

# CODEX

**recyclage —  
fabrication  
plastique**



**FABRIQUE DE  
L'INNOVATION**  
Université de Lyon



**iPlastronique**  
Convergence de l'électronique et de la plasturgie<sup>3D</sup>





# **CODEx**

**recyclage —  
fabrication  
plastique**

# sommaire

- 1 introduction — mot du directeur de la Fabrique de l'Innovation
- 3 réalisation de la chaîne de recyclage — fabrication plastique
- 5 vue d'ensemble du parc machine de la chaîne de recyclage — fabrication plastique
- 7 vue d'ensemble des possibilités de production

## **triage et homogénéisation granulométrique**

- 11 bacs de tri plastique
- 13 choisir sa granulométrie
- 15 broyeuse MODITEC goliath Mini 4a
- 18 broyeuse manuelle HOLIMAKER Holishred
- 19 tamis rotatif LE TROMMEL

## **fabrication polymérique**

- 23 filamenteuse 3DEVO Maker composer
- 24 presse à imprimer / chaud "Le gaufrier"
- 25 presse à injection manuelle HOLIMAKER holipress 16
- 26 faire des moulages par injection
- 27 presse chauffante FONTIJNE Labecon 600 kN
- 29 presse chauffante FONTIJNE — guide de démarrage rapide
- 53 faire des plaques
- 61 moule type pour faire des plaques
- 63 nettoyage type des moules
- 64 calcul type pour le grammage des moules
- 65 programme type FONTIJNE moulage plaque PLA 1 mm
- 66 programme type FONTIJNE moulage plaque PLA 2 mm
- 67 programme type FONTIJNE moulage plaque PLA 4 mm
- 68 programme type FONTIJNE moulage plaque PP 1 mm
- 69 programme type FONTIJNE moulage plaque PET 1 mm
- 70 programme type FONTIJNE moulage plaque HDPE 1 mm

## **projets type réalisés**

- 73 porte-clés UCBL Lyon 1
- 75 horloge PLAP
- 79 boucles d'oreilles et pampilles

## **documentations et aspects techniques des polymères**

- 85 introduction
- 86 identification par code résine plastique
- 87 identification par plonge dans un liquide
- 88 taux de recyclabilité et d'étuvage
- 89 plastique amorphe et semi-cristallins
- 90 densité et type de polymère
- 91 définition T°C, synthèse réaction thermique d'un polymère
- 92 tableau T°C transition vitreuse, fusion et dégradation
- 93 tableau T°C moulage et démoulage
- 94 liste défauts possibles de moulage et résolutions
- 95 mise en garde sur l'hydrolyse — rupture des liaisons moléculaires
- 96 mise en garde sur l'hydrolyse — filamenteuse / extrusion
- 97 tableau récapitulatif données

## **recensement non exhaustif des pratiques de recyclage**

- 101 protocole Ateliers des Recycleurs Fous
- 103 protocole Sorbonne Université
- 105 protocole Fablab La Verrière
- 107 8Fablab Drôme - FabUnit
- 109 protocole CNC Kitchen

## **annexes**

- 113 bibliographie — pour en savoir plus !
- 114 colophon

# introduction — mot du directeur de la Fabrique de l'Innovation

L'idée de mettre en place une chaîne de recyclage plastique au Fablab de la Fabrique de l'Innovation date des premiers échanges qui ont eu lieu en juillet 2021 entre la Plateforme Plastronique 3D (Labo Ampère) et la Fabrique de l'innovation - UDL. Il s'agissait d'acquérir et mettre à disposition du plus grand nombre une chaîne d'outils : presse-chauffante, presse à injection, filamenteuse, broyeur...

Cette chaîne devait servir à la **Formation Initiale**, aux usagers quotidiens du Fablab pour la **Conception de Prototypes**, et aux projets **Recherche** de la plateforme Plastronique 3D. Il s'agissait également d'un **outil de médiation** à destination des étudiants du campus, voire même de publics scolaires (collèges, Lycées) et du grand public.

En 2022 un projet a été déposé auprès du CVEC de l'UCBL et un financement a été accordé pour financer une presse chauffante à plateaux depuis installée au Fablab. La Fabrique de l'Innovation - UDL a également financé à la même époque une broyeuse à plastique et une presse à injection.

Cette chaîne a été mise en place progressivement, et en 2025, la Fabrique a recruté un stagiaire en la personne d'Aurélien Pons pour rôder les usages et établir des protocoles. Aurélien a réalisé un travail exceptionnel pendant son stage, et grâce à lui, la démarche a donné lieu au présent document qui doit servir de guide aux usagers de la chaîne de recyclage plastique.

La suite du projet sera de donner du rayonnement à cette chaîne qui sera installée dès septembre 2025 au Fablab de la I-Factory. Il s'agira d'en ouvrir l'accès au plus grand nombre d'étudiants dès 2025/2026. Des événements de médiation seront organisés auprès d'un large public. La plateforme Plastronique 3D sera aussi un usager régulier et privilégié pour ses projets de Recherche en lien avec la Plastronique (ajout d'électronique sur des objets en plastique).

De nouveaux financements seront également recherchés afin de compléter cette chaîne de recyclage (thermoformeuse, une deuxième presse à injection...), qui deviendra, nous l'espérons, un démonstrateur de différents types de revalorisation possibles de chutes de plastique.

Stéphane GAVARINI

Prochain lieu de résidence  
de la Fabrique de l'Innovation,  
la I-Factory, futur lieu totem de  
l'innovation, de la créativité et  
de l'entrepreneuriat au cœur  
campus de Lyon-Tech La Doua.



# **réalisation de la chaîne de recyclage — fabrication plastique**

De février à juillet 2025, la Fabrique de l'Innovation à recruter Aurélien Pons pour développer cette chaîne de recyclage - fabrication plastique en lien avec le parc machine existant, et interroger les usages possibles du plastique recyclé.

Ce qui a été réalisé :

- Étude du parc machine existant du Fablab, recherches de protocoles pour la fabrication de plastique recyclé, valorisation de ces matériaux en faisant usage pour des objets et ateliers de médiation.
- Analyse approfondie sur les divers aspects techniques des polymères. Ainsi que les lieux faisant du recyclage, ou examinant les usages possibles de plastique recyclé (académique, tiers-lieux etc...)
- Défrichage du fonctionnement et des usages de la presse chauffante Fontijne, conception et fabrication de moules adaptés.
- Mise en place de nouveaux bacs de tri et de sa communication visuelle.
- Conception et fabrication d'un trommel électrique (tamis rotatif) intégré dans le circuit de recyclage établi.
- Expérimentations et propositions d'usages du plastique recyclé (PLA, PC, PP, PEHD, PET)
- Collaboration avec la plateforme de recherche scientifique Plastronique du laboratoire Ampère - CNRS UMR5005 pour développer une plastronique plus responsable par la valorisation de plastique recyclé.
- Rédaction et mise en page de ce présent document concernant l'utilisation de la chaîne de recyclage plastique et de l'usage des polymères revalorisés.

# dates clés

## **14 février 2023**

entrées machine broyeur plastique HOLIMAKER HoliShred  
et presse à injection HOLIMAKER Holipress

## **18 janvier 2024**

entrée machine filamenteuse 3DEVO maker composer

## **6 mai 2024**

entrée machine presse-chauffante FONTIJNE Labecon 600 kN

## **18 juillet 2024**

entrée machine broyeuse MODITEC golliath mini 4

## **fin février 2025**

début stage d'Aurélien Pons

## **fin février – fin juin 2025**

recherche de documentations autour des polymères

## **mars 2025**

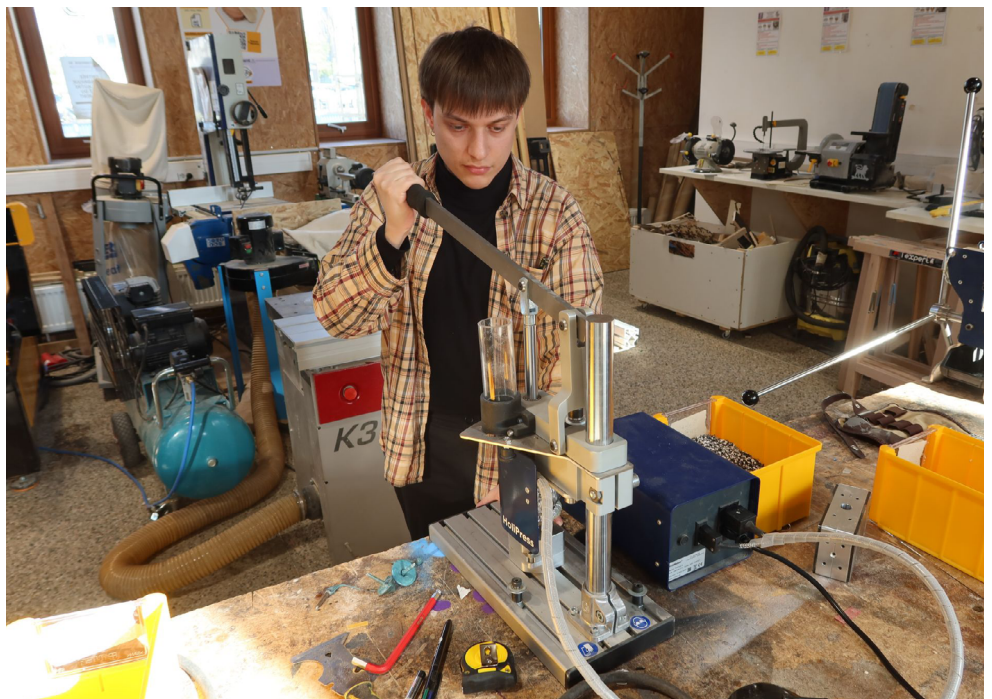
mise en place bacs de tri / communication visuelle

## **fin mars-juillet 2025**

conception du trommel

## **fin juillet 2025**

fin de stage d'Aurélien Pons



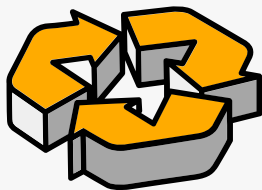
Aurélien Pons  
utilisant la presse à injection  
dans l'ancienne installation à la  
Préfabrique, sous le Quai 43, au  
campus de Lyon-Tech La Doua.  
février 2025.

# vue d'ensemble du parc machine de la chaîne de recyclage — fabrication plastique

## TRIAGE ET HOMOGENÉISATION GRANULOMÉTRIQUE

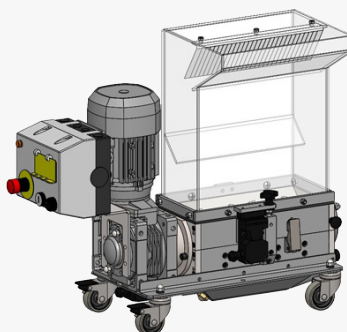
### BACS DE TRI

triage selon les polymères  
et couleurs



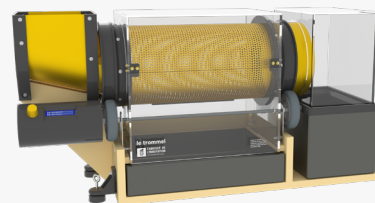
### BROYEUSES

tri granulométrique  
BAC 0-6 MM



### LE TROMMEL

tri granulométrique  
BAC > 4 MM  
BAC < 4 MM





## FABRICATION POLYMÉRIQUE

### PRESSES CHAUFFANTES

moulage par compression



### PRESSE À INJECTION

moulage par injection



### FILAMENTEUSE

moulage par extrusion



## PRODUCTION TRANSFORMABLE PAR

DÉCOUPEUSE LASER

CNC

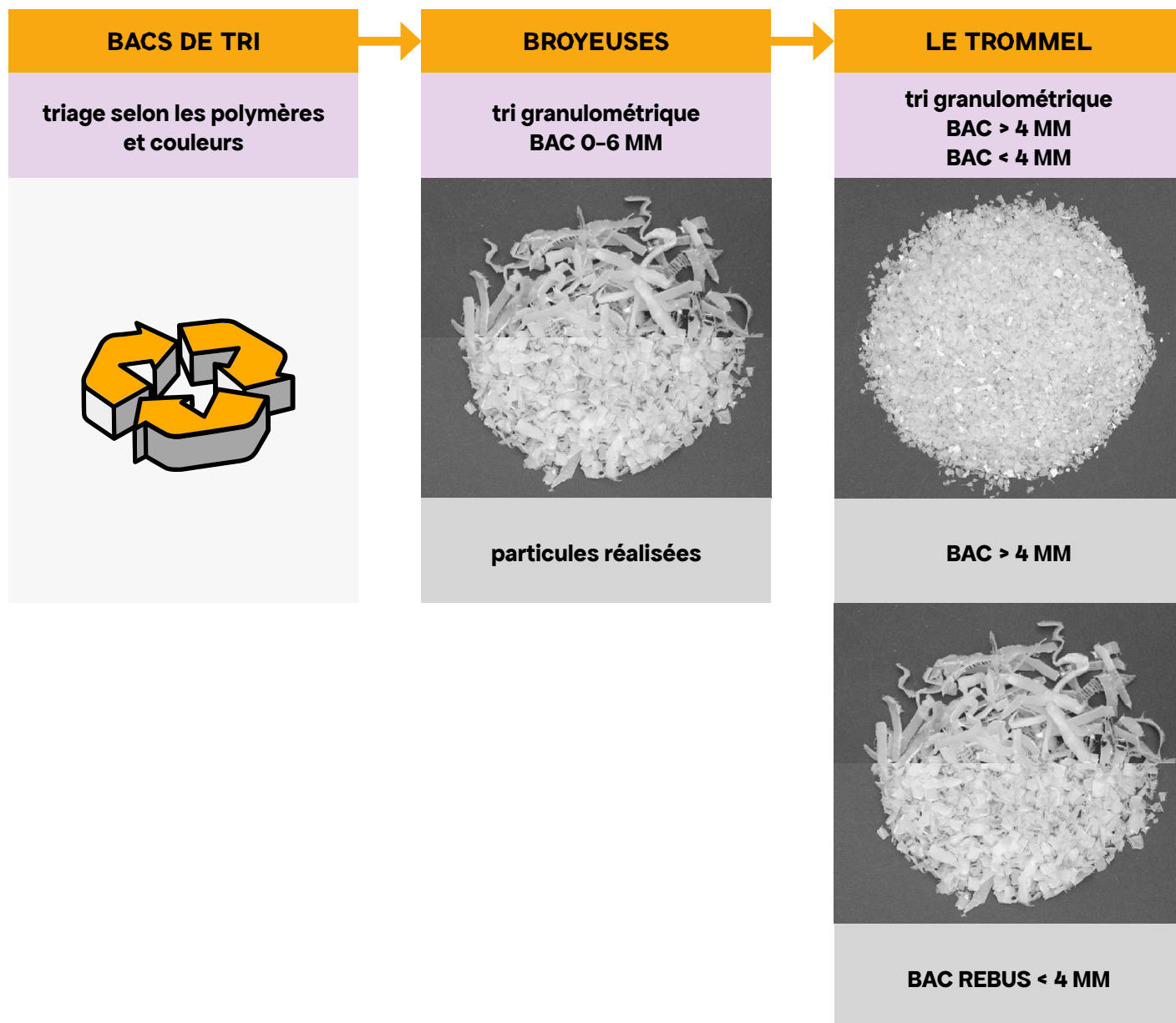
THERMOFORMEUSE

ex : faire de la plastronique  
(Plastronique / Labo Ampère)

DÉCOUPEUSE JET D'EAU

# vue d'ensemble des possibilités de production de la chaîne de recyclage — fabrication plastique

## TRIAGE ET HOMOGENÉISATION GRANULOMÉTRIQUE



## FABRICATION POLYMÉRIQUE

### PRESSES CHAUFFANTES

moulage par compression



exemple de production

### PRESSE À INJECTION

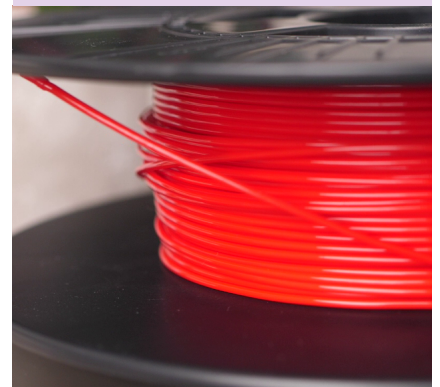
moulage par injection



exemple de production

### FILAMENTEUSE

moulage par extrusion



exemple de production

## PRODUCTION TRANSFORMABLE PAR

### MACHINE LASER



exemple de production  
(horloge PLAP)

### CNC

DÉCOUPEUSE JET D'EAU

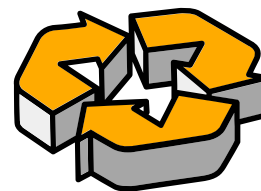
### THERMOFORMEUSE

ex : faire de la plastronique  
(Plastronique / Labo Ampère)

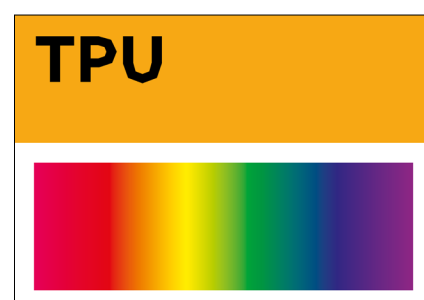
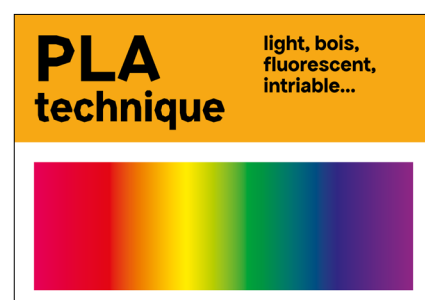
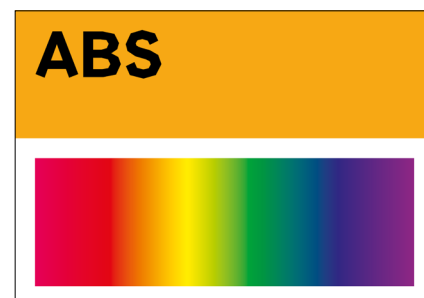
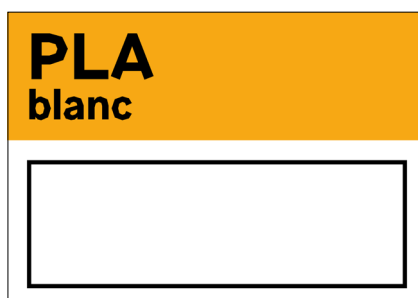


# **triage et homogénéisation granulométrique**

# bacs de tri plastique



Ces bacs installés dans le Fablab servent à voir un tri passif de la part des usagers de leurs déchets plastiques. Ces déchets deviennent le gisement principal de la chaîne expérimentale.





## ÉTAPES DE SÉCURITÉ



- Trier selon la nature et la couleur du plastique
- Le plastique doit être dé-pollué (pas de métal / colle / tissu / silicone...)
- N'accepte pas d'impression résine
- un plastique inconnu ? Jetez-le, pour éviter une pollution dans le recyclage



# choisir sa granulométrie

La granulométrie d'un broyat est importante pour deux raisons :

- Afin d'avoir un matériau homogène durant son thermomoulage.
- De par la diformité du broyat crée par ces machines, les particules s'agregent entres-elles se bloquent dans la filamenteuse et la presse à injection. Ce problème n'existe pas avec les granulés de plastique des industriels par leurs formes arrondies.

## TAILLES DES PARTICULES ET LEURS UTILISATIONS

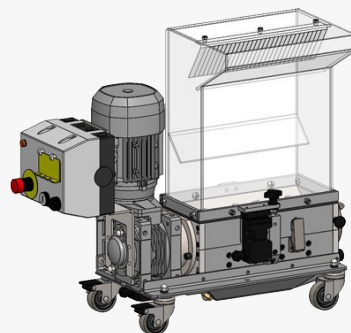
### BROYEUSES



**GRANDES 0-30 MM**



**presse à plaque chauffante**



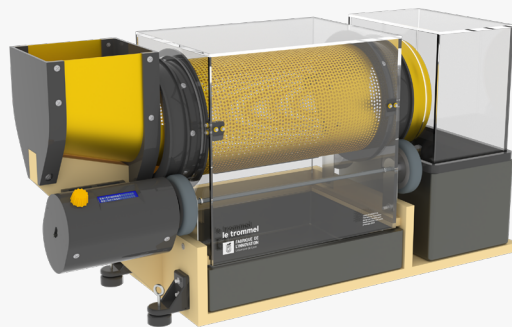
**MOYENNES 0-6 MM**



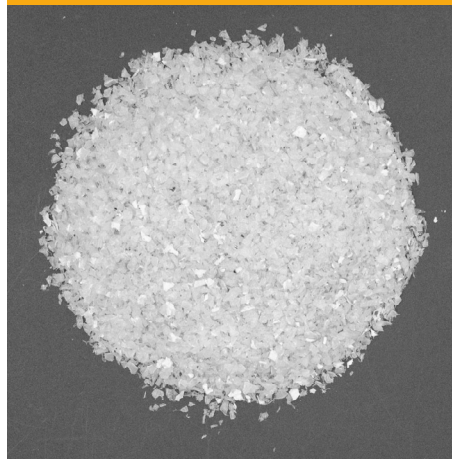
**presse à plaque chauffante**



## LE TROMMEL (TRIE)

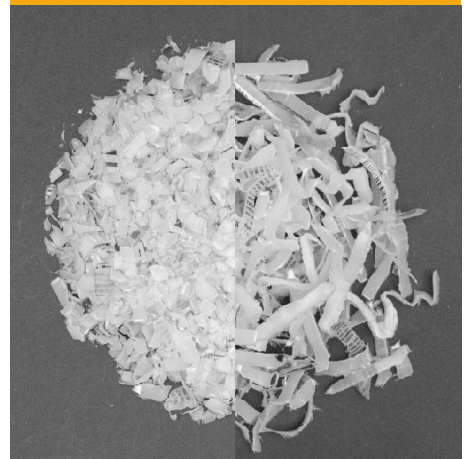


**PETITES 0-4 MM  
BAC SOUS LE TAMBOUR**



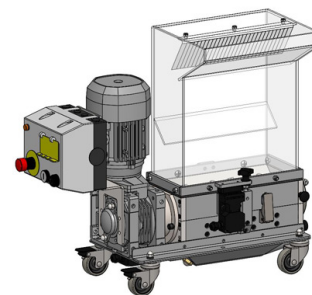
**presse à injection  
filamenteuse**

**GRANDES 0-30 MM  
BAC DE SORTIE**



**presse à plaque chauffante**

# broyeuse MODITEC goliath Mini 4



La broyeuse s'emploie pour homogénéiser la granulométrie des différents polymères venant des bacs de tri.

## FICHE TECHNIQUE

- Granulométrie : 4 mm
- Tour par minute : 25 tr / min
- Entonnoir en PMMA : 1,1 L
- Bac plastique broyé : trémie réhaussé de 3,3 L
- supporte pas : PC
- supporte : PLA

### options non incluses sur la machine actuelle :

- Capteur mécanique
- Capteur électronique  
Détection si la trémie est pleine
- Système de refroidissement  
Le circuit d'eau permet l'évacuation des calories et évite donc la montée en température des éléments de coupe
- Granulométrie 5 mm
- Granulométrie 6 mm

niveau  
expert

niveau  
intermédiaire

niveau  
débutant

simple



## ÉTAPES DE SÉCURITÉ



- Ne pas mettre les mains dans le bac entonnoir en PMMA
- Éteindre la machine 10 min toutes les 50 min en usage intensif  
(réduction de chauffe des dents de découpe)
- Broyer des morceaux de plastique de taille similaire
- Interdits : impression résine, métal, bois, textiles, silicone, colles ou adhésifs

## USAGE DE LA MACHINE

### détail sur le remplissage de l'entonnoir (1)

Ne pas bourrer l'entonnoir de plastique. En cas de blocage, cela entraîne l'ouverture de celui-ci à sa base, renversant ainsi tout son contenu.  
Résolution : remplir l'entonnoir à 5 cm maximum au-dessus des dents dorées.

### typologies de morceaux de plastiques après impression 3D et préconisation sur son broyage (2-3)

#### PLAQUES FINES / PIÈCES AJOURÉES

1<sup>ère</sup> cause d'arrêt de la machine afin de récupérer la pièce gênante.

Découper à la main ces pièces en morceaux de 6x6 cm max

Dès 7 cm, les plaques se posent sur les dents de la machine réduisant son usage. Plier ces plaques aide la machine.

#### FORMES ARRONDIES / CYLINDRIQUES ET / OU PLASTIQUE ÉPAIS (+30% DE REMPLISSAGE ET + DE 2 CM D'EP.)

2<sup>ème</sup> cause d'arrêt de la machine afin de récupérer la pièce gênante.

Concasser la pièce dans un sac et marteler là.

Les pièces cylindriques glissent sur les dents de la machine.

#### JUPES / SUPPORT / FIL TEST DÉBUT IMPRESSION FDM

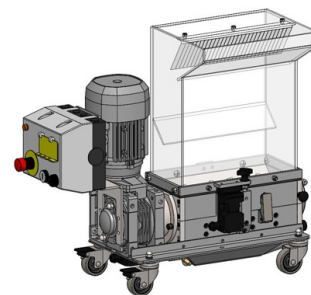
Aucun problème. Si amas de plastique compact, décortiquez les morceaux pour éviter un blocage de la machine.

### transfert bac broyat dans un bac

Attention à la petite taille du bac de la broyeuse (3,3 L). Un bac euro (40x30x12) en comparaison fait 6,9 L.

Il est pertinent d'arrêter la machine de temps en temps pour vider son bac broyat.

# broyeuse MODITEC goliath Mini 4



## NETTOYAGE DE LA MACHINE

Dès que la session broyage est terminée, on procède au nettoyage de la machine et de son environnement pour faciliter la session suivante.

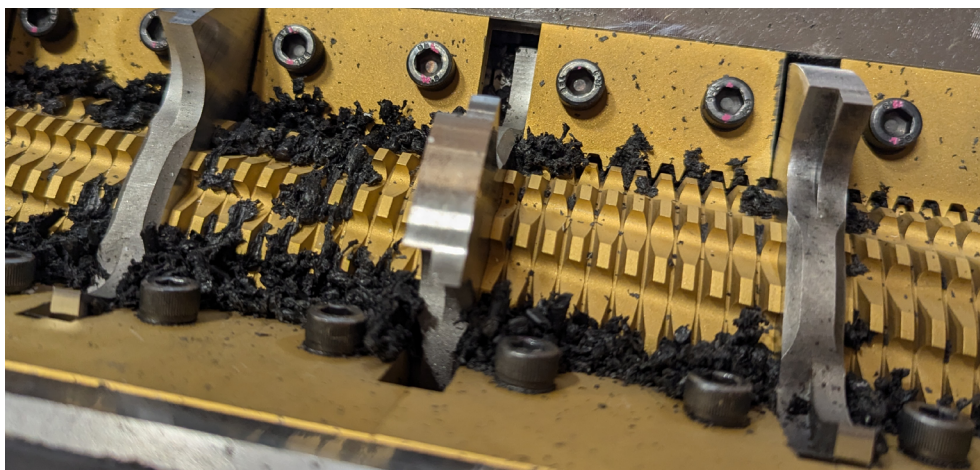
Nettoyage des dents : utiliser l'aspirateur et récolter les derniers morceaux. Dès que c'est nettoyé, fermer l'entonnoir, lancer la machine et arrêter la à chaque section de dents sales. Cette étape se fait en 5/6 fois minimum. Étape longue mais nécessaire.

Après avoir récolté puis recurer le bac de la broyeuse au pinceau, aspirer les derniers éléments afin d'avoir le bac de la machine le plus propre possible.

Nettoyer la partie inférieure de la machine avec l'aspirateur. Remonter le bac de la broyeuse. Broyeuse prête pour la session suivante.

## PROBLÈMES ET RÉOLUTIONS

- Dents dorées avec du plastique fondu / surchargés de plastique  
= Utilisation longue durée de la machine.  
→ Prendre tournevis plat et tapoter les morceaux collés avec précaution.  
= Bac de broyat plein.  
→ Vider le bac.  
= Blocage de la machine par un morceau d'impression ou autre matériau.  
→ Utiliser l'inverseur pour débloquer la machine.



PLA fondu sur les dents de la broyeuse avant d'être recuré avec un tournevis plat



## broyeuse manuelle HOLIMAKER Holishred

niveau  
expert

Broyeuse manuelle avec levier et poussoir permettant de broyer des plastiques tendres comme du PP, du PEHD et rebus d'impression 3D remplis à moins de 30%.

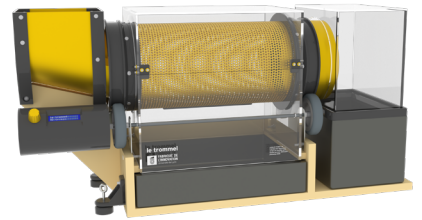
niveau  
intermédiaire

niveau  
débutant

simple

# tamis rotatif

## LE TROMMEL



Le trommel s'emploie pour tamiser le broyat de plastique en deux bacs : un Bac < 4 mm pour une utilisation sur presse chauffante et un Bac > 4 mm pour une utilisation sur filamenteuse et presse à injection.

### FICHE TECHNIQUE

Dessiné par Aurélien Pons pour la Fabrique de l'Innovation. Si problème technique, contactez le designer. Le projet est visible sur Fabmanager.

- Bac < 4 mm : bac euro ESD PP EG 32/17 HG AUER Packaging 7,1 L
- Bac > 4 mm : bac euro ESD PP EG 43/75 HG AUER Packaging 6,9 L
- Moteur pas à pas recyclé d'imprimante 3D ultimaker extended 2
- ESP32 + Stepper motor driver
- Ecran LCD i2c 2x16 caractères

### USAGE DE LA MACHINE

Versez le broyat de plastique dans l'entonnoir, puis poussez-le dans le tambour en mouvement. Le travail se fait ensuite automatiquement. Tournez le potentiomètre pour varier le tour par minute de la machine.

### NETTOYAGE DE LA MACHINE

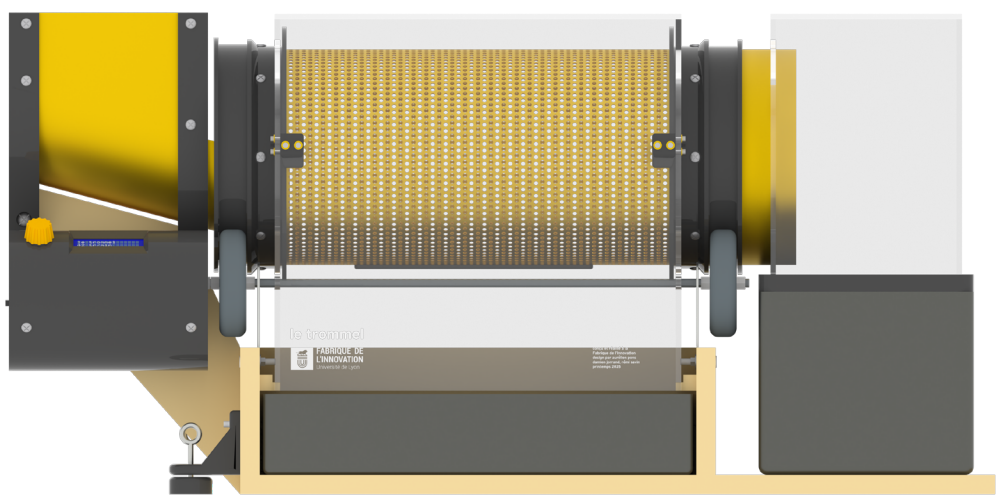
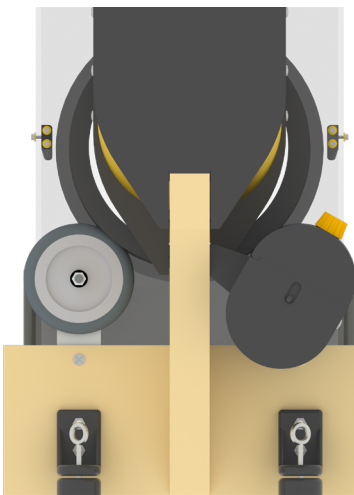
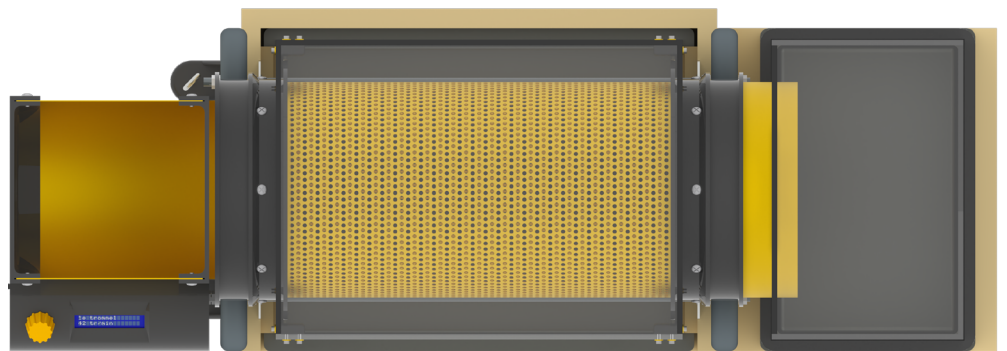
- Enlevez le capot de protection en PMMA
- Faire tourner délicatement le tambour et brosser les cribles
- Aspirer les résidus plastique + nettoyer les capots en PMMA via une serviette microfibre !

niveau expert

niveau intermédiaire

niveau débutant

simple



bac - 4 mm euro 6.9 L

bac + 4 mm euro 7.6 L

- bois massif hêtre  
caisson assemblé avec des lamellos
- PETG · impression FDM  
structure, boîtier de commande
- PMMA transparent  
protection
- polypropylène 0.8 mm  
entonnoir et tambour





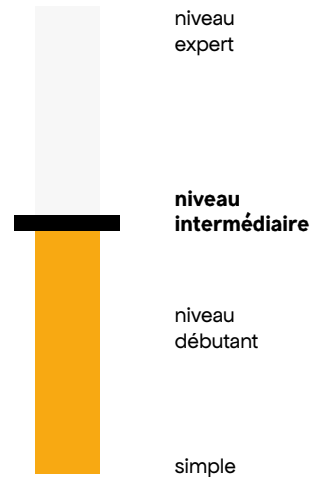
# **fabrication polymérique**

# filamenteuse

## 3DEVO Maker Composer 350



Machine pour transformer des granules ou du broyat de plastique en fil pour impression 3D FDM. Base de fonctionnement de la machine : Le Ø du filament se fait par la roue "PULLER" (roue avec du caoutchouc) à l'avant du boîtier : par sa vitesse de rotation, elle va étirer + ou - rapidement le fil extrudé au Ø voulu. Si le mélange de plastique est non régulier, la roue PULLER va aussi avoir un comportement non régulier pour compenser la difficulté de chauffer et ainsi donner un résultat mitigé au final. Il est ainsi important d'avoir un granulat ou un broyat régulier avec un bon paramétrage de la machine.



### FICHE TECHNIQUE

- Tour par minute : 2-15 tr/ min
- Entonnoir en PMMA : 2 L
- Contrôle du Ø du filament : 0,5 à 3,0 mm avec une tolérance de 0,05 mm
- Capteur optique : précision de 43 micron
- Système de chauffe : 4 zones ; T°C max : 350°C
- Passage de l'entonnoir à la buse : 10 à 15 min
- Polymères acceptés :  
PLA, ABS, PC, PS, PETG, TPU, TPE, PPS, PVA, Bio PE, New PET, PA (6, 12, 66)

#### autres détails :

La grille de protection de l'entonnoir est enlevable par deux vis.  
Grille avec des mailles carrés de 10 mm.

#### option non incluse sur la machine actuelle :

«The feeder», un vibreur pour faciliter le déplacement du broyat plastique de l'entonnoir à la vis sans vis. 90€. Parait pertinent de développer un dispositif amélioré à la Fabrique car le produit est connu pour être défectueux.



# presse chauffante / à imprimer

## "Le gaufrier"

niveau  
expert

niveau  
intermédiaire

**niveau  
débutant**

simple

La presse chauffante est dédiée au départ à l'impression sur t-shirt. Sa fonctionnalité de pressage et de chauffage est détournée pour réaliser du thermomoulage. Il est important de protéger les plaques avec d'autres plaques de protection / papier cuissons afin qu'elle soit toujours utilisable dans sa fonction première.

### FICHE TECHNIQUE

- Dimension plateau : 380 x 380 mm
- T°C max. 300°C



### ATTENTION



- Attention risque de brûlure

# presse à injection manuelle HOLIMAKER Holipress 16

Cette presse s'emploie à partir du plastique tamisé par Le trommel.  
Utile pour faire de petites injections.

## FICHE TECHNIQUE

- 11 kg
- Ø de la buse : 3 mm
- Volume d'injection : 16 cm<sup>3</sup>
- Puissance : 400 W
- Cadence de production (sur papier) : 1 pièce / 3 minutes
- Polymères acceptés : PP, PE, PEHD, PEBD, PA, TPU, POM, ABS, PLA, PS



niveau  
expert

niveau  
intermédiaire

niveau  
débutant

simple



## ATTENTION



- Attention risque de brûlure

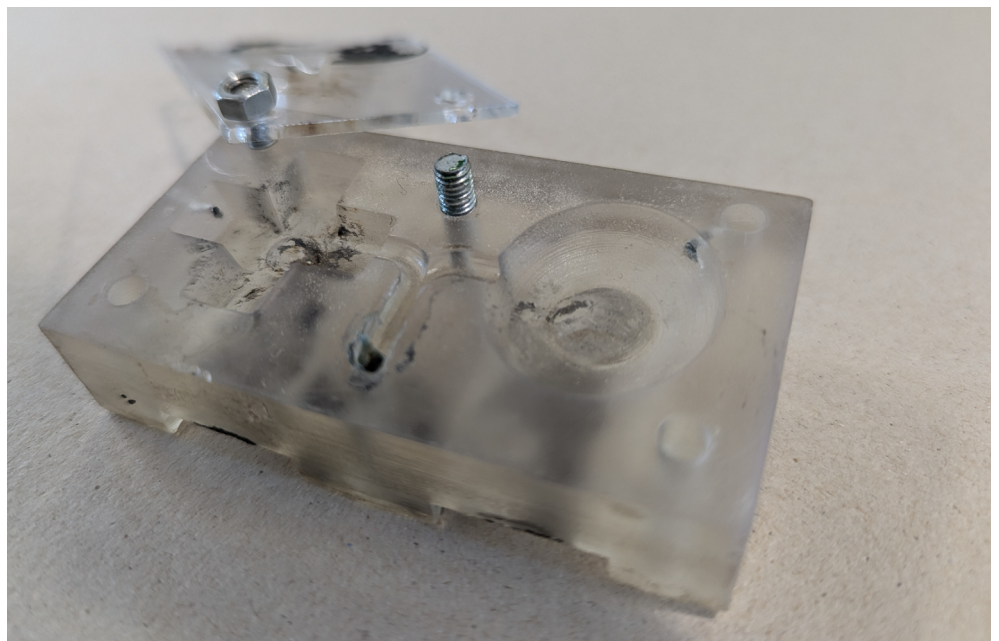
# faire des moulages par injection

## JOUER AVEC DES MOULES



Moulage de toupies avec le kit de moule de base de la machine.

## MOULES RÉALISÉS PAR IMPRESSION RESINE



Moule développé par un usager constitué d'une partie moule en impression résine et d'une partie couvercle en PMMA.

On peut observer que le PMMA de 2 mm s'est bien plié avec la chaleur malgré le soutien des vis.



Moulage pour faire des boutons de remplacement de manette NES.

# presse chauffante

## FONTIJNE Labecon 600 kN



Presse appartenant à la plateforme de recherche scientifique Plastronique du laboratoire Ampère - CNRS UMR5005 pour développer une plastronique plus responsable par l'usage de matière recyclé notamment.

### FICHE TECHNIQUE

Conseil : télécharger la fiche technique complète du fabricant.

- Force max. : 600 kN
- Dimension plateau : 400x400 mm
- T°C max. 300°C
- Ouverture : 200 mm
- Dimensions : 790x880x1790 mm
- Masse : 800 kg
- Prix : 60 000 €

#### options non incluses sur la machine actuelle :

- Garantie prolongée et plan de maintenance
- Plateau à billes  
Pour insérer les moules plus facilement dans la machine
- Signal lumineux et sonore  
Indication de fin de cycle de pressage
- Capacité de chauffe jusqu'à 400°C
- Système de chauffe rapide  
Divise par deux la montée en T°C
- Plusieurs ouvertures entre plateaux  
Ajouts de plateaux supplémentaires = + de moules par cycle de pressage
- Plateaux en acier, aluminium et cuivre  
Pour une distribution de T°C spécifique

niveau  
expert

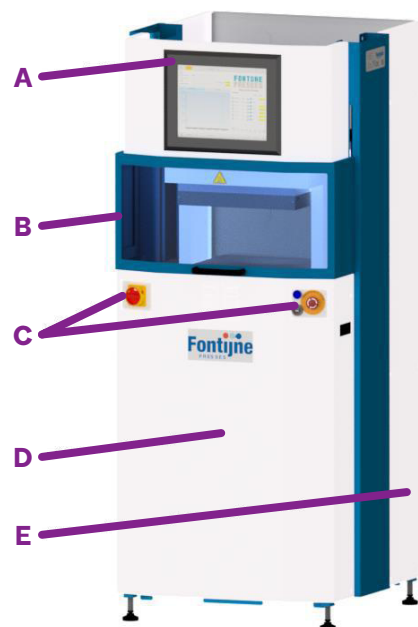
niveau  
intermédiaire

niveau  
débutant

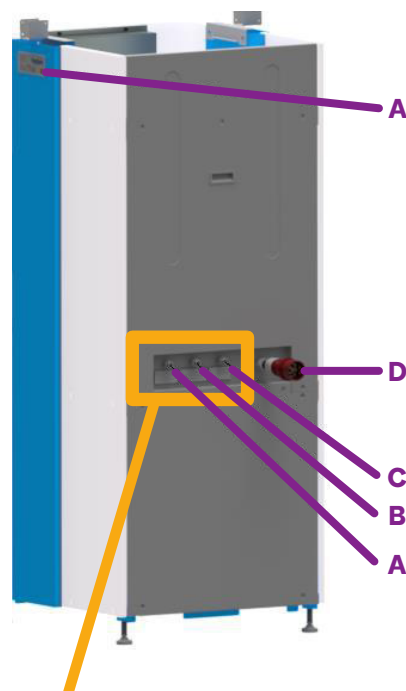
simple



M. LOMBARD Philippe, Maître de Conférences  
Laboratoire Ampère (CNRS - UMR 5005)  
philippe.lombard@univ-lyon1.fr  
+33 (0) 4 72 43 87 57



- |          |                   |
|----------|-------------------|
| <b>A</b> | Écran tactile     |
| <b>B</b> | Porte coulissante |
| <b>C</b> | Boutons           |
| <b>D</b> | Panneau           |
| <b>E</b> | Panneau           |



- |          |                              |
|----------|------------------------------|
| <b>A</b> | Sortie d'eau                 |
| <b>B</b> | Pression d'air               |
| <b>C</b> | Entrée d'eau                 |
| <b>D</b> | Alimentation électrique      |
| <b>E</b> | Plaque date/révision machine |



# presse chauffante FONTIJNE

## guide de démarrage rapide

Ce guide montre comment utiliser la presse et contrôler basiquement son logiciel d'exploitation. Il est crucial de lire ce guide en entier avant d'utiliser la machine afin de comprendre son fonctionnement, les dangers possibles en vers votre personne et la machine.

Pour un usager expérimenté ET souhaitant connaître plus de détails sur la machine, il peut avoir accès au manuel original de la machine.



### EN CAS DE PROBLÈME



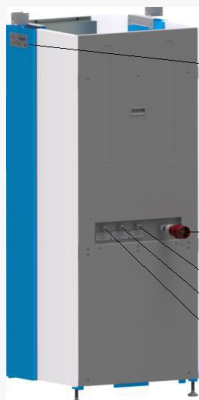
- Contactez un·e Fabmanager
- Appuyez sur le bouton d'urgence



### 0 · AVANT DÉMARRAGE, CONTRÔLE VISUEL DE LA MACHINE

Si toute anomalie constatée ou un simple doute  
= contactez un·e Fabmanager

Vérifier l'état général de la machine extérieur.  
(branchement des tuyaux d'eaux à l'arrière de la machine,  
le bon placement du tuyaux de sortie d'eau)





## 1 · METTRE LA VENTILATION

Allumez la ventilation de la machine avant démarrage.



## 2 · DEMARRAGE DE LA MACHINE

Tournez le bouton-molette vers la droite pour démarrer.

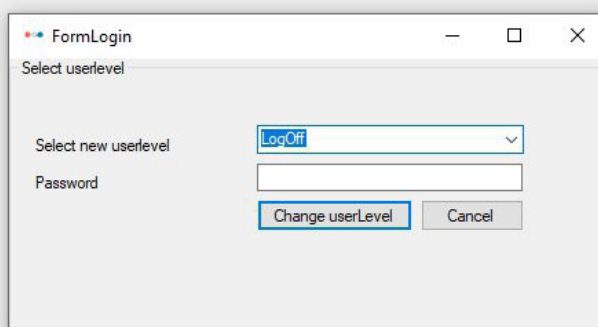


action :  
démarrage de la machine  
et de son ordinateur embarqué.

Ouverture automatique  
du logiciel Labpress après une  
minute après démarrage.

## 3 · CONNEXION AU LOGICIEL

Sélectionner le userlevel **Specialist** avec le mot de passe : **Specialist**  
Majuscule et minuscule importante



page de connexion après démarrage

# presse chauffante FONTIJNE

## guide de démarrage rapide

### PARTICULARITÉ DU CLAVIER NUMÉRIQUE

Le clavier de l'écran tactile est un logiciel tiers ajouté par le fabricant de la presse. Pour certaines manipulations, il est important de le cacher en appuyant sur la touche grise, tout à gauche du clavier.



Pour remettre le clavier numérique, cliquez sur le symbole “T” transparent en bas à droite de l'écran.



## PLAN DU LOGICIEL

### ÉCRAN PRINCIPAL

page donnant des indications textuelles et visuelles sur le fonctionnement de la machine.  
Le contrôle manuel de la machine se fait dessus.

voir page 33

#### PROCESS BUILDER

page pour établir  
et lancer  
des programmes

voir page 37

#### VISUALISATION

**(ne pas toucher)**

datavisualisation des  
données de la machine  
(T°C / temps etc.)

#### SETUP

**(ne pas toucher)**

page pour calibrer et  
accéder aux paramètres  
de position des plateaux  
chauffants.

#### ALARMS

fenêtre pop-up  
en cas d'anomalie

voir page 48

#### ONGLET COMMAND

page sur  
les commandes  
disponibles

voir page 41

#### ONGLET EVENT

page sur  
les événements  
disponibles

voir page 43

#### ALARM HISTORY

**(ne pas toucher)**

historique  
des alarmes

# presse chauffante FONTIJNE guide de démarrage rapide

ÉCRAN PRINCIPAL

Page du logiciel permettant de voir le statut du programme avec ses données ou pour utiliser la machine en contrôle manuel.

Open

Close

Set airflow

Alarm

Vacuum

Start

Stop

Info

Program name

testing\_training

Product name

Status

Stopped

Process time

00:00:02

Active command

00:00:00

Temperature

Force

01/01/0001 - 00:00:00

Fontijne

PRESSES

Press Control System

Controllers

|          |      |  | Setpoint | Actual |
|----------|------|--|----------|--------|
| Force    | [kN] |  | 0        | 0.2    |
| Speed    | [%]  |  | 80       |        |
| Position | [mm] |  | 3.8      | 3.7    |
| Temp 1   | [°C] |  | 113.5    | 110.9  |
| Temp 2   | [°C] |  | 92.9     | 90.7   |

Legend

Pressure

Force

Position

Temp 1

Temp 2

Temp 3

Temp 4

Process builder

Visualisation

Setup

Software

Login

Help

Exit

A

Panneau d'info. sur le programme en cours

B

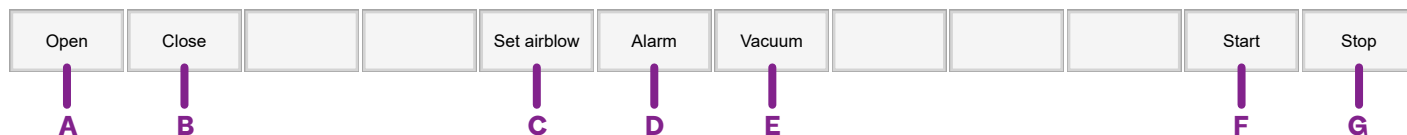
Boutons pour visualiser la T°C et la force sur la partie bleu de l'écran

C

Panneau d'info. sur les valeurs données et les valeurs actuelles

33

## BARRE DE MENU SUPÉRIEURE



- A** Ouvrir la presse
- B** Fermer la presse
- C** Souffler de l'air comprimé dans les plateaux pour dégager l'eau
- D** Page d'alarme
- E** **(ne pas toucher)**
- F** Démarrer un programme (à ne pas confondre avec la touche LANCER)
- G** Stopper le programme en cours

## BARRE DE MENU INFÉRIEURE



- A** Page Process Builder
- B** Page Visualisation **(ne pas toucher)**
- C** Page Setup **(ne pas toucher)**
- D** Page Login **(ne pas toucher)**
- E** Page Help **(ne pas toucher)**
- F** Pour sortie du logiciel
















# presse chauffante FONTIJNE

## guide de démarrage rapide

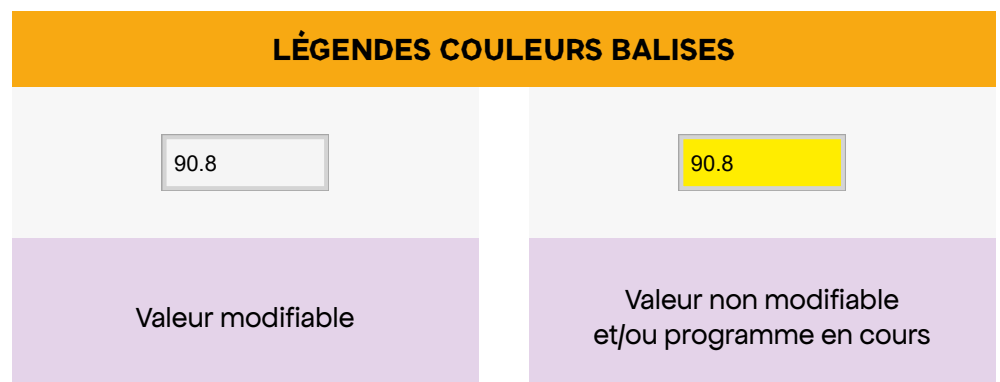
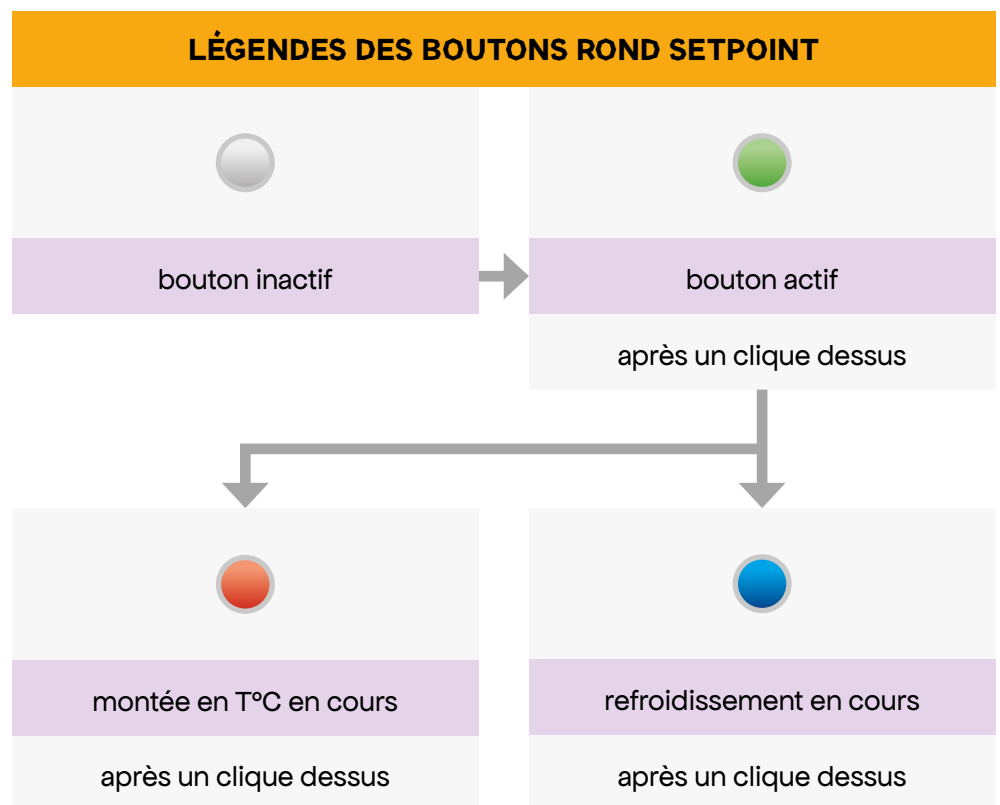
### MODE CONTRÔLE MANUEL

Mode envisagé pour faire des expérimentations rapides.

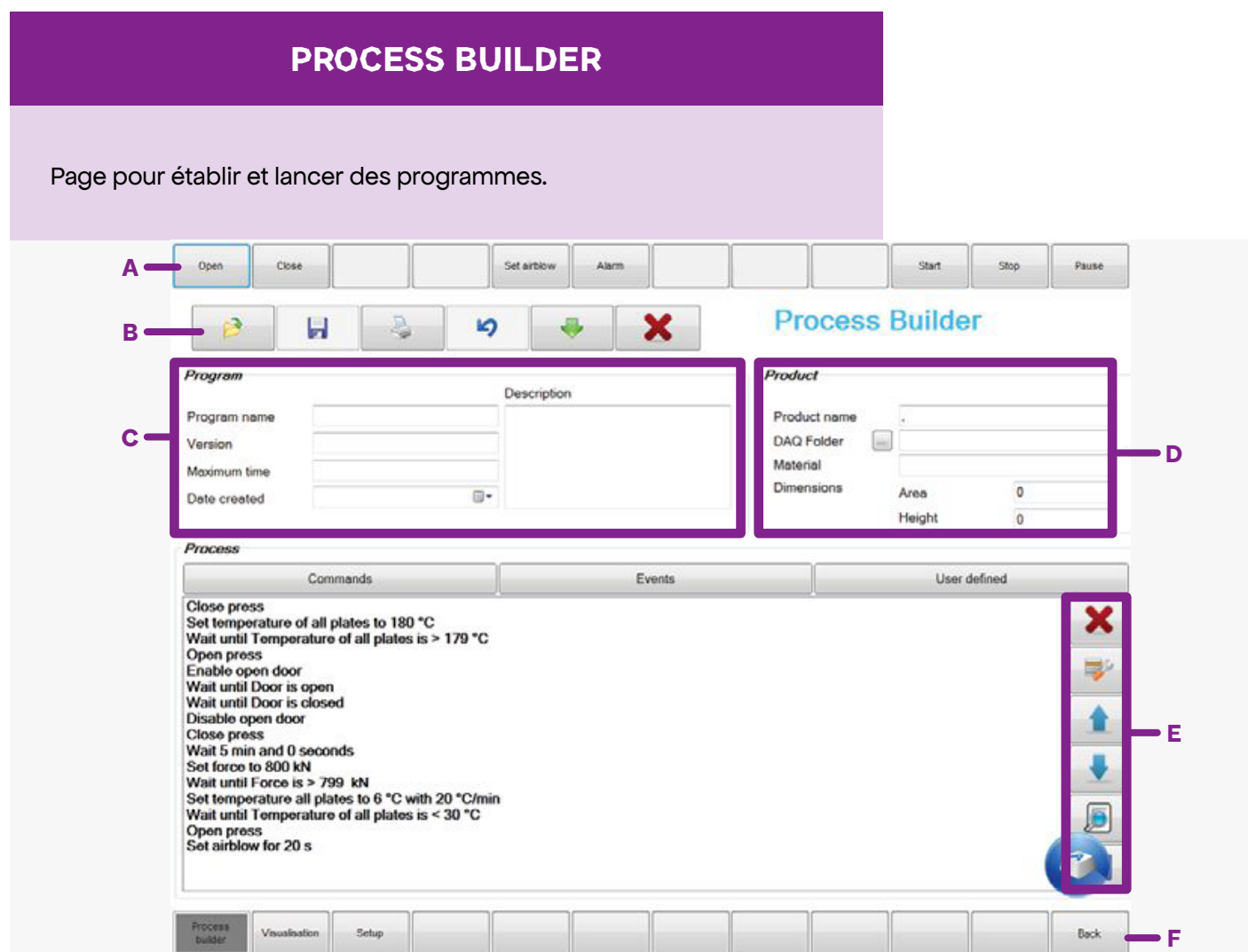
#### Controllers

|   |   |          |      | Setpoint  | Actual           |                  |
|---|---|----------|------|---|------------------|------------------|
| A |    | Force    | [kN] |       | <div>0</div>     | <div>0.2</div>   |
| B |    | Speed    | [%]  |       | <div>80</div>    |                  |
| C |    | Position | [mm] |       | <div>3.8</div>   | <div>3.7</div>   |
| D |   | Temp 1   | [°C] |     | <div>113.5</div> | <div>110.9</div> |
| E |  | Temp 2   | [°C] |   | <div>92.9</div>  | <div>90.7</div>  |
| F |   |          |      | G   | H                | I                |

- A** Valeurs de la force en kN émise par la machine
- B** Valeur de la vitesse du piston en %
- C** Position du plateau amovible
- D** Valeurs T°C du plateau supérieur
- E** Valeurs T°C du plateau inférieur (amovible)
- F** Boutons pour actionner un changement de valeur
- G** Boutons pour faire descendre manuellement la valeur d'une unité
- H** Valeurs actuelles
- i** Valeurs données (modifiables avec le clavier)



# presse chauffante FONTIJNE guide de démarrage rapide



- A Barre de menu supérieure
- B Barre d'outils générale liées aux fichiers des programmes
- C Panneau d'info. sur le programme en cours
- D Panneau d'info. sur le produit en cours (**ne pas toucher**)
- E Panneau d'info. / création du programme
- F Barre de menu inférieure



## BARRE D'OUTILS GÉNÉRALE LIÉES AUX FICHIERS DES PROGRAMMES



- |          |  |
|----------|--|
| <b>A</b> | Ouvrir un programme                              |
| <b>B</b> | Enregistrer un programme                         |
| <b>C</b> | Imprimer un programme (non disponible)           |
| <b>D</b> | Annuler dernière modification (CTRL + Z)         |
| <b>E</b> | Envoyer le programme dans la machine             |
| <b>F</b> | Supprimer toutes les commandes / events en cours |

## PANNEAU D'INFORMATION SUR LE PROGRAMME

**Program**

|              |  |   |
|--------------|--|---|
| Program name | <input type="text" value="testing_training"/>  | <div style="border: 1px solid #ccc; height: 150px; margin-top: 5px;"></div> |
| Version      | <input type="text" value="1"/>   |   |
| Maximum time | <input type="text" value="23:59:59"/>  |   |
| Date created | <input type="text" value="1/27/2022"/> <input style="width: 20px; height: 20px; border: 1px solid #ccc; margin-left: 5px;" type="button" value="📅"/> |   |

A

B

C

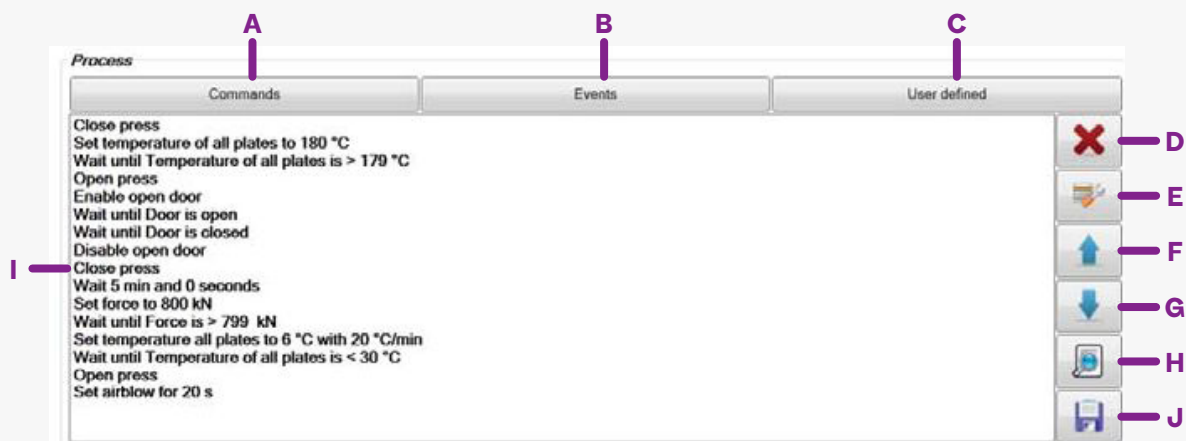
D

E

- |          |  |
|----------|--|
| <b>A</b> | Saisir le nom du programme   |
| <b>B</b> | Saisir la version du programme   |
| <b>C</b> | Saisir la durée maximale autorisée du programme. Le programme s'arrête automatiquement lorsque sa durée d'exécution dépasse la valeur de ce champ. Valeur par défaut : <b>23:59:59</b> |
| <b>D</b> | Date de la création du programme   |
| <b>E</b> | Saisir des informations supplémentaires sur le programme   |

# presse chauffante FONTIJNE guide de démarrage rapide

## PANNEAU D'INFORMATION / CRÉATION DU PROGRAMME



**A** Ouvre l'écran de la liste des commandes disponibles

**B** Ouvre l'écran de la liste des events disponibles

**C** **(ne pas toucher)**

**D** Supprime une commande / event sélectionnée

**E** Pour modifier une variable d'une commande / event sélectionnée

**F** Déplace une commande / event vers le haut

**G** Déplace une commande / event vers le bas

**H** **(ne pas toucher)**

**I** Vue sur le programme actuel

**J** **(ne pas toucher)**

Utiliser le bouton Enregistrer du programme dans la barre d'outils à la place.

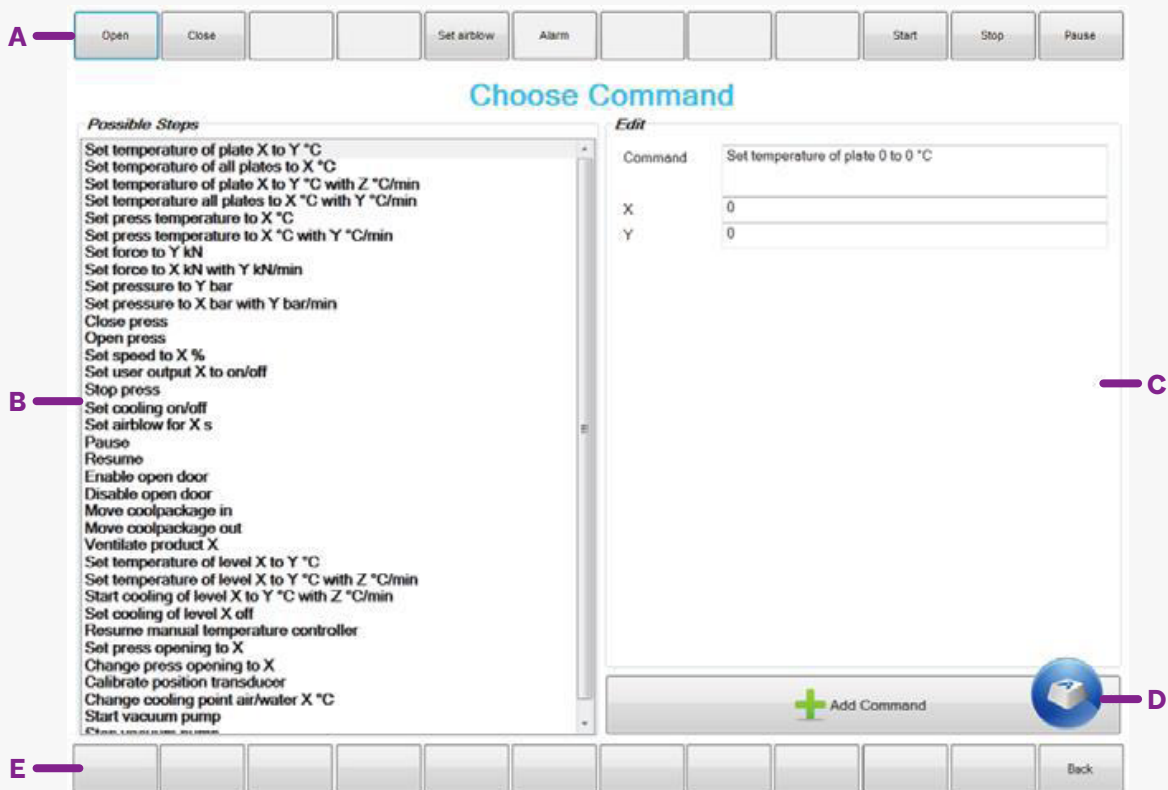
## LES ONGLETS COMMANDS / EVENTS

Les programmes se contruisent par un jeu de commandes et d'events (conditions) qui précisent la commande précédemment actionnée. Deux onglets sont à votre disposition :

Commands

Events

### ONGLETS COMMANDES ET EVENTS



- A** Barre de menu supérieure
- B** Liste des commandes / events disponibles
- C** Pour modifier les variables de la commande / event
- D** Ajoute la commande / event dans la page "Process Builder"
- E** Retour à la page "Process Builder"

# presse chauffante FONTIJNE

## guide de démarrage rapide

### LISTE DES COMMANDES

**Set temperature of plate X to Y °C**

**Set temperature of all plates to X °C**

**Set temperature of plate X to Y °C with Z °C / min**

**Set temperature of all plates to X °C with Y °C / min**

**Set force to Y kN**

**Set force to X kN with Y kN / min**

#### **Close press**

Ferme la presse (pas complètement par défaut, pour le faire = mettre une commande **Set force** à la suite de cette commande)

#### **Open press**

Ouvre la presse

#### **Set speed to X %**

Mettre la vitesse du piston X à %

#### **Enable open door**

La porte peut être ouverte lors d'une partie du programme.

Si milieu programme = le met en pause = appuyez bouton RESET pour continuer

#### **Disable open door**

La porte ne peut pas être ouverte lors d'une partie du programme.

**Ventilate product X s for Y times**

**Set temperature of level X to Y °C**

**Set temperature of level X to Y °C with Z °C / min**

**Resume manuel temperature controller**

**Set press opening to X**

**Change press opening to X**

**Change cooling point air / water X °C**

# presse chauffante FONTIJNE

## guide de démarrage rapide

### LISTE DES EVENTS PRINCIPALES

Wait X min and Y seconds

Wait until 'event'

Wait until 'event' OR 'event'

Wait until 'event' AND 'event'

Abort if 'event'

Abort if 'event' OR 'event'

Abort if 'event' AND 'event'

### REMARQUE EVENT ET SOUS EVENT

Les commandes EVENT peuvent être paramétrées avec d'autres commandes : les SOUS - EVENT.

### REMARQUE SUR SYMBOLE <=>

Signes <=> :  
On peut mettre inférieur, égal ou supérieur à une valeur.



## LISTE DES SOUS - EVENT

**Press is open**

**Press is closed**

**Force is  $\leq$  Y kN**

**Pressure is  $\leq$  Y bar**

**Temperature of plate X is  $\leq$  Z °C**

**Temperature of all plates is  $\leq$  Z °C**

**Wait timer is X minutes and Y seconds after start press**

**Door is open**

**Door is closed**

**Temperature of level X is  $\leq$  Z °C**

**Temperature of all levels is  $\leq$  Y**

**Absolute opening of the press is  $\leq$  Y**

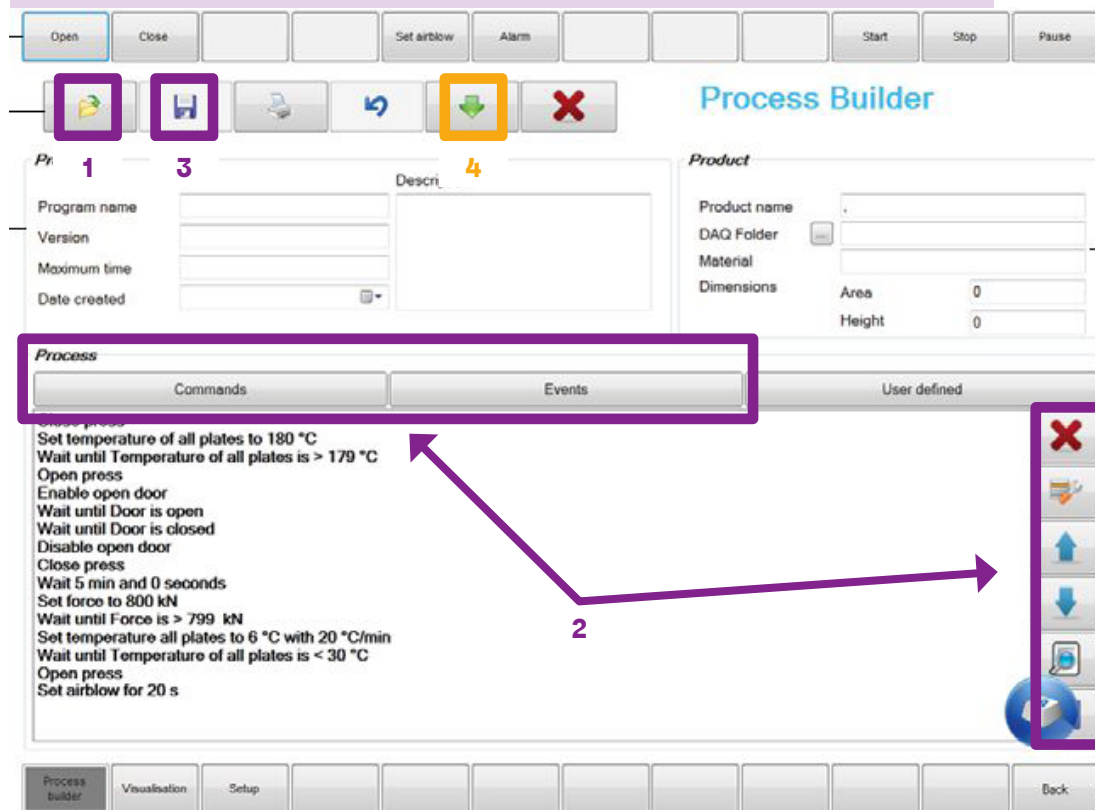
**Relative opening of the press is  $\leq$  Y**

# presse chauffante FONTIJNE

## guide de démarrage rapide

### CRÉER ET LANCER SON PROGRAMME

Depuis la page "Process Builder" (voir pages précédentes), sélectionnez et ouvrez un programme type.



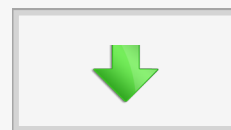
2 • Utilisez les onglets commands, events et le panneau de modification de programme pour développer le votre.  
(+ d'infos sur ces onglets sur les pages précédentes)

3 • Dès que le programme est fini, enregistrez-le.

4 • Lancez le programme sur la machine.

### MISE EN GARDE POUR LE LANCEMENT DE PROGRAMME

N'oubliez pas d'appuyer sur le bouton de lancement de programme avant d'appuyer sur START, sinon l'ancien programme de la machine se mettra en route !



### MISE EN GARDE REFROIDISSEMENT

Baisser la T°C des plateaux fait démarrer le watercooling de la machine faisant sortir l'eau à T°C ambiante des plateaux !  
Bien vérifier sortie d'eau pour éviter toute projection d'eau incontrôlée.

bouton de lancement



## EXEMPLE DE PROGRAMME

(VOIR PAGES SUR PROTOCOLES DE PLAQUES TYPES POUR + D'INFOS)

|                    |  |
|--------------------|--|
| EVENT              | <b>Wait until door is closed</b><br>Fermez la porte de la presse pour lancer le programme                                      |
| COMMANDE           | <b>Close press</b><br>Ferme la presse – Fermeture pour faire chauffer les plaques plus rapidement                              |
| COMMANDE           | <b>Set temperature of all plates to 200 °C</b><br>Mise en T°C des plateaux à 200°C   |
| COMMANDE           | <b>Enable open door</b><br>Ouverture possible des portes   |
| EVENT + SOUS-EVENT | <b>Wait until temperature of all plates is &gt; 190 °C</b><br>Attendre que la T°C des plateaux soit supérieure à 190 °C        |
| COMMANDE           | <b>Open press</b><br>Ouvre la presse   |
| EVENT              | <b>Wait until door is open</b><br>Attend que la porte soit ouverte – Dépose des moules pour faire des plaques                  |
| EVENT              | <b>Wait until door is closed</b><br>Attend que la porte soit fermée  |
| COMMANDE           | <b>Set force to 40 kN</b><br>Met la force à 40 kN  |
| COMMANDE           | <b>Close press</b><br>Ferme la presse pour enclencher le pressage  |
| EVENT + SOUS-EVENT | <b>Wait until force is &gt; 30 kN</b><br>Attendre que la force soit supérieure à 30 kN   |
| EVENT              | <b>Wait 0 min and 30 seconds</b><br><u>ET</u> Attendre 30 secondes   |
| COMMANDE           | <b>Set temperature of all plates to 30 °C</b><br>Mettre la T°C des plateaux à 30 °C – Démarrage du watercooling pour refroidir |
| EVENT + SOUS-EVENT | <b>Wait until temperature of all plate is &lt; 50 °C</b><br>Attendre que la T°C des plateaux soit inférieur à 50 °C            |
| COMMANDE           | <b>Enable open door</b><br>Ouverture possible des portes – Fin de programme  |

# presse chauffante FONTIJNE

## guide de démarrage rapide

### PROBLÈMES RÉCURRENTS ET RÉOLUTIONS

#### PORTE MAL FERMÉE

Le système de la porte à un certain jeu. Il est facile ne pas correctement la fermer. Rappel : la porte doit impérativement être fermée à toute étape de pressage ou de chauffage.

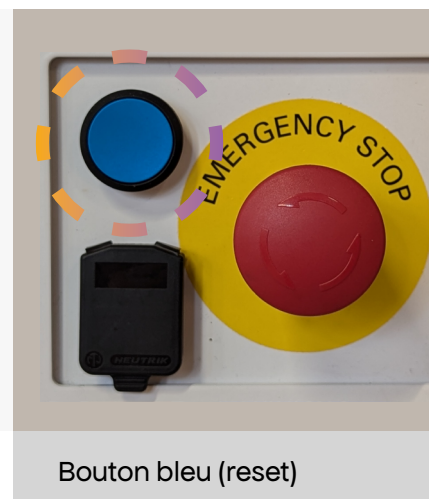


Exemple de porte mal fermée avec vue sur son capteur non verrouillé.

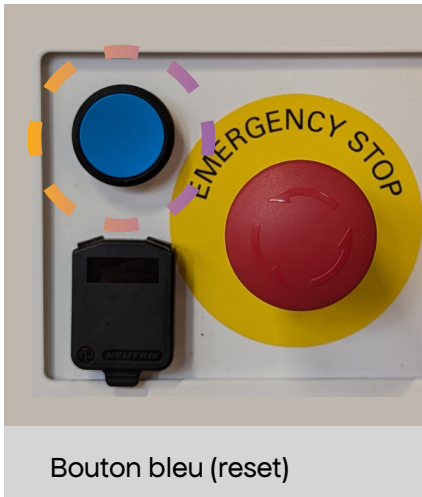
Si la porte est ouverte lors du lancement de programme  
= alarme activée + bloque le fonctionnement de la machine.

Résolution : refermer correctement la porte PUIS appuyez sur le bouton bleu RESET pour reinitialiser l'alarme.

Selon les commandes employées, le programme peut continuer ses étapes normalement ou s'annuler dans de rare cas.



Bouton bleu (reset)



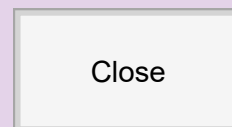
## DÉSACTIVER ALARMES

Pour enlever l'alarme, cliquez sur le bouton RESET.

- Peut faire continuer le programme en cours dès son appui



## FERMER FENÊTRE POP-UP ALARME



bouton sur la fenêtre pop-up de l'alarme

# presse chauffante FONTIJNE

## guide de démarrage rapide

### PROBLÈMES PRESSAGE / CHAUFFAGE

#### SI COULURE HORS DES PLAQUES DU MOULE

##### SI PETITE COULURE

Attendre fin de programme pour nettoyer

##### SI GRANDE COULURE

#### STOPPER PROGRAMME ET OUVRIR PRESSE

Stop

+

Open

Boutons sur la barre de menu supérieure

#### REFROIDIR EN MODE MANUEL LA PRESSE

- Revenir à la page principal du logiciel
- Saisir **40°C** dans les cases blanches **TEMP 1** et **TEMP 2** du **SETPOINT**
- Cliquez sur les boutons ronds de ces paramètres pour valider

Force

#### Press Control System

##### Controllers

|          |      |  | Setpoint | Actual |
|----------|------|--|----------|--------|
| Force    | [kN] |  | 0        | 0.2    |
| Speed    | [%]  |  | 80       |        |
| Position | [mm] |  | 3.8      | 3.7    |
| Temp 1   | [°C] |  | 113.5    | 110.9  |
| Temp 2   | [°C] |  | 92.9     | 90.7   |

2

1

#### RAPPEL REFROIDISSEMENT

Baisser la T°C fait démarrer le watercooling de la machine faisant sortir l'eau à T°C ambiante des plateaux !

Bien vérifier sortie d'eau.

#### NETTOYER LES DÉGATS (VOIR PAGE SUIVANTE)

Ouvrir la porte de la presse, dégager le moule. Nettoyer délicatement la presse avec une spatule SANS RAYER les plateaux.



## SI EXPLOSION / AUTRE ANOMALIE



### STOPPER PROGRAMME ET OUVRIR PRESSE

Stop



Open

Boutons sur la barre de menu supérieure



## EN CAS DE DANGER IMMINENT



Bouton d'arrêt d'urgence

- Les plateaux chauffants cessent de se déplacer.
- Les plateaux chauffants ne sont plus chauffés et commencent peu à peu à se refroidir (refroidissement passif)
- Les fonctions de refroidissement et de soufflage d'air sont désactivées.

# presse chauffante FONTIJNE

## guide de démarrage rapide

### NETTOYAGE DE LA MACHINE



Le faire uniquement quand la machine n'est pas en action.

#### VITRE POLYCARBONATE

Serviette microfibre  
légerement humide

#### PANNEAUX MÉTALLIQUES

Serviette légerement humide

#### Attention !

tableau électrique de la machine  
derrière le panneau de face



### INTÉRIEUR MACHINE

Serviette

#### PLATEAUX

Serviette + spatule

Si matière sur les plateaux :

Prenez une spatule pour décoller la matière.

Le faire avec précaution pour ne pas rayer / abîmer les plateaux.

## ETEINDRE LA MACHINE

Etapes importantes : risque de corruption de fichiers si mal fait.

### QUITTER LE LOGICIEL



Exit

bouton sur la barre de menu inférieure

### ÉTEINDRE WINDOWS ET ATTENDRE 30 SECONDES

Mesure de sécurité pour que le PC puisse être bien éteint avant la coupure de courant.

### ÉTEINDRE LA MACHINE · TOURNER BOUTON-MOLETTE



### ETEINDRE LA VENTILATION

# faire des plaques

Les plaques de plastiques recyclés sont un matériau intéressant pour une utilisation de maquettage, prototypage voir décorative. Les effets de textures et ou de couleurs dépend uniquement de l'état du gisement de plastique et du travail de la matière durant les étapes de tris, et du glissement de la matière dans le moule lors du pressage.

## 1 · CHOISIR SA PRESSE

### PRESSE À IMPRIMER (T-SHIRT)



### PRESSE CHAUFFANTE FONTJINE LABECON 600KN



#### NB. PLATEAUX CHAUFFANTS

1 (celui du haut)

Les deux plateaux

#### TAILLE PLATEAUX + T°C MAX

38 x 38 cm · 300°C

40 x 40 cm · 300°C

#### REFROIDISSEMENT

non (passif)

oui (watercooling)

#### OCCASION

projet rapide  
expérimental

projet rapide à long avec des  
conditions de T°C et Temps précis  
expérimental + pour petite série

#### PROGRAMMABLE ?

non mais T°C programmable

mode manuel et programmable

#### UTILISATION DE LA MACHINE

facile d'emploi

sérieux niveau requis





## **2 · CHOISIR MOULE TYPE**

voir pages dédiées aux moules type



## **3 · FAIRE CALCUL POUR REMPLIR MOULE**

voir pages dédiées aux calculs type



## **4 · PROGRAMMER / UTILISER UNE PRESSE**

voir pages dédiées aux presses et aux pages sur les programmes types



## **5 · NETTOYER MACHINE + MOULE**

voir pages dédiées à ces machines

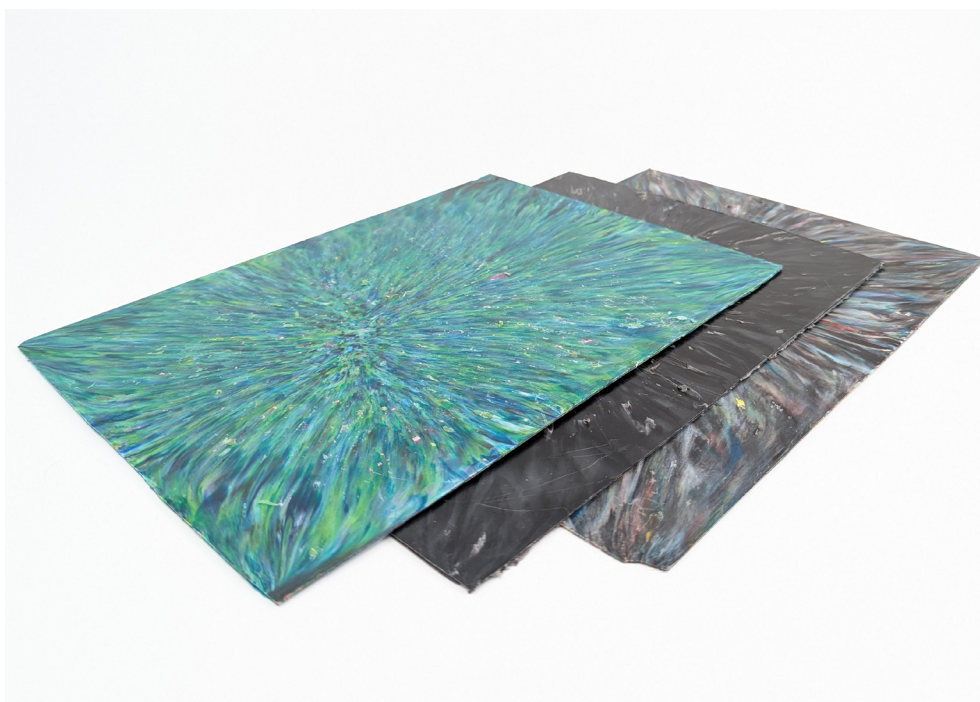
# faire des plaques

Différents paramètres sont applicables pour faire des plaques : jouer avec les épaisseurs par des moules  $\pm$  épais ; jouer avec des motifs et textures par un placement de matière particulier ou libre ; jouer avec l'opacité et la transparence. Une haute température de moulage impacte aussi la texture des plaques, Il n'est cependant pas conseillé d'user de ce paramètre en raison de la possibilité de rentrer dans les T°C de dégradation de la matière.

## JOUER AVEC LES ÉPAISSEURS



Plaques PLA  
8 mm



Plaques PLA  
1 mm

## JOUER AVEC LES MOTIFS ET TEXTURES

Plaque PLA  
avec motif 1 mm

Plaque PLA ayant cette forme bombée en raison d'un défaut de conception du moule : la bordure de la plaque ajourée du moule était trop fine et en raison des multiples pressages. Le moule se déforma de pressage en pressage.

[Voir page moule type](#)  
[pour + de détails](#)

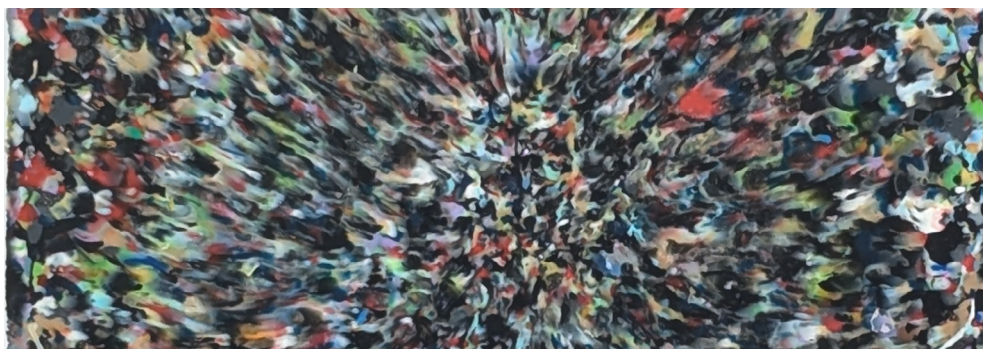


Plaque PLA  
avec motif 1 mm

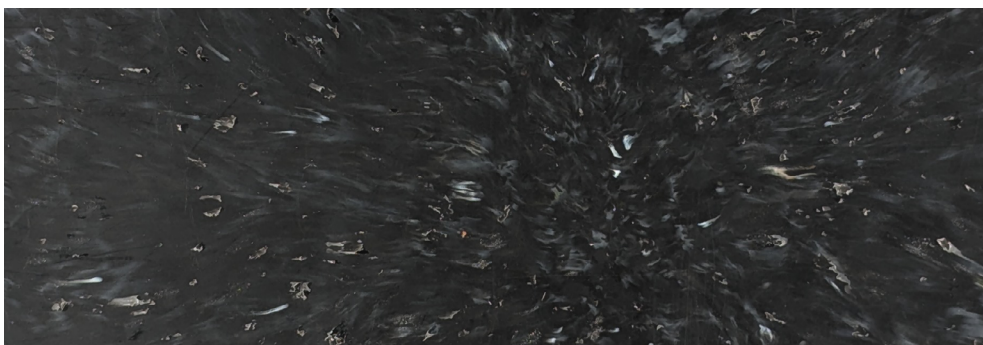




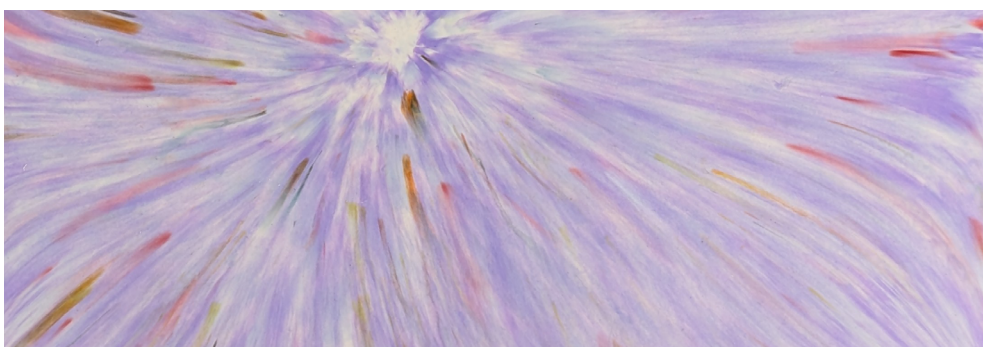
## faire des plaques



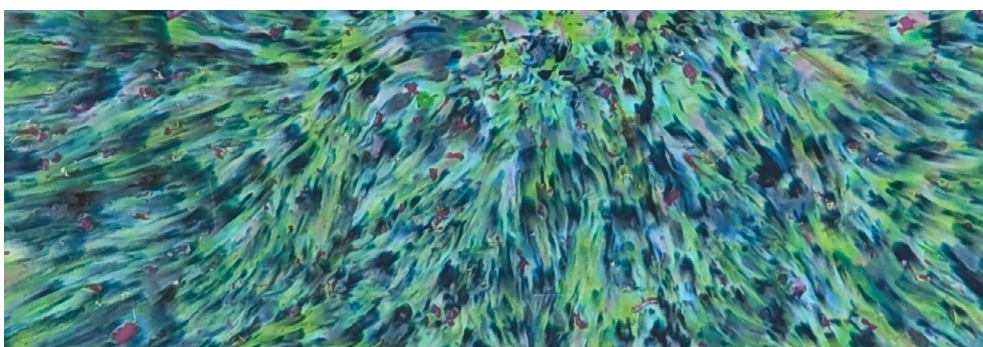
Plaque PLA  
couleurs mélangées



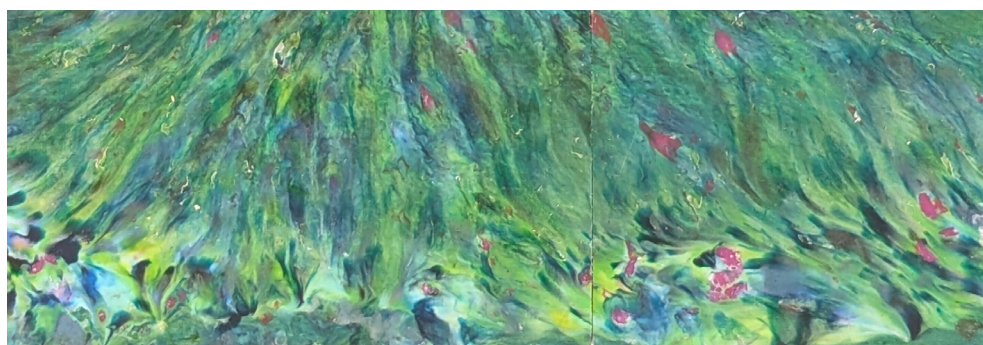
Plaque PLA  
noir avec des résidus blancs



Plaque PLA  
couleurs blanc - mauve  
avec quelques pointes d'orange



Plaque PLA  
couleurs froides



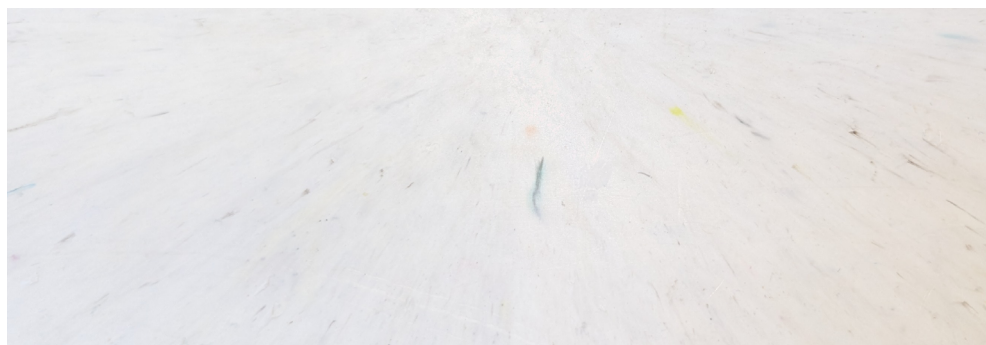
Plaque PLA  
couleurs froides



Plaque PLA  
couleurs chaudes



Plaque PLA  
blanc



## JOUER AVEC L'OPACITÉ ET LA TRANSPARENCE

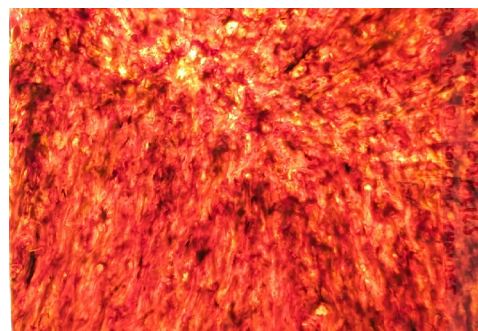
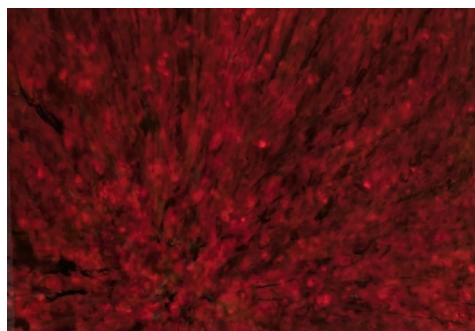
Plaques PLA  
sous une lampe à 10 cm d'écart

(colonne de droite)  
couleurs chaudes (170g)  
1 mm

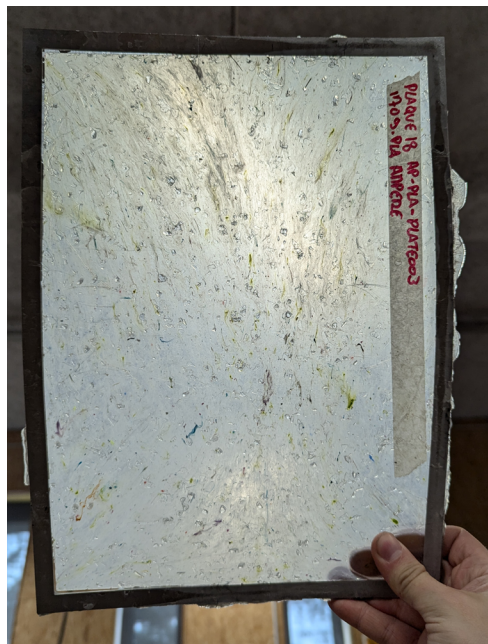
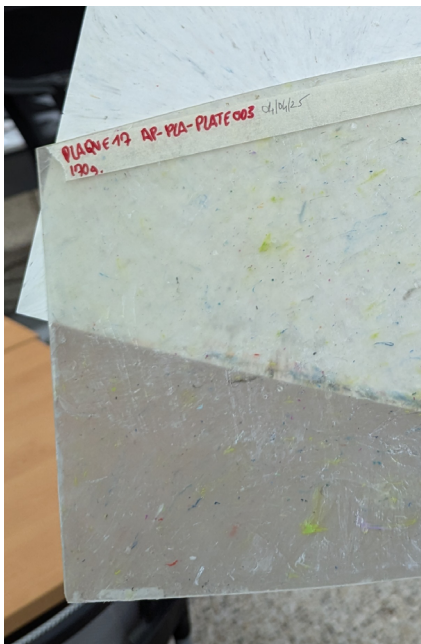
(colonne de gauche)  
couleurs chaudes (70g)  
+ transparent (100g)  
1 mm



Mêmes plaques PLA  
sous tablette lumineuse



## faire des plaques



Plaque de PLA transparent 1 mm  
(pollué par du broyat restant  
de la broyeuse)

## FABRICATION AVEC MOULE PERSONNALISÉ



Requin en PLA blanc pressé  
sous papier cuisson/moule MDF  
ajouré/papier cuisson  
à la presse chauffante (t-shirt)



Évolution des tentatives pour  
réaliser une spatule à la presse  
chauffante (t-shirt). T°C, Temps  
de cuisson et grammage variant  
à chaque étape. Production  
retravaillé à la ponçeuse à  
bande sur table



## DECOUPE LASER DE PLAQUE



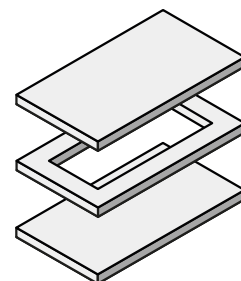
Diverses plaques PLA 1 MM  
découpées.



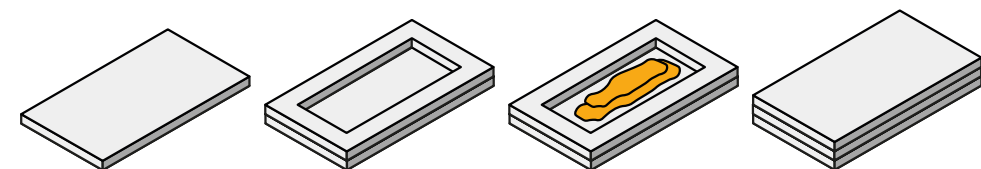
Plaque PLA blanc découpée et  
gravée à la LASER - assemblage  
par un point de colle cyano

# moûle type pour faire des plaques

Les moules sont réalisés en aluminium ou en acier. Les plaques ajourées sont réalisées à coup de découpeuse jet d'eau ou disqueuse. La taille des moules dépend de la place disponible sur les plateaux de la presse choisie en comptant en plus une marge de sécurité pour éviter tout débordement de matière.



## MOULE CLASSIQUE

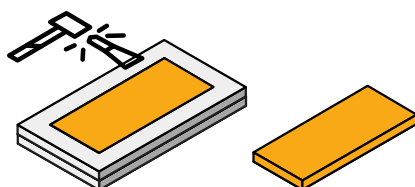


1 · plaque pleine

2 · ajouter une plaque ajourée

3 · déposer des particules\*

4 · ajouter une plaque pleine  
mettre sous presse



5 · décoller les plaques avec une pastule et un maillet

6 · plaque de plastique !



### REMARQUES GÉNÉRALES

\*= Selon calcul effectué. (voir page calcul type)

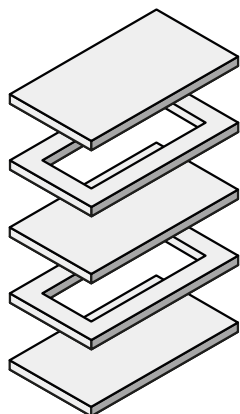
**Pour l'étape de déposer des particules :** faire un tas au milieu du moule et tasser l'ensemble en laissant 1 / 2 cm de vide sur chaque bord.

La plaque ajourée doit avoir une bordure de min. 4 cm pour éviter sa déformation au pressage.

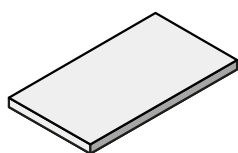
### REMARQUES MOULE CLASSIQUE

Moule adapté pour toutes les presses chauffantes.

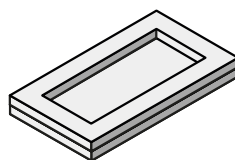




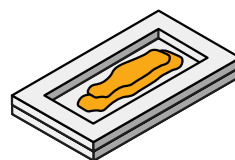
## DOUBLE-MOULE FONTIJNE



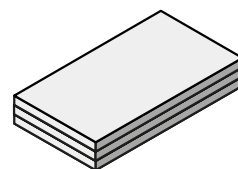
1 · plaque pleine



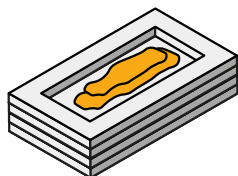
2 · ajouter une plaque ajourée



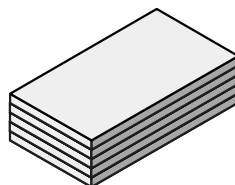
3 · déposer des particules\*



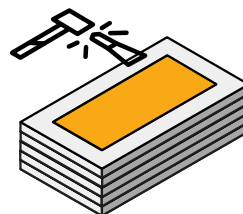
4 · ajouter une plaque pleine



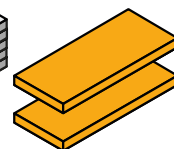
5 · y placer des particules



6 · ajouter une plaque pleine  
mettre sous presse



7 · décoller les plaques avec une pastule et un maillet



8 · plaques de plastique !

### REMARQUES DOUBLE-MOULE

Moule adapté uniquement pour la presse-chauffante Fontijne.  
L'épaisseur des plaques doit être fine afin que la chaleur puisse bien être conduite à la plaque du milieu. Recommandation : max 2 mm d'épaisseur.

# nettoyage type des moules

Un bon nettoyage est important pour réaliser une production propre.  
Il faut faire attention au grattage des plaques, le moindre impact dessus, se rend visible sur le rendu des productions. Ces impacts deviennent des points où le plastique peut s'accrocher et abîmer la production lors du démoulage.

## SCHÉMA NETTOYAGE

### MATIÈRE INCRUSTÉE SUR PLAQUE

Utiliser spatule + marteau pour décoller la matière.

Faire attention à ne pas rayer les plaques ! Sinon le plastique s'incrusterait dedans et modifierait le rendu des productions !

### PLAQUE AVEC SURFACE ROUILLÉE / RÉSIDUS DE MATIÈRE

Utiliser une ponceuse.



### FINITION À L'ALCOOL

Nettoyer à l'alcool isopropylique / ménager.

# calcul type pour le grammage d'une plaque

Le % de surplus de matière se jauge en expérimentant. Il est pertinent de faire les tests selon le polymère, petit à petit afin de réduire au maximum les risques de coulures pouvant endommager. La densité des différents polymères est notée dans la partie : **documentation et aspects techniques des polymères**.

## PROTOCOLE PLAQUE TYPE

### PLAQUE TYPE

#### 1. calcul remplissage moule

calcul intérieur moule  
(largeur × longueur × hauteur en cm)  
= **a** ml

calcul remplissage moule  
**a** ml × densité polymère ( **b** g/cm<sup>3</sup> )  
= **c** g de PLA

#### 2. calcul marge de surplus de matière pour élimination de bulles par le pressage

**c** g de polymère + **d** % de **c** g de polymère

**c** g + ( **d** × **c** / 100 )  
= **e** g de PLA à placer dans le moule

### EXEMPLE INT. MOULE 10,5 X 29,5 X 0,8 - PLA

1.  
 $10,5 \times 29,5 \times 0,8 \text{ cm}$   
= 247,8 ml

$247,8 \text{ ml} \times 1,25 \text{ g/cm}^3$   
= 309,75 g

2.  
marge de 5% pour PLA  
 $309,75 + ( 5 \times 309,75 / 100 )$   
= 61,95 g de PLA

$309,75 + 61,95$   
= 371,7 g de PLA à placer dans le moule

# programme type FONTIJNE

## moulage plaque PLA 1 mm

### PLAQUE PLA 1 MM

#### MOULE PLA 300 X 214 X 1 MM

```
//PRÉ-CHAUFFAGE DES PLAQUES//  
WAIT UNTIL DOOR IS CLOSED  
CLOSE PRESS  
SET TEMPERATURE OF ALL PLATES TO 200°C  
ENABLE OPEN DOOR  
WAIT UNTIL TEMPERATURE OF ALL PLATES IS > 190°C  
OPEN PRESS  
WAIT UNTIL DOOR IS OPEN  
  
//PLACER UN MOULE DE 84 G//  
WAIT UNTIL DOOR IS CLOSED  
  
//PRESSAGE//  
SET FORCE TO 40 KN  
CLOSE PRESS  
WAIT UNTIL FORCE IS > 30 KN  
WAIT 0 MIN AND 1 SECONDS  
  
//REFROIDISSEMENT DES PLAQUES//  
SET TEMPERATURE OF ALL PLATES TO 30°C  
WAIT UNTIL TEMPERATURE OF ALL PLATE IS < 50°C  
OPEN PRESS  
ENABLE OPEN DOOR
```

#### DÉTAILS TECHNIQUES

durée programme : ~30 min  
temps de chauffe 15 min + action (1 s.) + refroidissement 15 min

temps de chauffe réelle de la plaque jusqu'à sa descente de T°C minimal  
de transition vitreuse, par le refroidissement des plateaux :  
2 min 50 (pour passer de 200°C à 170°C)

# programme type FONTIJNE

## moulage plaque PLA 2 mm

### PLAQUE PLA 2 MM

#### MOULE PLA 300 X 210 X 2 MM

```
//PRÉ-CHAUFFAGE DES PLAQUES//  
WAIT UNTIL DOOR IS CLOSED  
CLOSE PRESS  
SET TEMPERATURE OF ALL PLATES TO 200°C  
ENABLE OPEN DOOR  
WAIT UNTIL TEMPERATURE OF ALL PLATES IS > 190°C  
OPEN PRESS  
WAIT UNTIL DOOR IS OPEN  
  
//PLACER UN MOULE DE 158 G//  
WAIT UNTIL DOOR IS CLOSED  
  
//PRESSAGE//  
SET FORCE TO 40 KN  
CLOSE PRESS  
WAIT UNTIL FORCE IS > 30 KN  
WAIT 0 MIN AND 1 SECONDS  
  
//REFROIDISSEMENT DES PLAQUES//  
SET TEMPERATURE OF ALL PLATES TO 30°C  
WAIT UNTIL TEMPERATURE OF ALL PLATE IS < 50°C  
OPEN PRESS  
ENABLE OPEN DOOR
```

# programme type FONTIJNE

## moulage plaque PLA 4 mm

### PLAQUE PLA 4 MM

#### MOULE PLA 300 X 210 X 1 MM

```
//PRÉ-CHAUFFAGE DES PLAQUES//  
WAIT UNTIL DOOR IS CLOSED  
CLOSE PRESS  
SET TEMPERATURE OF ALL PLATES TO 200°C  
ENABLE OPEN DOOR  
WAIT UNTIL TEMPERATURE OF ALL PLATES IS > 190°C  
OPEN PRESS  
WAIT UNTIL DOOR IS OPEN  
  
//PLACER UN MOULE DE 315 G//  
WAIT UNTIL DOOR IS CLOSED  
  
//PRESSAGE//  
SET FORCE TO 40 KN  
CLOSE PRESS  
WAIT UNTIL FORCE IS > 30 KN  
WAIT 0 MIN AND 1 SECONDS  
  
//REFROIDISSEMENT DES PLAQUES//  
SET TEMPERATURE OF ALL PLATES TO 30°C  
WAIT UNTIL TEMPERATURE OF ALL PLATE IS < 50°C  
OPEN PRESS  
ENABLE OPEN DOOR
```

# programme type FONTIJNE

## moulage plaque PP 1 mm

### PLAQUE PP 1 MM

#### MOULE PP 300 X 214 X 1 MM

```
//PRÉ-CHAUFFAGE DES PLAQUES//  
WAIT UNTIL DOOR IS CLOSED  
CLOSE PRESS  
SET TEMPERATURE OF ALL PLATES TO 200°C  
ENABLE OPEN DOOR  
WAIT UNTIL TEMPERATURE OF ALL PLATES IS > 190°C  
OPEN PRESS  
WAIT UNTIL DOOR IS OPEN  
  
//PLACER UN MOULE DE 65 G//  
WAIT UNTIL DOOR IS CLOSED  
  
//PRESSAGE//  
SET FORCE TO 40 KN  
CLOSE PRESS  
WAIT UNTIL FORCE IS > 30 KN  
WAIT 1 MIN AND 0 SECONDS  
  
//REFROIDISSEMENT DES PLAQUES//  
SET TEMPERATURE OF ALL PLATES TO 25°C  
WAIT UNTIL TEMPERATURE OF ALL PLATE IS < 45°C  
OPEN PRESS  
ENABLE OPEN DOOR
```

#### DÉTAILS TECHNIQUES

durée programme : ~40 min  
temps de chauffe 20 min + action (1 min.) + refroidissement 20 min

# programme type FONTIJNE

## moulage plaque PET 1 mm

### PLAQUE PET 1 MM

#### MOULE PLA 300 X 214 X 1 MM

```
//PRÉ-CHAUFFAGE DES PLAQUES//  
WAIT UNTIL DOOR IS CLOSED  
CLOSE PRESS  
SET TEMPERATURE OF ALL PLATES TO 250°C  
ENABLE OPEN DOOR  
WAIT UNTIL TEMPERATURE OF ALL PLATES IS > 240°C  
OPEN PRESS  
WAIT UNTIL DOOR IS OPEN  
  
//PLACER UN MOULE DE 94 G//  
WAIT UNTIL DOOR IS CLOSED  
  
//PRESSAGE//  
SET FORCE TO 60 KN  
CLOSE PRESS  
WAIT UNTIL FORCE IS > 50 KN  
WAIT 2 MIN AND 0 SECONDS  
  
//REFROIDISSEMENT DES PLAQUES//  
SET TEMPERATURE OF ALL PLATES TO 30°C  
WAIT UNTIL TEMPERATURE OF ALL PLATE IS < 50°C  
OPEN PRESS  
ENABLE OPEN DOOR
```

#### REMARQUES

PET 94 g, (1,38g / cm<sup>3</sup>), 270°C pendant 4 min + 60 kN :  
trop haute température + matière très cassante.

PET 91 g, (1,34g / cm<sup>3</sup>), 250°C pendant 1 min 30 + 60 kN :  
meilleur rendu, toujours cassant.

Faire d'autres tests pour améliorer la production de PET.



# programme type FONTIJNE

## moulage plaque HDPE 1 mm

### PLAQUE HDPE 1 MM

#### MOULE PLA 300 X 214 X 1 MM

```
//PRÉ-CHAUFFAGE DES PLAQUES//  
WAIT UNTIL DOOR IS CLOSED  
CLOSE PRESS  
SET TEMPERATURE OF ALL PLATES TO 200°C  
ENABLE OPEN DOOR  
WAIT UNTIL TEMPERATURE OF ALL PLATES IS > 190°C  
OPEN PRESS  
WAIT UNTIL DOOR IS OPEN  
  
//PLACER UN MOULE DE 65 G//  
WAIT UNTIL DOOR IS CLOSED  
  
//PRESSAGE//  
SET FORCE TO 40 KN  
CLOSE PRESS  
WAIT UNTIL FORCE IS > 30 KN  
WAIT 0 MIN AND 1 SECONDS  
  
//REFROIDISSEMENT DES PLAQUES//  
SET TEMPERATURE OF ALL PLATES TO 30°C  
WAIT UNTIL TEMPERATURE OF ALL PLATE IS < 50°C  
OPEN PRESS  
ENABLE OPEN DOOR
```



# **projets types réalisés**

# porte-clés UCBL Lyon 1





marquetterie



assemblage par  
soudure avec PLA



gravure seulement



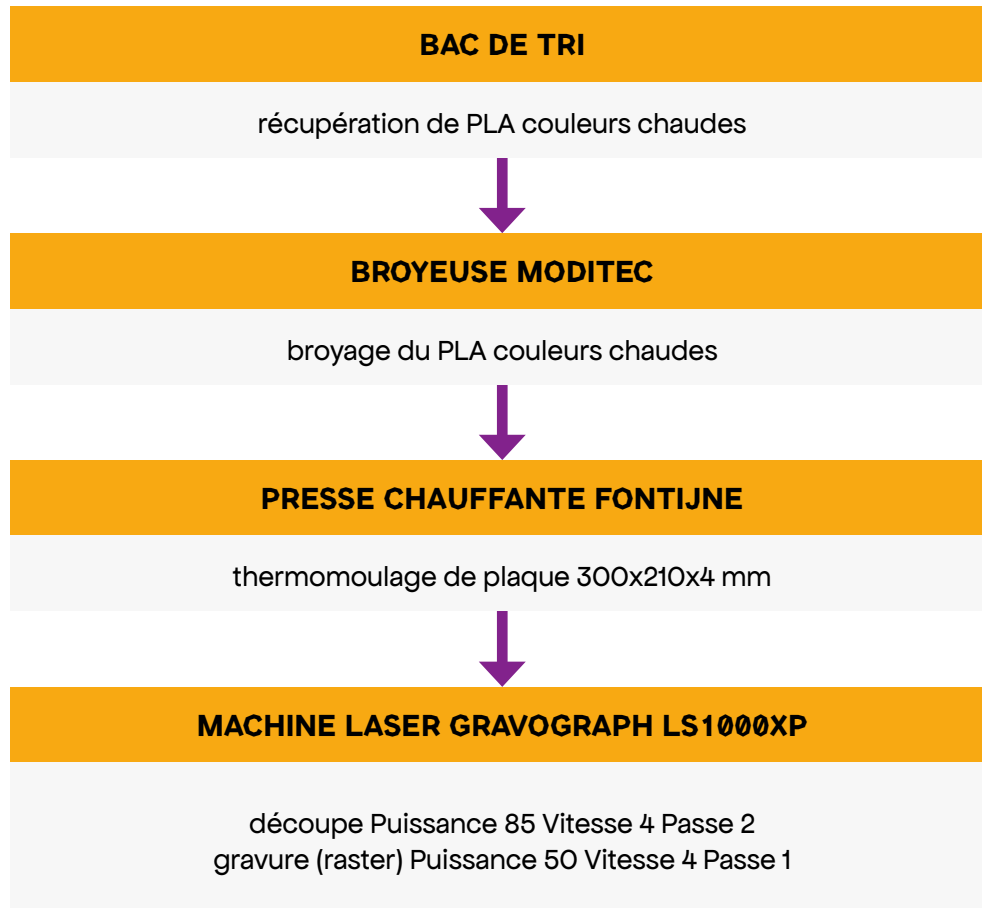
gravure seulement



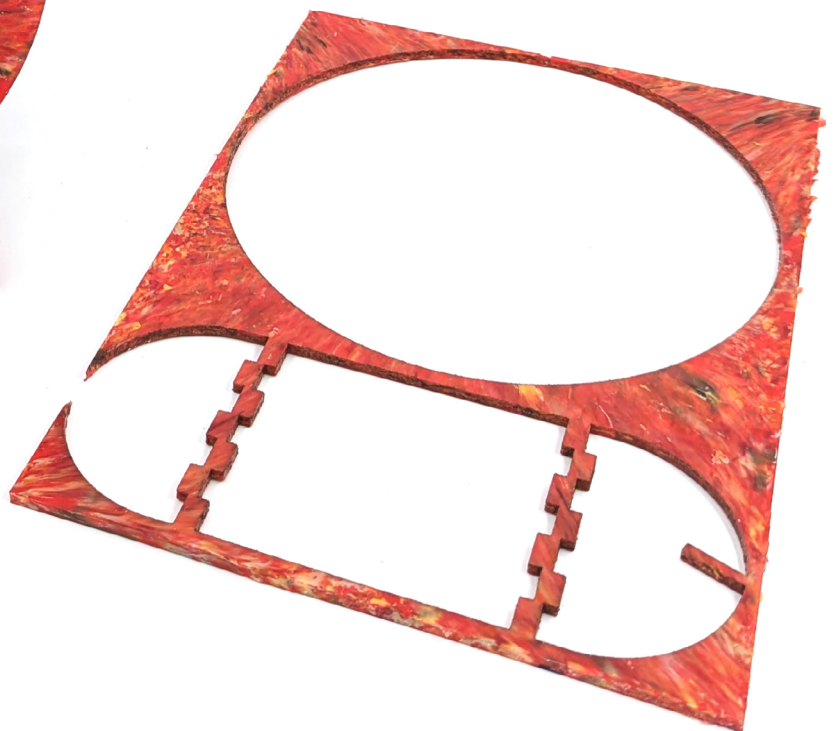
2 découpages



# horloge PLAP







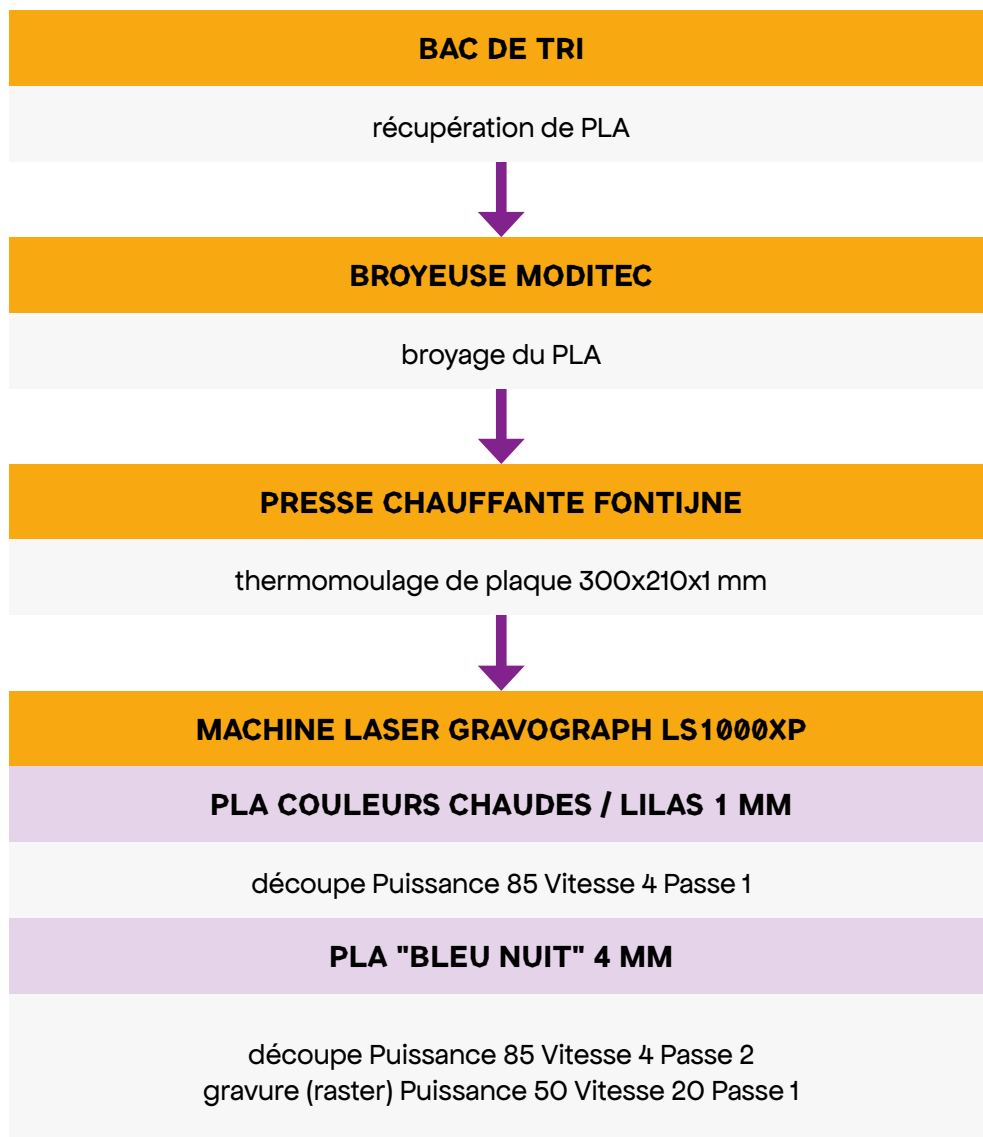
## horloge PLAP (variante)







# boucles d'oreilles et pampilles



## ATTENTION



Le PLA 1 mm après travail de la laser peut continuer à fondre en ayant une flamme active dessus. À éteindre rapidement si le cas est présent.











# **documentation et aspects techniques des polymères**

# introduction

Cette documentation est constituée d'informations sur les polymères dont les sources ont été croisées pour réduire la marge d'erreur de celles-ci. De par ses nombreuses sources, ce document ne peut être publié ou commercialisé sans l'accord des droits de chaque auteur·trice. Ce document est uniquement à but pédagogique pour la chaîne de recyclage plastique du Fablab de la Fabrique de l'Innovation.

Certains éléments techniques en lien aux polymères ont été omis (taux de cristallinité etc...) pour ne pas noyer le·la lecteur·trice sur les complexités du plastique. Une bibliographie est proposée en fin de livre, pour en apprendre davantage.

**type (amorphe /semi-cristallin)** : voir p. 89.

**densité** : voir p. 90.

**températures (T°C)** : voir p. 91.








**hydrolyse** : voir p. 95-96.

**±** : signifie plus ou moins.



# identification par code résine plastique

Les codes résines sont des repères pour identifier la matière d'un objet réalisé en plastique. Il en existe 7.

|   |  |   |  |
|---|--|---|--|
|    | <b>Polytéréphtalate d'éthylène</b><br>bouteille et flacon...                         | → | <b>Se recycle</b>  |
|    | <b>Polyéthylène haute densité</b><br>bidon, bouteille de lait...                     | → | <b>Se recycle</b>  |
|   | <b>Polychlorure de vinyle</b><br>tuyauterie, gouttière,<br>encadrement de fenêtre... | → | <b>Se recycle</b>  |
|  | <b>Polyéthylène basse densité</b><br>blister, sachet, sac fin...                     | → | <b>Recyclage difficile</b><br>(filière en développement)   |
|  | <b>Polypropylène</b><br>pot, bouteille, film, blister<br>écocup, tupperware...       | → | <b>Se recycle</b><br>Si blister = non recyclage  |
|  | <b>Polystyrène</b><br>emballage...   | → | <b>Ne se recycle pas à ce jour !</b>   |
|  | <b>Autres plastiques</b><br>PLA, PC, PMMA, NYLON, TPU...                             | → | <b>Recyclage difficile</b><br>(matériaux souvent multi-matériau<br>ou multi-plastique = indissociable) |

# identification

## par plonge dans un liquide

Comment identifier le plastique si aucun triangle embossé est visible ?  
Chaque type de plastique possède sa propre densité. En fonction du liquide dans lequel il sera plongé, il sera amené à flotter ou à couler.

|      | EAU    | ALCOOL | HUILE VÉGÉTALE | GLYCÉRINE |
|------|--------|--------|----------------|-----------|
| PEBD | flotte | flotte | flotte         | flotte    |
| PEHD | flotte | coule  | coule          | flotte    |
| PET  | coule  | coule  | coule          | coule     |
| PP   | flotte | flotte | flotte         | flotte    |
| PS   | coule  | coule  | coule          | flotte    |
| PVC  | coule  | coule  | coule          | coule     |

*Si le plastique blanchi au pliage, il est probable que cela soit du PP.*  
<https://www.atelierdesrecycleursfous.fr/cr%C3%A9ations>

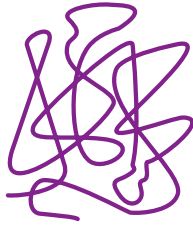
## taux de recyclabilité, et d'étuvage

|      | RECYCLAGE        | ETUVAGE                       |
|------|------------------|-------------------------------|
| ABS  | 30 % max         | en étuve • 2 - 4 h • 80°C     |
| PEBD | 100 %            | inutile • 80°C max            |
| PEHD | 100 %            | inutile • 80°C max            |
| PET  | dépend fabricant | dessicateur • 4 h • 140°C     |
| PETG | dépend fabricant | dessicateur • 4 h • 140°C     |
| PLA  | 100% max         | dessicateur • 4 h • 55 - 87°C |
| PMMA | ?                | ?                             |
| PP   | 100 %            | inutile • 80°C max            |
| PS   | 100 %            | facultatif • 1 - 2 h • 60°C   |
| PVC  | ?                | ?                             |
| TPU  | ?                | en étuve • 2 h • 110°C        |

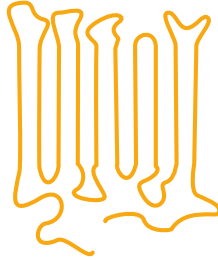
*Biron Michel, Transformation des matières plastiques, Dunod, Paris, 2010, p. 8-92.*

# plastiques amorphes et semi-cristallins

La différence entre un plastique amorphe et un plastique semi-cristallin réside dans l'arrangement de leurs chaînes moléculaires :



plastique amorphe



plastique semi-cristallins

source image : Wikipédia polymère semi-cristallin

**plastique amorphe** : Structure désordonnée, sans organisation régulière. Il s'assouplit progressivement à mesure que la T°C augmente. Souvent transparent.

**plastique semi-cristallin** : Présente à la fois une structure avec des zones ordonnées et désordonnées. Ces zones cristallines donnent au matériau une meilleure résistance mécanique. Souvent opaque.

Alors que les matériaux amorphes s'assouplissent progressivement lorsque la température augmente, les plastiques semi-cristallins ne le font pas. Au lieu de cela, ils restent solides — en raison de leurs chaînes ordonnées et rigides — jusqu'à ce qu'une certaine quantité de chaleur soit absorbée. Les matériaux se transforment ensuite rapidement en liquide à faible viscosité.

## avantages amorphe :

- matériaux isotropiques = stabilité dimensionnelle et propriétés physiques, moins susceptibles à la déformation. = facile à thermoformer.
- résistance supérieure aux impacts (comparé aux semi-cristallins) et sont les mieux adaptés pour les applications structurelles.

## inconvénients amorphe :

- Présence d'hydrocarbures = plastique plus sensible à la fracture et à la contrainte. Ne convient pas pour des pièces de roulements et d'usure.
- Tendance à avoir une résistance chimique et une friction plus élevée que les matériaux semi-cristallins.

## avantages semi-cristallin :

- Convient pour des pièces de roulements, d'usure et de structure.
- Bonne robustesse et faible coefficient de frottement.

## inconvénients semi-cristallin :

- matériaux anisotropiques = instabilité dimensionnelle et propriétés physiques variable selon flux.
- La T°C de fusion étant relativement nette le passage d'état solide à liquide rend difficile le thermoformage.
- Résistance aux impacts : moyenne. Hydrophobe.

# densité et type de polymères

Connaître la densité d'un polymère aide à son identification, il permet aussi à calculer le taux de plastique à mettre dans un moule lors d'un thermomoulage.

|      | DENSITÉ g/cm <sup>3</sup> | TYPE                |
|------|---------------------------|---------------------|
| ABS  | 1.08                      | amorphe             |
| PEBD | 0.92 - 0.94               | semi-cristallin     |
| PEHD | 0.95 - 0.97               | semi-cristallin     |
| PET  | 1.34 - 1.38               | semi-cristallin     |
| PETG | 1.28                      | semi-cristallin     |
| PLA  | 1.25                      | semi-cristallin     |
| PMMA | 1.18                      | amorphe             |
| PP   | 0.90 - 0.92               | semi-cristallin     |
| PS   | 0.92 - 0.94               | amorphe             |
| PVC  | 1.25 - 1.45               | amorphe             |
| TPU  | 1.21                      | très peu cristallin |

Autres densité : <https://www.filimprimante3d.fr/pages/longueur-des-filaments> ;

Densité petg : <https://artillery3dexpert.fr/collections/filaments-petg/products/petg-noir-premium-wanhao-1-75mm-1-kg> ;

Wikipédia des différents polymères

# définition températures, synthèse réaction thermique d'un polymère

Les températures indiquées sur ce document sont à titre indicatif. La T°C d'un plastique se travaille sur une gamme de T°C et non sur une T°C unique.

**T°C de transition vitreuse (glass) :** **T<sub>v</sub>** représente l'intervalle de T°C à travers lequel la matière passe d'un état rigide à un état caoutchouteux.

**T°C de fusion (melt) :** **T<sub>f</sub>** représente la T°C où le matériau se liquéfie.

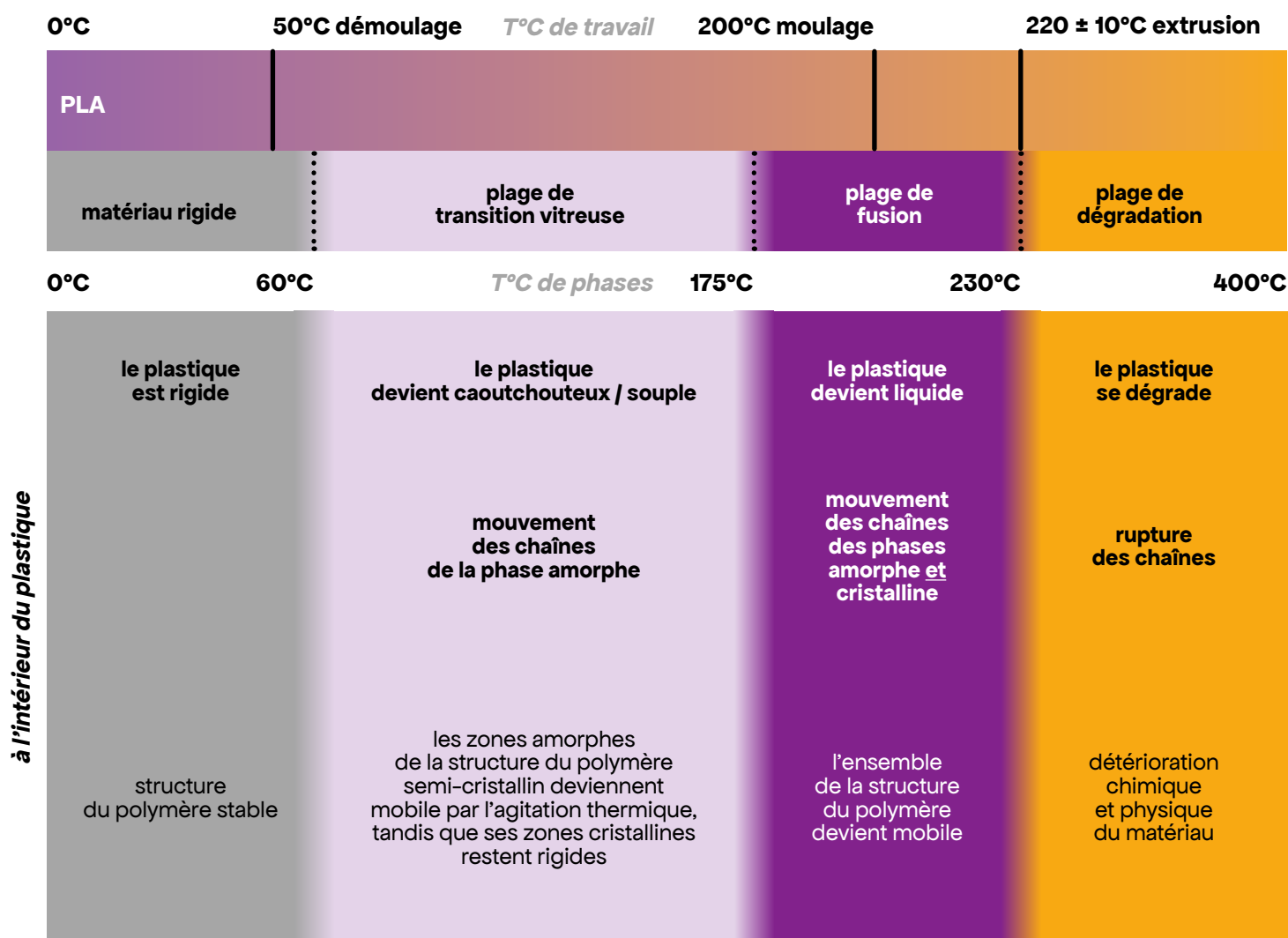
**T°C de dégradation :** T°C où le matériau a perdu 90% de ses propriétés physiques et chimiques.

**T°C d'extrusion :** T°C pour extruder un plastique par imprimante 3D.

**T°C de travail et T°C de phases :** Ne pas confondre T°C de travail du matériau et de la T°C de phases (états) du matériau.

**T°C de moulage / de démoulage :** T°C indicative du plastique.

## SCHÉMA RÉCAPITULATIF DES T°C DE TRAVAIL / DES T°C DE PHASES ET RÉACTION THERMIQUE D'UN PLASTIQUE SEMI-CRISTALLIN (PLA)



# tableau température de transition vitreuse, fusion et dégradation

|      | T°C DE TRANSITION VITREUSE* | T°C DE FUSION*    | T°C DE DÉGRADATION** |
|------|-----------------------------|-------------------|----------------------|
| ABS  | 105 - 115°C                 | 180 - 250 - 265°C | 276°C                |
| PEBD | - 100°C                     | 105°C             | 274°C                |
| PEHD | - 100°C à - 130°C           | 125°C             | 274°C                |
| PET  | 70°C                        | 245°C             | 310°C                |
| PETG | 75 - 80°C                   | 240 ± 20°C        | 330°C                |
| PLA  | 60°C                        | 202,5 ± 27,5°C    | 375 - 400°C          |
| PMMA | 108°C                       | 130 - 140°C       | 289°C                |
| PP   | - 10°C                      | 145 - 175°C       | 250°C                |
| PS   | 95°C                        | 240 - 270°C       | 244°C                |
| PVC  | 80°C                        | 180°C             | 260°C                |
| TPU  | - 30°C                      | 200 - 250°C       | 300°C                |

\*T°C dépendante du fabricant. \*\*à partir de cette T°C

G. Beauhaire, Analyse calorimétrique et thermogravimétrique appliquée aux polymères industriels, p. E9, SNIAS Suresnes, conférence SFIP, 17 novembre 1983, Paris ; Wikipédia de chaque polymère. Données de l'INRS pour la T°C de dégradation.

## ASTUCE TEMPÉRATURE

Si pas de précision sur la T°C de fusion, alors prendre le premier tiers de la plage de transformation du polymère entre sa T°C de transition vitreuse et de sa dégradation (T°C max).

Pichon ; Guichou, Aide Mémoire injection des matières plastiques, Dunod, Paris, 201, p. 202.

| T°C transition vitreuse<br>60°C | T°C de fusion trouvée<br>~173°C | ~286°C | dégradation<br>400°C |
|---------------------------------|---------------------------------|--------|----------------------|
| PLA                             | 1 / 3                           | 2 / 3  | 3 / 3                |

# tableau température moulage et démoulage

|      | T°C MOULAGE | T°C DÉMOULAGE | PARTICULARITÉ DE MOULAGE                  |
|------|-------------|---------------|---|
| ABS  | 30 - 80°C   | 70 - 80°C     | givrage fréquent                          |
| PEBD | 4 - 60°C    | 60 - 95°C     | post-retrait élevé                        |
| PEHD | 4 - 60°C    | 80 - 110°C    | post-retrait élevé                        |
| PET  | 20 - 140°C  | 170°C         | ?   |
| PETG | 20 - 140°C  | 170°C         | ?   |
| PLA  | 200°C       | 50°C          | éviter T°C trop haute                     |
| PMMA | 40 - 180°C  | 90 - 110°C    | ?   |
| PP   | 4 - 90°C    | 110 - 130°C   | éjection difficile<br>retrait élevé       |
| PS   | 4 - 60°C    | 60 - 85°C     | éjection difficile<br>car produit fragile |
| PVC  | 40 - 60°C   | 70°C          | ?   |
| TPU  | 5 - 40°C    | 50 - 60°C     | éjection difficile<br>car produit souple  |

Biron Michel, Transformation des matières plastiques, Dunod, Paris, 2010, p. 92.


**ATTENTION · MISE EN GARDE**


Le travail du plastique doit toujours se faire dans un lieu propre avec une ventilation active afin d'éviter d'inhaler les vapeurs de celui-ci en pleine transformation.



TOXIQUE



# liste des défauts possibles de moulage et résolutions

## DÉFAUTS POSSIBLES DE MOULAGE / RÉOLUTIONS

### SI BAVURE (EN TOILE) SUR LE PLAN DE JOINT

Problème physique :  
1 : fermeture incorrect du moule  
2 : jeu trop important

Problème de méthode  
3 : T°C de moule trop élevé  
4 : pression trop forte

### SI BULLES DE GAZ (TROUS D'AIR)

Problème physique :  
1 : T°C inadaptée

Problème de méthode  
2 : étuvage insuffisant

### SI GIVRAGE (BULLES EN SURFACE)\* ASPECTS RUGUEUX SEMBLABLES À DES TRACES DE GIVRES

Problème physique :  
1 : dégradation de la matière /  
condensation de l'eau

Problème de méthode  
2 : étuvage insuffisant  
3 : T°C matière trop élevé  
4 : T°C moule trop basse

*\*Aspects rugueux semblables à des traces de givres.*

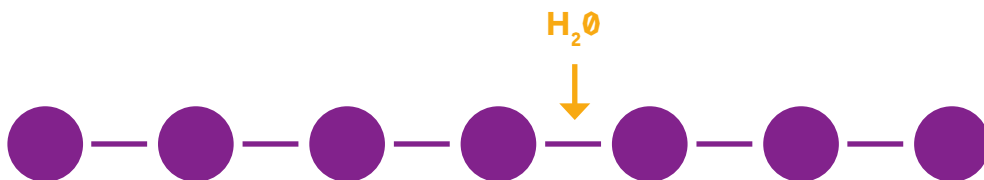
*Pichon ; Guichou, Aide Mémoire injection des matières plastiques, Dunod, Paris, 201, p. 240.*

# mise en garde sur l'hydrolyse — rupture de liaisons moléculaires

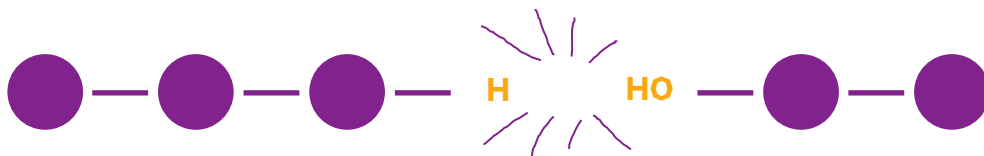
Les polymères se dégradent lorsqu'ils sont exposés à une haute température pendant une longue durée. L'humidité présente dans le matériau favorise cette dégradation, ce qui altère la fusion et les propriétés du plastique. Ce phénomène se nomme hydrolyse, une réaction où l'eau casse les liaisons dans les chaînes du polymère. Sécher le polymère avant usage permet de limiter ce phénomène.



Chaîne de polymère normale



Entrée de l'humidité dans la chaîne du polymère



L'eau est absorbé par le polymère brisant des liaisons moléculaires sur toute sa longueur de chaîne, le rendant ainsi plus cassant.

## COMMENT REPÉRER DES SIGNES D'HUMIDITÉ

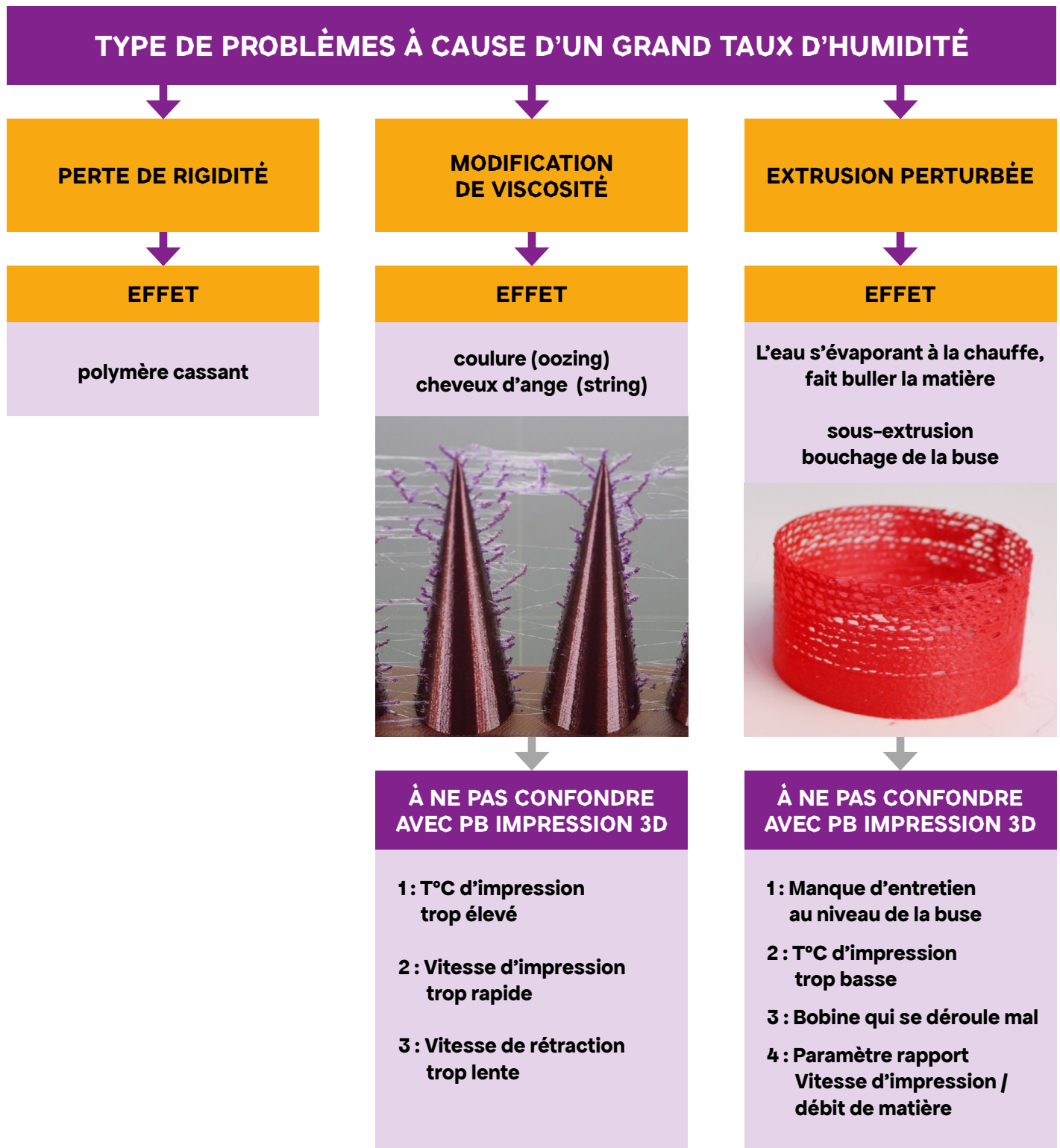
**BRUIT D'ÉCLATEMENT /  
GRÉSILLEMENT  
À L'EXTRUSION**

**MATÉRIAU NON LISSE  
PETITES BULLES  
"ASPECT BOUILLONNANT"**

**MATÉRIAU CONTINU DE  
SUIINTER MÊME MOTEUR  
EXTRUDEUSE STOPPÉ**

Sources textes et représentations graphiques <https://support.bcn3d.com/fr/knowledge/humid-filament-bcn3d>

# **mise en garde sur l'hydrolyse — filamenteuse / extrusion**



# tableau récapitulatif données

|      | DENSITÉ g/cm <sup>3</sup> | TYPE                | T°C TRANS. VITREUSE | T°C DE FUSION     | T°C DE DÉGRADATION |
|------|---------------------------|---------------------|---------------------|-------------------|--------------------|
| ABS  | 1.08                      | amorphe             | 105 - 115°C         | 180 - 250 - 265°C | 276°C              |
| PEBD | 0.92 - 0.94               | semi-cristallin     | - 100°C             | 105°C             | 274°C              |
| PEHD | 0.95 - 0.97               | semi-cristallin     | - 100°C à - 130°C   | 125°C             | 274°C              |
| PET  | 1.34 - 1.38               | semi-cristallin     | 70°C                | 245°C             | 310°C              |
| PETG | 1.28                      | semi-cristallin     | 75 - 80°C           | 240 ± 20°C        | 330°C              |
| PLA  | 1.25                      | semi-cristallin     | 60°C                | 202,5 ± 27,5°C    | 375 - 400°C        |
| PMMA | 1.18                      | amorphe             | 108°C               | 130 - 140°C       | 289°C              |
| PP   | 0.90 - 0.92               | semi-cristallin     | - 10°C              | 145 - 175°C       | 250°C              |
| PS   | 0.92 - 0.94               | amorphe             | 95°C                | 240 - 270°C       | 244°C              |
| PVC  | 1.25 - 1.45               | amorphe             | 80°C                | 180°C             | 260°C              |
| TPU  | 1.21                      | très peu cristallin | - 30°C              | 200 - 250°C       | 300°C              |

## Densités et type de polymère

Autres densité : <https://www.filimprimante3d.fr/pages/longueur-des-filaments> ;

Densité petg : <https://artillery3dexpert.fr/collections/filaments-petg/products/petg-noir-premium-wanhao-1-75mm-1-kg> ;

Wikipédia des différents polymères

## T°C de transition vitreuse, T°C de fusion, T°C de dégradation

G. Beauhaire, Analyse calorimétrique et thermogravimétrique appliquée aux polymères industriels, p. E9, SNIAS Suresnes, conférence SFIP, 17 novembre 1983, Paris ; Wikipédia de chaque polymère. Données de l'INRS pour la T°C de dégradation.

## T°C de moulage et de démoulage et particularités de moulage

Biron Michel, Transformation des matières plastiques, Dunod, Paris, 2010, p. 92.

## Recyclage et étuvage

Biron Michel, Transformation des matières plastiques, Dunod, Paris, 2010, p. 8-92.

| T°C MOULAGE | T°C DÉMOULAGE | PARTICULARITÉ DE MOULAGE                  |
|-------------|---------------|---|
| 30 - 80°C   | 70 - 80°C     | givrage fréquent                          |
| 4 - 60°C    | 60 - 95°C     | post-retrait élevé                        |
| 4 - 60°C    | 80 - 110°C    | post-retrait élevé                        |
| 20 - 140°C  | 170°C         | ?   |
| 20 - 140°C  | 170°C         | ?   |
| 200°C       | 50°C          | éviter T°C trop haute                     |
| 40 - 180°C  | 90 - 110°C    | ?   |
| 4 - 90°C    | 110 - 130°C   | éjection difficile<br>retrait élevé       |
| 4 - 60°C    | 60 - 85°C     | éjection difficile<br>car produit fragile |
| 40 - 60°C   | 70°C          | ?   |
| 5 - 40°C    | 50 - 60°C     | éjection difficile<br>car produit souple  |

| RECYCLAGE        | ETUVAGE                       |
|------------------|-------------------------------|
| 30 % max         | en étuve • 2 - 4 h • 80°C     |
| 100 %            | inutile • 80°C max            |
| 100 %            | inutile • 80°C max            |
| dépend fabricant | dessicateur • 4 h • 140°C     |
| dépend fabricant | dessicateur • 4 h • 140°C     |
| 100% max         | dessicateur • 4 h • 55 - 87°C |
| ?                | ?                             |
| 100 %            | inutile • 80°C max            |
| 100 %            | facultatif • 1 - 2 h • 60°C   |
| ?                | ?                             |
| ?                | en étuve • 2 h • 110°C        |



**Recensement non  
exhaustif des pratiques  
de recyclage dans  
le milieu académique,  
dans les tiers-lieux  
et par des particuliers**

# recyclage plastique

## Ateliers des Recycleurs Fous

<https://www.atelierdesrecycleursfous.fr/cr%C3%A9ations>  
Fabricant de machines de recyclage et recycleur de plastique

### PROTOCOLE NON DISPONIBLE

Voici cependant les travaux réalisés. Images et textes du site.



Nous avons travaillé en partenariat avec la fleuriste de la Verrie afin de décorer sa vitrine avec nos cache-pots en plastique recyclé. Le but est de montrer qu'il est possible de créer des économies circulaires en local : notre atelier récupère des déchets plastique de chez la fleuriste, et réalise des cache-pots en contrepartie.



Un banc a été réalisé sur mesure pour la commune de la Verrie afin de montrer un exemple de ce qu'il est possible de faire avec de la matière plastique recyclée. Il se trouve actuellement dans un parc à la vue de tous les passants.



## RÉALISATION AVEC CE RECYCLAGE

- règles plastiques à base de masques covid
- grandes plaques à partir de filets de pêches
- pots de fleurs
- un banc avec deux moules différents (un moule au dessin faisant office de pieds, soutien d'assise et de dossier et un second moule pour faire de longue barre).

Fabrication de grandes plaques de différentes couleurs à partir de filets de pêche.



Des règles d'écolier à base de masques covid

Nous avons eu un partenariat avec le collège de Tiffauges, avec lequel nous avons réalisé des règles à partir de leur déchets plastiques. Les collégiens nous ont apporté leurs masques et les ont traité afin de les rendre viable au recyclage pour l'atelier.



# protocole de recyclage plastique

## Sorbonne Université

<https://wiki.fablab.sorbonne-universite.fr/BookStack/books/polytech-recyclage-de-pla/chapter/projet-industriel-mtx4>

Abbassi Sherazade, Vaudelle Alexandre, Clara [nom ?]

### TRIAGE

Triage par plastique et par couleurs

### BROYAGE

chaque tas de plastique selon chacune de ses spécificités  
(machine 3DEVO)

### TAMISAGE

Tamissage avec filtre avec des cribles de Ø 3 mm au dessus d'un bac

### DESHYDRATER

chaque tas de plastique selon chacune de ses spécificités.  
(machine 3DEVO)

### MESURER

Mesurer à l'aide d'un appareil à mesures gravimétriques

### CHAUFFER / SÉCHER

Chauffer à 80°C (pour PLA) pendant 3 heures

### MESURER

Mesurer à l'aide d'un appareil à mesures gravimétriques

### BROYAGE

re-broyer PLA si collé en bloc

### TAMISAGE Ø 10 MM

Tamiser avec un filtre avec des lumières de Ø 10 mm  
au dessus d'un bac

### **TAMISAGE Ø 3 MM**

Tamiser avec un filtre avec des lumières de Ø 3 mm  
au dessus d'un bac

### **UTILISER LES PARTICULES DANS UNE FILAMENTEUSE**

Placer le plastique broyé déshydraté dans l'entonnoir de l'extrudeuse  
avec un appareil fait-maison pour faire vibrer le contenu de l'entonnoir.

Incidents :

- casse vibreur "the feeder" de la filamenteuse
- embobinage trop lent comparé aux démonstrations sur internet

FabLabSU, forment les étudiants aux technos FDM. Ayant de nombreux déchets plastiques, ils souhaitent les utiliser pour faire du filament. Le protocole semble encore être en cours de recherche sans résultat visible / probant sur leur site. [26/02/25]

# protocole de recyclage plastique

## Fablab La Verrière, Montreuil, 93100

<https://fablab-laverriere.org/rd-materiaux/>

Mai 2021 : arrivée du système de recyclage plastique Precious Plastic (broyeur, four à compression, injecteuse)

### COLLECTE

Collecte de déchets plastiques d'habitants et des membres du fablab

### TRIAGE ET PESAGE

Triage et pesage de chaque lot de déchets : trié par couleur, trié par plastiques PP (polypropylène) et PEHD (polyéthylène haute densité) afin d'avoir un bon tri selon la composition des plastiques et selon leurs températures de fusion

### BROYAGE

Broyage du plastique en paillette / granules

### LAVAGE

Lavage des paillettes pour les nettoyer de la poussière ou de résidu de shampoing, dès qu'elles sèchent : elles sont recyclables

### FONDRE POUR PRODUIRE

Les polymères sont employés dans 2 types de machines :

**L'injecteuse** : les paillettes sont fondues dans un fourreau puis injectées en un filament. Un moule métallique est recommandé pour l'opération. Plastique recommandé : PP type 5 car il devient liquide.

**Le four à compression** : les paillettes sont fondues dans le four puis compressées en plastique usinables à l'atelier bois. Plastique recommandé PEHD type 2 car il est plus flexible.



## RÉALISATION AVEC CE RECYCLAGE

- pièces monoblocs
- des plaques en forme de X et de O du jeu Tic Tac Toe
- des pots de fleurs
- des cônes / plots d'entraînement EPS pour écoles
- une sculpture de corps de guitare en monobloc de plastique créer à partir d'un moule en bois et cire perdue ?

Des cônes / plots  
d'entraînement EPS  
pour écoles.



Des pots de fleurs moulés à  
partir de bouchons de lait (PP).



# recyclage plastique

## 8Fablab Drôme

<https://www.8fablab.fr/>  
<http://www.fabunit.fr/>

### PROTOCOLE NON DISPONIBLE

Voici cependant les travaux réalisés. Images et textes du site.



Marche-pieds  
en plastique et bois.



Etagère murale  
en plastique et bois.



## RÉALISATION AVEC CE RECYCLAGE

- boîte à livres
- trophées
- assises et dossiers de chaises
- plateau de table
- tabouret empilable (constitués de 5 plaques de plastiques)
- panier de vélo

Chaises Arche,  
en plastique et métal  
visible à la I-Factory.



La caisse pour vélo.



# protocole de recyclage plastique

## CNC Kitchen

<https://www.youtube.com/watch?v=Dwlr2yKlq6w>

<https://www.cnckitchen.com/blog/making-simple-pla-filament-with-the-3devo-composer-450>

### TRIER

trier par plastique et par couleurs

### BROYER

broyer chaque tas de plastique selon ses spécificités

### NETTOYER BROYEUSE

nettoyer pour réduire la contamination avec d'autres plastiques

### TAMISER

tamiser avec un filtre avec des trous de Ø 3 mm au dessus d'un bac

### RE-BROYER ET RE-TAMISER

re-broyer ce qui est supérieur à Ø 3 mm puis tamiser de nouveau

### DESHYDRATER

chauffer à 80°C pendant quelques heures

### STOCKER

mettre le plastique déshydraté dans un tupperware

### UTILISER DANS UNE FILAMENTEUSE

placer le plastique broyé déshydraté dans l'entonnoir de la filamenteuse avec un appareil fait-maison pour faire vibrer le contenu de l'entonnoir



## RÉALISATION AVEC CE RECYCLAGE

- Bobines pour impression 3D FDM

Transformation  
des particules en bobines.



Impression 3D  
à partir de la bobine créée.





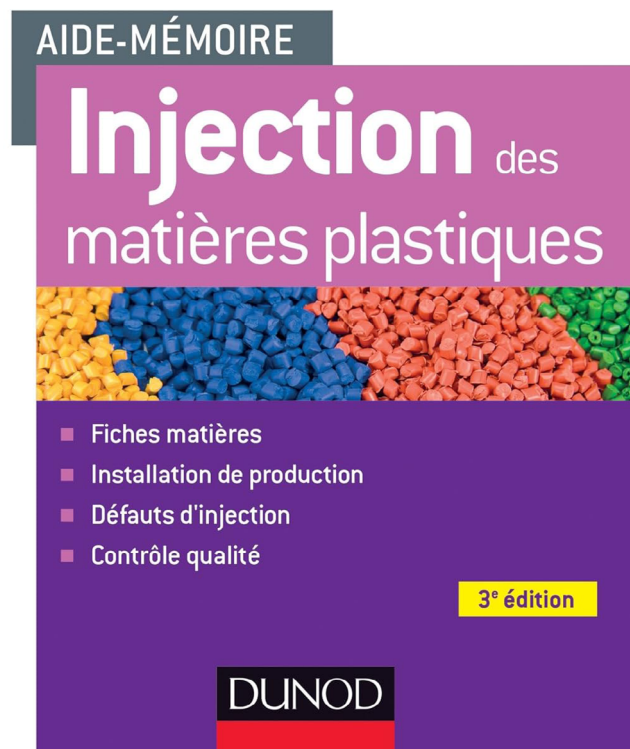
# **annexes**

## Bibliographie — pour en savoir plus !



Jean-François Pichon  
Christophe Guichou

L'USINE  
NOUVELLE



Une base de données remarquable sur le plastique est disponible sur le site de l'Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS). Très pratique pour observer des détails de températures et les divers dangers d'usages des plastiques.

<https://www.inrs.fr/publications/bdd/plastiques.html>

# Colophon

Codex, recyclage et fabrication plastique.

Réalisé au printemps-été 2025 pour la Fabrique de l'Innovation.

Rédaction, vulgarisation et design graphique par Aurélien Pons.

Relecteur scientifique :

Relecteurs·trices orthotypo :

