

La Bakélite. ?....

Tout le monde en a entendu parler...voire admiré les magnifiques 'carrosserie' des Ekco AD36 ou autre Sonora 301, de beaux livres leur étant d'ailleurs consacrés.

Pour en savoir plus, rien de tel que le 'net'...en particulier 'Wikipédia...enfin presque, car une fois évoqués son origine, son développement, sans oublier un bon zeste de chimie, on n'est guère plus avancé sur la mise en œuvre de cette alchimie moderne

Du côté des bibliothèques, on trouve plus l'évolution de la production industrielle que celle des débuts, avec une technique en devenir et pas mal de main d'œuvre..

Alors, le plus simple est de revenir au milieu des années 1920 où la Bakélite accompagne le développement de la t.s.f.,

Cela commence par la fabrication d'un *moule à mains* en acier, seul métal pouvant résister aux contraintes 'pression-température', répétées de très nombreuses fois, pour réaliser quantité de boutons de commande, supports ou culots des lampes.



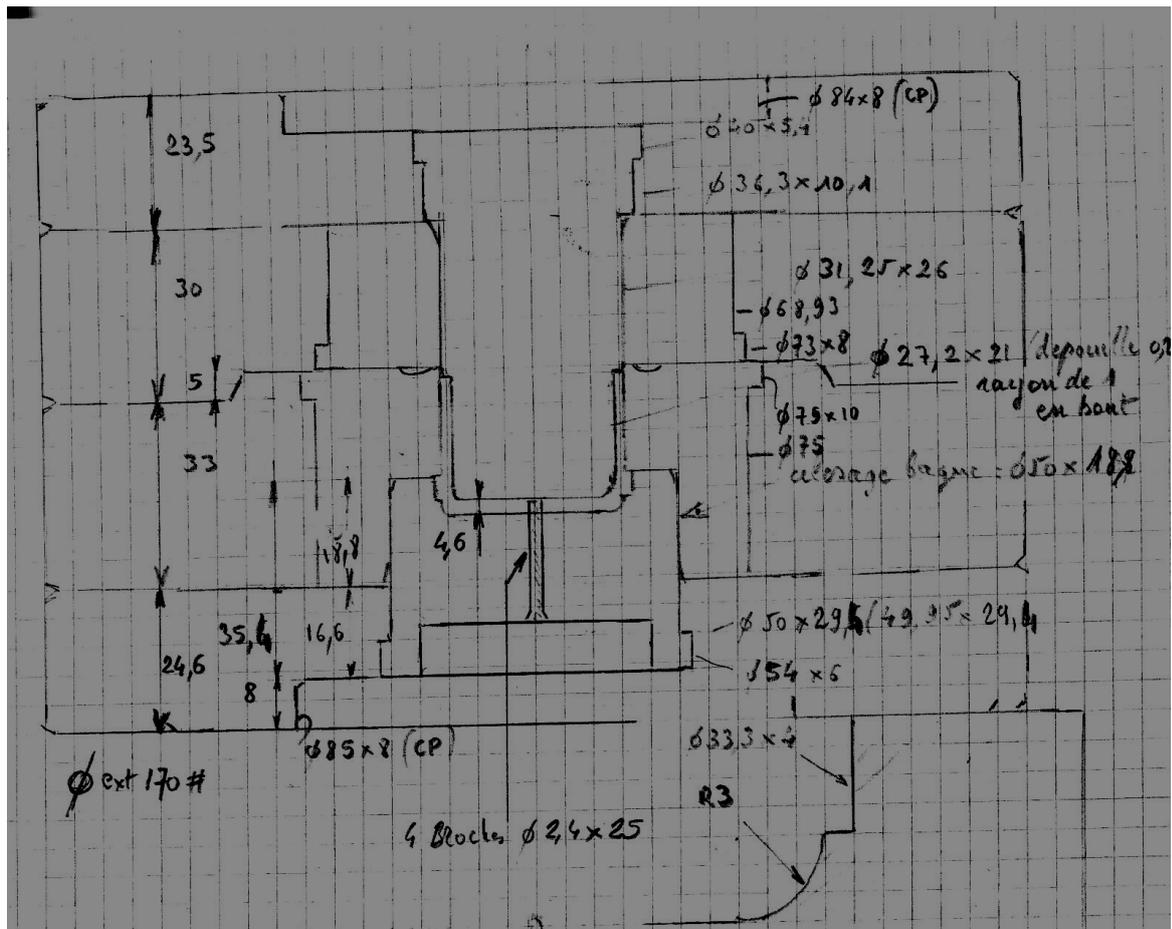
Ce sont ces derniers qui seront pris comme exemple...obtenus du moule de la photographie qui, accompagné de quelques accessoires, témoigne d'une technique centenaire.



Une fois les divers éléments séparés au moyen de *pincés de moule*, introduites dans les encoches entre plaques, on note la présence de ‘doigts’ métalliques, les *goujons*, assurant le positionnement précis des diverses plaques.



On retrouve cela sur un dessin bien ‘évaporé’ après plusieurs dizaines d’années, qui a néanmoins retrouvé un peu de vie avec le secours d’un traitement d’image



Au sommet, une plaque, épaisseur 23,5 mm, munie du *piston de compression*... chargé de refouler la matière première vers le bas du moule, au centre sur la photographie

Ensuite une plaque épaisseur 30 mm, avec une simple bague, *la chambre de compression*, dans laquelle le piston va coulisser avec un jeu aussi réduit que possible.

En dépit de son apparente simplicité, ce qui ressemble à un simple trou, a une fonction très importante : loger temporairement la poudre à mouler car, telle que fournie par les fabricants (Sociétés *la Bakélite...Huile goudron et dérivés*), elle représente un volume nettement plus important que celui, une fois comprimée, de la future pièce moulée.

Ce *foisonnement*, qui peut largement dépasser un doublement du volume, dépend de la taille du *grain* de la Bakélite de base, entre sable fin et farine de blé, et arriver à six fois avec une addition de fibres textiles....on contourne le problème avec cette chambre

Avec 33 mm, la troisième plaque reçoit *l'empreinte*, qui, dans le cas présent va produire la forme extérieure de la pièce moulée.

Pour terminer, 24,5 mm pour la dernière plaque dite *porte broches* ; celles-ci réalisent les trous recevant ultérieurement les broches vissées ou serties sur le culot

A ce stade on peut s'interroger sur l'épaisseur des diverses plaques qui, bien que du même diamètre, ici 170 mm, ont des valeurs sans grand rapport avec les éléments internes.

En fait, à cette époque, il est courant de réutiliser une *carcasse de moule* pour y placer de nouveaux éléments, après exécution d'une série de pièces, ou abandon d'un modèle.

Le démontage du trio piston-chambre-empreinte dans un moule, pour le remplacer par un autre, demande une dizaine de minutes tout en réalisant de substantielles économies.

Noter que les divers éléments ne sont pas fixés par des vis, mais simplement insérés dans leur logement...afin d'éviter leur arrachement éventuel à l'ouverture du moule, une collerette augmente le diamètre de quelques millimètres à l'opposé du sens d'ouverture.

Ici, les éléments prévus pour des tubes genre A409, diamètre intérieur 30, ont cédé la place à un culot de 25 mm intérieur...après démontage, on les retrouve sur une photographie montrant que le principe d'éléments interchangeable n'est pas limité au moulage de la Bakélite.



La fabrication d'une carcasse neuve demandant une vingtaine d'heures, il est logique de trouver de quoi 'accommoder les restes' parmi des dizaines ou centaines de moules.

Le moment est venu de passer au moulage proprement dit....

Le moule amené à la bonne température, vers 150-170°, variant un peu avec le poids ou la nuance de la matière...la poudre dans la chambre...on ferme partiellement, le haut du moule avant de le glisser entre les plateaux de la presse....

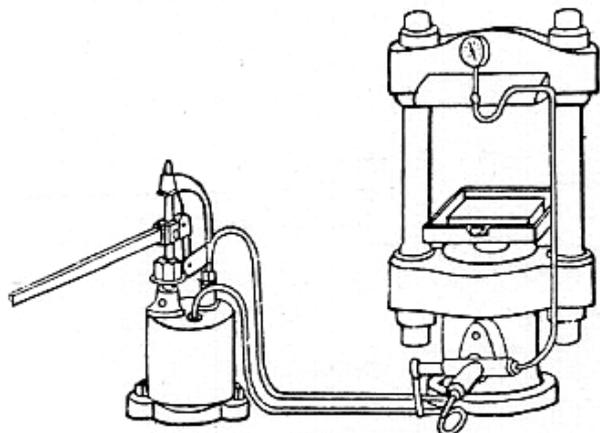
Le terme 'glisser' a son importance...impossible en effet de 'porter' à bouts de bras un objet assez lourd, ici une vingtaine de kilos, qui plus est très chaud.

Le poste de travail est aménagé pour amener au même niveau l'établi, généralement recouvert d'une plaque métallique facilitant ce 'glissement', avec la presse dont on limite la descente par une cale.

Pourquoi descente...simplement parce que, dans la majorité des cas, c'est le plateau inférieur qui est mobile, montant sous la pression d'une pompe, avant de descendre par son simple poids une fois la pression annulée.

Le dessin, extrait de l'encyclopédie Quillet 1930, donne une bonne image de l'ensemble *pompe à mains et presse* (Sociétés Emidecau – Darragon) qui sera quasiment un standard dans les années 1930, les choses s'étant stabilisées après une décennie d'innovations.

La pompe, avec son long levier de manœuvre, nous renvoie à ce qu'aurait dit Archimède concernant un levier et le monde...enfin presque.



Il reste qu'avec le principe du rapport entre effort sur le levier et déplacement, plus réduit, d'un piston, un ouvrier arrivait à produire des pressions de 100 voire 150 Kg par centimètre carré.....

En fait le piston de la pompe se compose alors de deux éléments coaxiaux, un piston de 'gros' diamètre, par exemple 60 mm, et, au centre, un 'petit' piston de 12 ou 15 mm.

Dans un premier temps, les deux pistons sont solidaires et le débit de l'ensemble fait se refermer le moule suite à la remontée du plateau inférieur de la presse.

Assez rapidement la pression remonte dans le moule, la poudre, simplement comprimée, refusant, en l'état, de remplir l'empreinte.....

On arrive au moment critique de l'opération de fermeture....la poudre, comprimée, monte rapidement en température au contact des parois du moule et commence à se fluidiser....ce qui fait redescendre la pression....avec 'ressenti' par l'opérateur qui, rapidement, sépare la liaison des deux pistons...le petit restant seul en action...il reste alors à *suivre* la matière, devenue fluide...ce point conditionne la réussite de la fermeture...juste assez de pression, ni trop, ni pas assez, juste suivre la matière pour arriver en une dizaine de secondes à la fermeture totale du moule...accompagnée d'une montée verticale de la pression au moment où les plaques du moule se rejoignent...

Peu avant, dans les derniers millimètres de la fermeture, la pression dans l'empreinte peut monter à un niveau anormal si un excédent de matière a été introduit dans le moule...mauvaise pesée, variation du 'grain'...c'est alors qu'intervient la *grouve* .

Francisation du 'groove' Anglais, sillon, rainure, que l'on devine en sortie de la plaque de gauche sur la photographie, petit croissant de lune sur le dessin.

C'est ici que le trop plein de matière trouvera sa place, réalisant ainsi une régulation de la pression....une analogie, sans plus, avec la loi de Mariotte, pression x volume = constante.

On retrouve ce principe avec les 'événements' pratiqués dans les moules pour thermoplastiques...ménager une fuite pour l'air qui, fortement comprimé par la matière qui prend sa place, monte très fortement en température et 'brûle' cette matière...l'effet *Diesel*.,

On notera qu'il n'a pas été fait mention d'une quelconque pression lue sur un manomètre...le meilleur manomètre étant en fait la réaction du levier de la pompe, associée au savoir faire du mouleur....

La pompe utilisant l'eau comme fluide, on réalise le corps de pompe en bronze, ainsi que piston et clapets... joints d'étanchéité en cuir embouti....rustique et très efficace.

Ensuite, incontournable, le temps de cuisson, entre deux et cinq minutes, en fonction de l'épaisseur des parois...avant la dernière opération

Ouverture du moule, *démoulage*, ce dernier terme pouvant réserver quelques surprises.

L'ouverture est rapidement, obtenue grâce à la partie en forme de crochet des pinces de moule ...les différentes plaques, séparées en moins d'une minute, ne dépassent pas quelques kilos et sont aisément manipulable....ceci avec le concours des *manilles*, plaques en caoutchouc de 20 centimètres de côté, généralement découpées dans des chambres à air de roues de camions...elles ont la même fonction que le gant servant à sortir un plat chaud du four de la cuisinière..

Bien que le moule soit séparé des plateaux chauffants de la presse, la perte de température sera minime, quelques degrés par convection entre métal et air ambiant, avec remontée rapide, durant la cuisson, suite à la conduction thermique acier contre acier.

En outre, durant les opérations de démoulage ou rechargement du moule, les plaques ne sont jamais posées 'à plat' sur l'établi, mais 'sur chant', voire sur le bout des goujons ainsi que le montre la plaque centrale de la photographie.

Il convient ici de rendre hommage à des ouvriers dont la dextérité permettait de manipuler, des heures durant, des objets très chauds....sans jamais se brûler ...

Et la pièce moulée dans tout cela.....

En principe elle remonte, solidaire du piston, avec la paire plaque porte piston-chambre de compression....d'autant plus facilement que le piston aura un diamètre constant sur toute sa longueur, alors que l'empreinte présentera une légère conicité facilitant le démoulage.

Ensuite la séparation des deux plaques va sortir le piston de la pièce moulée, la chambre de compression devenant *plaque dévêtisseuse* en bloquant la pièce contre sa face inférieure.

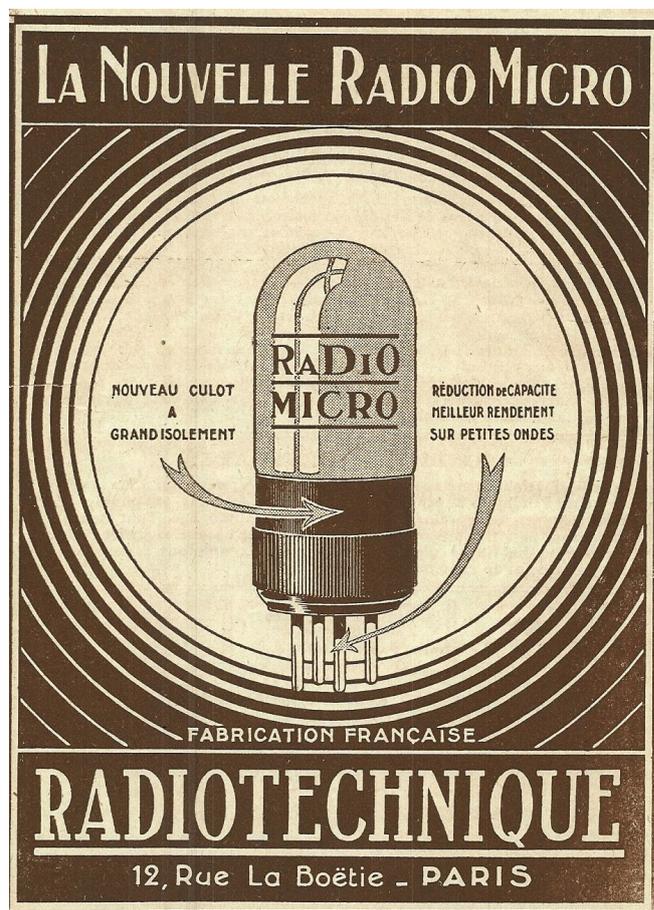
Malheureusement, dans le cas présent, cela ne marche pas....il y a, à la base du culot, une collerette qui s'oppose à la remontée évoquée ci-dessus....qu'importe, après remontée du piston on enlève la plaque porte broches ce qui libère la pièce

Dns les cas difficiles, on a recours a un *démouleur* la petite plaque carrée munie de broches de la photographie.....introduite dans le bas du moule, elle va repousser la pièce.,

Ce qui ne sort pas par le haut...sort par le bas...Triode universelle violette, bigrilles MX40 ou R83 présentent des variations du diamètre, ou cannelures, qui les font sortir par le bas du moule.

Pour les autres, un examen du diamètre extérieur, légèrement conique, montre clairement le sens du démoulage...l'utilisation, à bon escient, de cette conicité, la *dépouille*, reste toujours très modérée, deux dixièmes de mm sur la longueur d'un piston ou le 'creux' d'une empreinte...à contrario on a recours à quelques centièmes de *contre-dépouille* pour maintenir la pièce à l'endroit voulu....tout est affaire d'expérience.

Au passage, il faut insister sur le fait qu'une pièce correctement moulée n'a aucune tendance a adhérer, coller, au moule...au contraire, elle doit présenter un bel aspect, un vernis *la peau de moulage*.



Le moment est venu de voir le résultat....Janvier 1926, dans *La T/S.F Moderne* et *L'Onde Electrique* la première image d'un tube sur un culot en Bakélite....

Avec 'un grand isolement et réduction des capacités, en fait l'abandon de l'assemblage-sertissage d'une rondelle isolante dans un tube métallique.

La production de tubes devenant très importante, la réalisation du culot, en une seule opération, éventuellement muni de ses quatre broches surmoulées, était la solution...particulièrement avec des moules à plusieurs empreintes.

Néanmoins les tubes dotés d'un culot métallique figurent encore longtemps sur les publicités...la Société 'Métal' entr'autres.....

A ce stade on peut faire un premier bilan...tout d'abord un cycle de moulage entre cinq et sept minutes pour des objets de dimensions ou épaisseur comparables au culot de lampe...soit moins d'une centaine dans une journée de travail, d'où un coût assez important si on ajoute au prix de la main d'œuvre celui des fournitures (énergie et matière première) plus l'amortissement du moule.....a relativiser.....

A cette époque, obtenir un objet isolant électrique, pouvant présenter des trous pour assemblage ultérieur, voire des inserts métalliques, de dimensions reproductibles à l'infini...cela tenait du prodige comparé aux rares matériaux disponibles, bois ou ébonite, en conséquence acceptable pour des commandes de quelques centaines de pièces.

Par contre, pour des séries importantes, une fois le prototype d'une pièce complexe validé...copie à revoir pour réduire le prix de l'objet avec, en premier, le cycle de moulage et son temps de cuisson...que l'on contourne en augmentant le nombre d'empreintes qui, dans le même temps de cycle donneront deux, quatre, voire dix pièces....sans que le coût du moule soit forcément deux, quatre, dix fois plus élevé.

Impossible d'entrer ici dans le détail des discussions a ce sujet entre *mouliste*, client, chef d'atelier...un subtil équilibre entre investissement, amortissement....coût final

Le résultat est que l'on passe du moule à mains à celui pouvant dépasser la centaine de kilos et sera attelé, fixé, sur les plateaux de la presse, maintenant mise en action par un ensemble moteur électrique-pompe à huile (Société Gury) sans oublier un contacteur et, cette fois, un manomètre

Ce sont les fluctuations de son aiguille qui vont indiquer l'évolution de la pression sur la matière dans le moule...à nouveau il faut *suivre* la matière avec de brèves mise en route du moteur de la pompe...au grand dam du contacteur qui est, en ce temps là, d'une fiabilité incertaine...dernier point, avant d'être affecté à une presse munie d'un compresseur, un ouvrier devait avoir une bonne pratique de la 'pompe à mains'. le fameux 'ressenti' du levier..

Dans l'optique de la réduction des coûts de fabrication, la durée du cycle de moulage est en première ligne....avec la possibilité de gagner du temps sur le chargement de la poudre dans le moule.

Si préparer, durant la cuisson, par pesée ou remplissage d'un petit récipient, la quantité nécessaire au prochain cycle ne pose pas de problème pour une ou deux empreintes ; il n'en est pas de même pour une dizaine d'empreintes.

Première possibilité...la *pastille* obtenue par légère compression du volume de matière destinée à une empreinte...une presse automatisée, dédiée à la fonction, peut aisément fournir en quelques secondes une pastille suffisamment compacté pour être manipulée sans problème...reste ensuite à mettre cela dans les dix empreintes.

Autre approche, le *chargeur*...en fait une planche en bois, plus ou moins épaisse, munie d'autant de trous que d'empreintes....sous cette planche, une autre, nettement plus mince, fait office d'obturateur pouvant coulisser....après un remplissage généreux, passage d'une raclette pour évacuer l'excédent, reste a placer l'ensemble sur le moule et retirer l'obturateur....simple et rapide.

Plus tard arriveront les techniques d'injection-transfert, bien loin du 'moule à mains'.

Il reste encore la possibilité de réduire le temps de cuisson en préchauffant la matière avant son introduction dans le moule....plateau chauffant...lampes infra-rouge...chauffage en haute-fréquence, la matière placée entre les plaques d'un condensateur où elle sera le diélectrique....solutions plus ou moins efficaces, complexe et couteuse pour la dernière.

De plus cela impose un bon synchronisme entre le début du réchauffage et le chargement dans le moule...le moindre incident durant le démoulage du cycle en cours va

allonger la durée de réchauffage...on a alors une matière dont la fluidité oblige à une fermeture du moule plus ou moins délicate.

En pratique le préchauffage s'est montré très efficace en réduisant sensiblement le temps de cuisson de pièces dépassant quelques centaines de grammes en moule une empreinte, telles les 'carrosseries' des Ekco-Sonora

Le four à micro-ondes dégelant un plat surgelé aurait fait des merveilles...trop tard.

Dans le cas des moules attelés sur la presse il est peu pratique d'introduire un démouleur sous le moule, sauf à créer un espace entre plaques et presse, réduisant la transmission de chaleur depuis le plateau inférieur....on utilise alors un mélange de dépouille et contre-dépouille pour que, une fois libérée du piston, moule ouvert, la pièce sorte d'elle-même, grâce au *retrait de moulage* qui commence dès l'ouverture du moule.

Le petit démouleur aura sa revanche avec le moulage des thermoplastiques où il deviendra, incontournable, la *batterie d'éjection* poussée par un vérin hydraulique.

Autre élément, incontournable celui là...le régulateur de température

Faute de pouvoir associer une 'électronique' inexistante à ce moment, pas de sonde J, K, ou autre platine...on fait dans le simple mais efficace et, il faut le mentionner, un peu en avance sur de futurs composants plus 'modernes'.

Une 'cartouche', diamètre 15 mm par 200 de long, introduite dans un des plateaux de la presse est reliée au 'régulateur' par un bon mètre de tuyau en cuivre de petit diamètre...le tout rempli d'un liquide ayant un fort coefficient de dilatation

La suite est évidente...une capsule munie d'une paroi déformable va déplacer une aiguille sur un cadran gradué en température....ladite aiguille, encadrée par deux contacts réglables commande la mise sous tension ou l'arrêt des résistances chauffant les plateaux...un petit air des futurs relais 'sensitact'... Brion Leroux

Avec moteur électrique et pompe à huile, une presse 'moderne' peut, grâce à sa vitesse de fermeture, compenser un écart excessif entre les plateaux et le moule ...rien de tel pour la rustique pompe à mains.

Juste avant fermeture, il faut limiter au maximum l'espace entre le plateau supérieur et le haut du moule...un centimètre, sans plus, sauf à devoir actionner le levier de la pompe, avec ce que cela représente d'effort inutile.

La solution est très simple...suivant le dessin 'pompe-presse', la partie haute de la presse, le *sommier* est fixé sur les colonnes par quatre écrous, deux sur le dessus, deux dessous...

Avec un moule fortement serré entre les plateaux, par exemple 150 kilos au cm², les colonnes vont légèrement s'allonger, en particulier la zone entre les écrous qui est filetée, donc un peu moins résistantes que le corps, lisse, des colonnes.

Ceci libère les écrous sous le sommier qui vont être dévissés d'un ou deux tours.

Après élimination de la pression, le sommier descend de lui-même sur les deux écrous...ce qui libère ceux du haut ...la suite est évidente...la montée ou descente du sommier qui sera ensuite immobilisé à la bonne hauteur.

Ceci 'manuellement', sans intervention de la moindre clé, 'à molette,' Anglaise, six pans....juste un serrage d'une main 'ferme'....

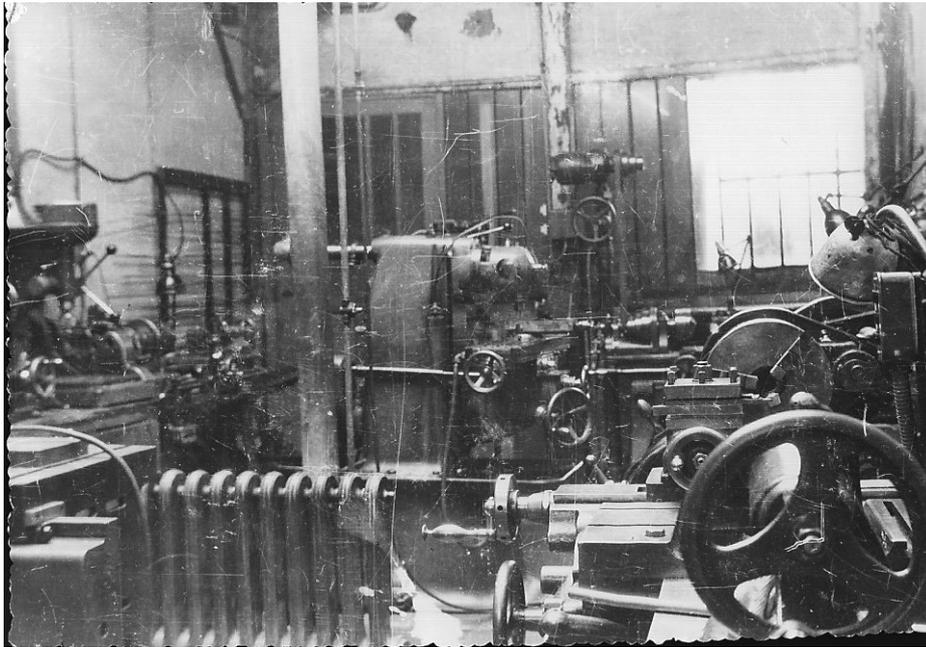
On retrouve cela sur les presses pour injection des thermoplastiques...plusieurs millimètres d'allongement sur des colonnes appliquant 200 tonnes à un moule....autrement deux cent voitures genre 'Mini' empilées.....

Retour au retrait de moulage...présent sur toutes les pièces en matière plastique, il est ici d'environ 0,6 %, pourcentage de majoration des dimensions du moule pour obtenir les cotes du plan de la pièce, ceci en quelques heures, du moins pour l'essentiel.

Un éventuel passage en étuve, vers 80°, débarrassera d'un possible *post-retrait* perturbant la stabilité dimensionnelle dans le temps.

Ultérieurement l'addition d'une charge de verre, jusqu'à 30%, en fibres plus ou moins longues (13 mm pour les Alkydes 446 Plaskon) va considérablement augmenter les caractéristiques tant mécaniques qu'électriques tout en réduisant à peu de choses le retrait.

Fabrication des moules.....



En ce temps là...pas de centre d'usinage, de commande numérique. Pour la fraiseuse *Gaston Dufour* ou le tour *Henri Ernault*, rien que des manivelles ...à tourner à la main.

On part de plaques d'acier brutes, le plus souvent recouvertes d'une croûte, laissée par le laminage, qui va mettre à mal les outils de coupe en acier 'rapide'...le 'carbure de tungstène' arrive début des années 1930 et, bien que couteux, augmente les vitesses de coupe.

Comme évoqué, ce travail fastidieux peut être évité si l'on réutilise la carcasse d'un moule existant.....autre possibilité, partir de plaques 'pré-usinées' par des spécialistes à des dimensions standardisées *Sté Rabourdin*...les 'goujons' et trous correspondants étant déjà en place, il reste à réaliser le cœur du moule, l'empreinte

Si le trio tour-fraiseuse-perceuse vient à bout de la majorité des problèmes, il reste certaines formes irréalisables en coordonnées x-y-z habituelles, particulièrement en creux dans l'empreinte.

Problème aggravé par le souhait d'obtenir un très bel état de surface, sans traces d'usinage, un aspect proche du 'poli miroir'...le vernis de la 'peau de moulage'

L'emboutissage d'un poinçon dans un acier malléable (relativement...) est la solution

:



Un premier exemple avec un gros bouton (pile AA pour l'échelle) dont le poinçon demande une bonne centaine de tonnes pour descendre dans une l'empreinte...qui gardera un très bel aspect, près d'un siècle plus tard, grâce à un dépôt de chrome.

Ensuite, plus modeste, le poinçon d'un 'bouton flèche' qui aura, sur de nombreuses années, une belle descendance...



les milliers de pièces, produites par six empreintes, pour manœuvrer les commutateurs des lampemètres Metrix 310, U61.....petit détail, la vis de fixation du type 'cratère', qui combine la pointe destinée à l'axe rond d'un potentiomètre, avec le méplat adapté à celui d'un commutateur

L'emboutissage cédera sa place à l'électro érosion qui modernise le principe.

Quelques mots sur les presses....

La gamme des différents constructeurs, dans les années 1930, va de 25 voire 50 tonnes, pour la société Darragon à Ivry sur seine, à plus de 100 pour Pinette à Chalon sur saône....

De la plus petite, celle de l'encyclopédie Quillet, avec ses deux colonnes, qui passent à quatre pour plus puissant, voire plusieurs mètres de haut, on les classe suivant leur force de fermeture, produit de la pression par la surface du piston déplaçant le plateau inférieur...un peu plus de 100 tonnes pour 150 kilos au cm^2 sur un piston de 30 centimètres de diamètre



Deux exemples...à droite, une 'Darragon' de 25 tonnes a subi 'des ans l'irréparable outrage' pour devenir une 'friche industrielle sur le 'net'.... ainsi qu'il est convenu de dire.

On retrouve les écrous en partie haute des colonnes pour s'adapter au moule.

Rien de tel avec la 'Pinette' de gauche, qui est du genre 'presses arcades'....on abandonne les colonnes pour réaliser une sorte de grosse boîte en tôle...a ceci près que la tôle en question fait largement un centimètre d'épaisseur, sur trois mètres de haut...un vérin domine le total pour déplacer le plateau supérieur....avec cent tonnes de fermeture.

Si l'image de la Pinette est de très médiocre qualité, il faut néanmoins l'accepter en l'état...il en reste très peu et le décompte des 'pixels' n'était pas à l'ordre du jour.

25...50...100 tonnes, impressionnant ?...pas tant que cela

Avec des plateaux de 50 centimètres de côté, une fois serrés l'un contre l'autre, les 100 tonnes se répartissent sur 2500 cm^2 pour revenir à 40 kilos au cm^2 ...en théorie.

Dans la réalité, les plateaux des presses sont largement dimensionnés afin de recevoir une grande variété de moules : avec une empreinte de 'grandes' dimensions ou une dizaine de 'petites' pièces....ce qui va déterminer la surface *frontale*, autrement dit le *plan de joint*.

Pour mouler une plaque de 10 centimètres de côté, la presse va devoir comprimer 100 cm^2 de matière, au plan de joint, ce qui est non négligeable, à l'inverse, les 30 mm du culot de

lampe sont peu de choses....pour une même pression lue sur le manomètre, la pression sur la matière est dans le rapport des surfaces du plan de joint, ici de presque 15.

La pression appliquée au cours de la fermeture du moule, sur la matière qui va remplir l'empreinte, ne dépasse guère 30 kilos au cm².

A l'autre bout de la gamme, avec 22 x 46 cm de surface frontale, un Sonora 301 va demander une presse dépassant largement la centaine de tonnes, ne serait-ce que par les dimensions du moule....sa carcasse entoure l'empreinte par une dizaine de centimètres d'acier sur chacun des quatre cotés...bonjour le poids....qui parlait de *moule à mains*.

Dans le moulage des boîtiers de postes en Bakélite, l'unité de base des presses est la centaine de tonnes.....au départ.'

Presque cent ans plus tard, on assiste a un regroupement Darragon-Emidecau-Pinette à Chalon sur Saone.....

