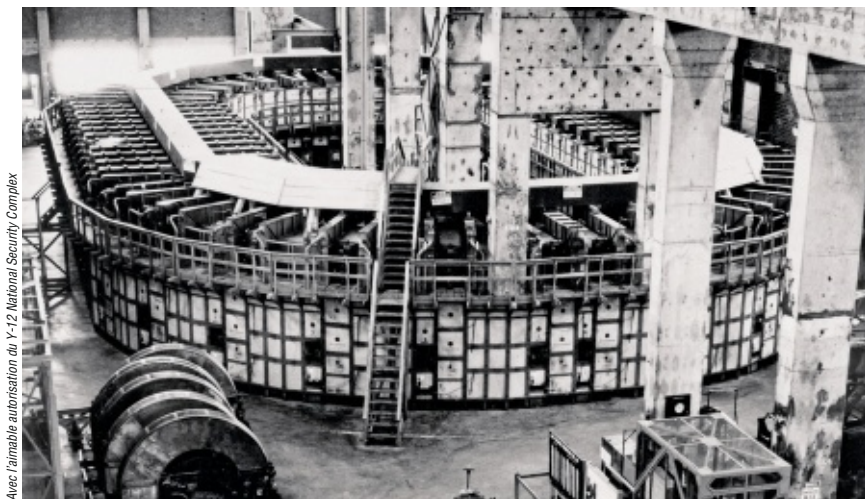
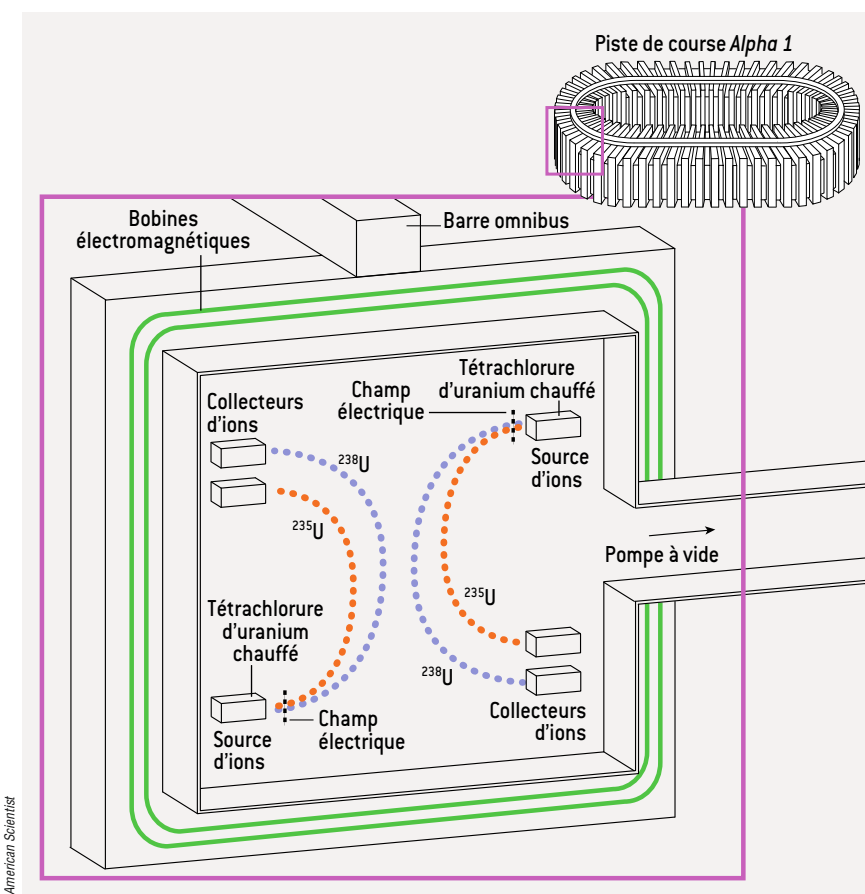




Avec l'aimable autorisation du Y-12 National Security Complex

2. À L'USINE Y-12, LES CALUTRONS, enceintes qui, à partir d'uranium naturel, séparaient l'uranium fissile (^{235}U) nécessaire pour fabriquer la bombe de l'uranium non fissile (^{238}U), étaient groupés en énormes « pistes de course » pour optimiser la production.



American Scientist

3. DANS UN CALUTRON, du tétrachlorure d'uranium était vaporisé par chauffage, ce qui créait des ions de charge positive. Accéléré par un champ électrique, le faisceau d'ions pénétrait dans une enceinte à vide où il était courbé par le champ magnétique créé par un solénoïde – une bobine d'argent parcourue d'un courant. L'uranium 238, de masse atomique légèrement supérieure à celle de l'uranium 235, conduit à une trajectoire moins courbe que l'uranium 235, ce qui sépare les deux isotopes.

moins. Par exemple, pour trier les ions de tétrachlorure d'uranium, le champ magnétique doit être parfaitement uniforme. En outre, une grande proportion d'ions s'écrasent sur les parois internes des enceintes et doivent être récupérés en raclant les parois. Dès lors, le rendement de collecte n'est que d'environ dix pour cent. Par ailleurs, les variations thermiques des vitesses initiales des faisceaux. Et pour compliquer encore les choses, la différence de masse entre les deux isotopes est si faible (un pour cent), que leur séparation nécessite un champ magnétique extrêmement puissant. Enfin, les faisceaux ioniques, de même charge, se repoussent l'un l'autre, ce qui écarte leurs trajectoires des courbes idéales. Cet effet limite la production à 100 milligrammes d'uranium 235 par enceinte et par jour. Pour produire les 50 kilogrammes nécessaires pour une bombe atomique, Y-12 doit ainsi s'équiper de plus de 1 000 enceintes, dont la plupart contiennent plusieurs sources d'ions.

1 152 enceintes à construire

Début 1943, Groves autorise la construction de cinq unités d'enrichissement *Alpha-I*, contenant chacune 96 enceintes (et bobines) carrées. Les enceintes sont empilées en configurations ovales nommées « pistes de course » (voir la figure 2). Mais les enceintes situées dans les coudes des pistes sont difficiles à réguler. À l'automne 1943, quatre pistes de course *Alpha-II*, rectangulaires cette fois, sont ajoutées au dispositif, contenant également 96 enceintes et utilisant des bobines en forme de D. Les dispositifs *Alpha* ne fournissant un enrichissement en uranium 235 que de 15 pour cent, Groves approuve en outre la construction de huit unités *Bêta*, plus petites, qui enrichissent à leur tour l'uranium sorti des unités *Alpha* pour atteindre 90 pour cent, la qualité militaire requise pour la bombe (la dernière unité *Bêta* n'entrera en service qu'une fois la guerre terminée, fin 1945). Finalement, les neuf unités *Alpha* et les huit *Bêta* contiennent un total de 1 152 enceintes.

C'est là qu'entre en jeu l'argent du ministère des Finances. Le métal est nécessaire pour produire les bobines des solénoïdes géants des calutrons. Dans les unités *Alpha*, compte tenu de la vitesse que l'on peut donner aux ions, si l'on veut séparer d'au moins un centimètre les trajectoires des deux isotopes, les solénoïdes doivent engendrer un champ magnétique d'intensité suffisante pour imposer aux ions des trajectoires d'environ trois mètres de diamètre. Ce sera donc la taille des bobines, qui, avec 30 enroulements chacune, devront être alimentées d'un courant de 30 000 ampères pour fournir le champ requis. Au pic de son activité, durant l'été 1945, le site de Clinton Engineer Works consummera ainsi environ un pour cent de toute l'électricité produite aux États-Unis, dont une grande partie circule dans les bobines d'argent des unités d'enrichissement.

Le ministre de la Guerre Henry Stimson fait officiellement la demande de cet argent dans une lettre au ministre des Finances Henry Morgenthau le 29 août 1942, indiquant que le projet « est d'une nature très secrète ». Sa lettre stipule que l'argent doit être titré à 0,999, qu'il restera aux États-Unis, et que tout le métal précieux reçu par le Département de la Guerre sera restitué en quantité, forme et titre identiques à l'endroit d'où il aura été prélevé. La date limite de restitution est fixée à cinq ans après réception, à moins qu'une notification écrite du Trésor raccourcisse ce délai pour des raisons connexes aux besoins monétaires des États-Unis. Stimson assure Morgenthau que le métal ne sera utilisé que dans des usines du gouvernement.

Le Département de la Guerre retire au total plus de 400 000 lingots d'environ 31,1 kilogrammes d'argent titré à plus de 0,999 (moins de 1 pour 1 000 d'impuretés) du dépôt de métaux précieux de West Point, dans l'État de New York. Le 30 octobre 1942, les premiers lingots sont transportés par camion une centaine de kilomètres au Sud, jusqu'à une installation de la *U.S. Metals Refining Company*, à Carteret, dans le New Jersey. Le jour suivant, l'usine commence à couler les lingots en billettes, de longues barres cylindriques moulées pesant environ

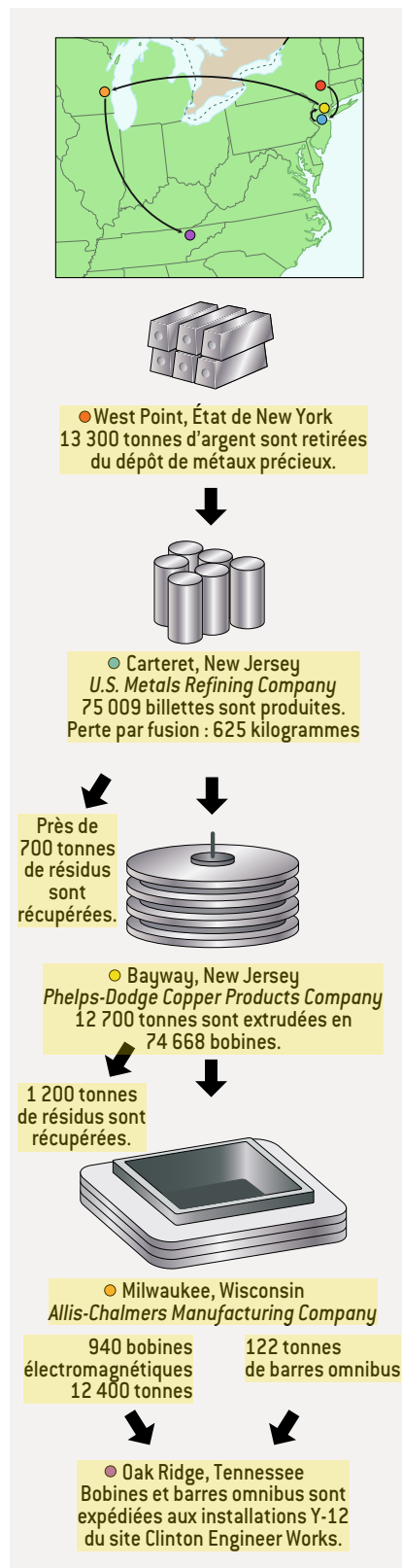
180 kilogrammes chacune. En janvier 1944, un peu plus de 75 000 billettes ont été coulées, pour une masse totale approchant les 14 000 tonnes. Ce poids dépasse les quelque 13 000 tonnes retirées du Trésor, car avant le coulage des billettes, les machines, outils, hauts-fourneaux, ateliers et zones de stockage de l'usine de raffinage ont été démantelés et raclés pour récupérer les résidus d'argent accumulés précédemment.

Même les bleus de travail des ouvriers ont été passés à l'aspirateur. Des gardes armés vérifient à chaque étape que toutes les ébarbures ont été récupérées. La récupération des résidus d'argent est si efficace que près de 700 tonnes seront recueillies à Carteret et restituées au Trésor en plus de l'argent emprunté. À cela s'ajouteront 1 200 tonnes, récupérées dans l'usine de fabrication des bobines. Le total est bien supérieur à la quantité d'argent empruntée au Trésor qui n'a pu être restituée (cinq tonnes perdues au fil des différentes étapes de transformation des lingots en bobines).

Le périple secret des 400 000 lingots

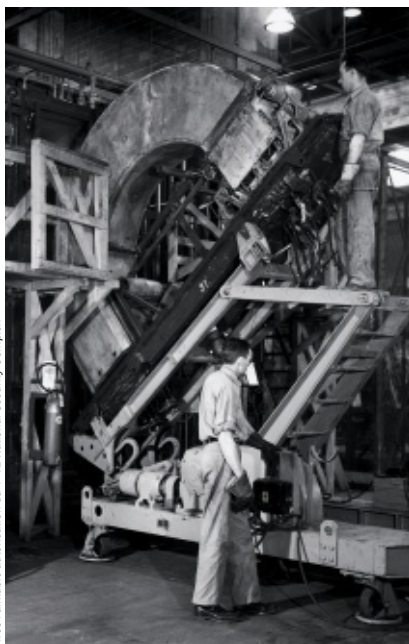
Une fois coulées, les billettes sont acheminées par la route quelques kilomètres plus au Nord, jusqu'à une usine de la *Phelps Dodge Copper Products Company* de Bayway, toujours dans le New Jersey. Là, elles sont chauffées et extrudées en bandes de 8 centimètres de large, 15 millimètres d'épaisseur et 12 à 15 mètres de long. Après refroidissement, les bandes sont laminées à froid pour obtenir différentes épaisseurs selon les spécificités des diverses bobines d'aimants requises, puis façonnées en bobines serrées de la taille de gros pneus de voiture.

4. DES LINGOTS D'ARGENT du Trésor aux aimants de l'usine Y-12, la route était longue : transportés par camions du dépôt de West Point, dans l'État de New York, à une usine du New Jersey, ils étaient fondus en billettes, puis extrudés en bobines dans une usine voisine, avant d'être acheminés par train dans le Wisconsin, où les bobines électromagnétiques destinées au projet Manhattan étaient enfin produites. Ainsi, 940 électroaimants furent construits et transportés en train jusqu'au site Y-12.



Plus de 74 000 bobines sont produites. La plupart sont expédiées dans le Wisconsin pour la fabrication des aimants, mais quelque 120 tonnes sont envoyées directement à Oak Ridge pour être façonnées sur le site en près de 9 000 « barres omnibus » – des barres conductrices qui alimentent les solénoïdes en courant. Durant leur manufacture, des gardes armés, munis de morceaux de papier, rattrapent la poussière d'argent produite lors de l'usinage des pièces pour qu'il soit refondu et réutilisé.

Les bandes de bobine sont acheminées par rail du New Jersey au Wisconsin, par chargements de six wagons scellés et gardés 24 heures sur 24. À la *Allis-Chalmers Manufacturing Company* de Milwaukee, les bobines sont déroulées et assemblées avec des soudures à l'argent pour former des bobines plus longues, puis enfin enroulées autour des corps de bobine en acier des boîtiers d'aimants. Entre février 1943 et août 1944, 940 aimants sont enroulés. Chacun contient en moyenne environ 13 tonnes d'argent. Ces aimants sont alors acheminés jusqu'à Oak Ridge dans des wagons plats.



6. UN OUVRIER retire une enceinte d'un calutron du site Y-12 afin d'en extraire l'uranium. Les ouvriers devaient racler les parois des enceintes pour récupérer l'uranium qui n'avait pas atteint les collecteurs d'ions.



5. LE GOUVERNEMENT AMÉRICAIN avait embauché de jeunes bachelières pour faire fonctionner les calutrons sur le site Y-12. Les jeunes femmes étaient formées à surveiller les compteurs et à régler les cadrans, mais on ne leur avait pas dit ce que produisaient les calutrons.

La première piste de course *Alpha* entre en service le 13 novembre 1943, mais son exploitation initiale est de courte durée : les bobinages entrent en court-circuit parce qu'ils sont trop serrés et que de la matière organique a contaminé une huile isolante. L'exploitation est suspendue, et 80 aimants *Alpha-1* sont renvoyés à Milwaukee pour qu'ils soient réusinés. La deuxième piste *Alpha* entre en service le 22 janvier 1944, et la première est reconstruite le 3 mars. Fin janvier 1945, neuf pistes de course *Alpha* contenant 864 calutrons et six pistes *Bêta* contenant 216 calutrons fonctionnent dans huit gros bâtiments du complexe Y-12.

De la bombe *Little Boy* à... la médecine

L'isotope 235 s'accumule peu à peu à Oak Ridge. En avril 1945, les installations Y-12 n'ont produit que 25 kilogrammes d'uranium de qualité militaire et, toutes méthodes d'enrichissement confondues (d'autres méthodes ont été développées sur d'autres sites), les quantités augmentent d'environ 200 grammes par jour. À la mi-juillet, les installations ont produit un peu plus de 50 kilogrammes. À ce stade, Y-12 a consommé environ 1,6 milliard de kilowattheures d'électricité, soit à peu près 100 fois l'énergie libérée par *Little Boy*, la bombe larguée sur Hiroshima le 6 août 1945. Presque chaque atome d'uranium 235 entrant dans la confection de *Little Boy* provient des calutrons de Lawrence. Fin 1946, la production cumulée de Y-12 s'élève à un peu plus de 1 000 kilogrammes d'uranium 235, l'équivalent d'environ 15 bombes d'Hiroshima.

Fin 1946, la méthode de séparation de l'uranium par diffusion gazeuse obtient un bien meilleur rendement que le processus électromagnétique, si bien que l'enrichissement de l'uranium est arrêté en décembre dans tous les bâtiments de Y-12, sauf un. Mais c'est seulement le 1^{er} juin 1970 que le dernier lingot d'argent du projet Manhattan est restitué à West Point, quelques semaines avant la mort de Groves : certains calutrons de Y-12 sont restés en service, utilisés pour d'autres éléments du tableau périodique.