

Il y a du plastique au sol.



Sommaire:

- ▶ Introduction.
- ▶ Mise en situation.
- ▶ Les objectifs.
- ▶ L'association.

Les phases de recyclage du plastique.

- ▶ La collecte.
- ▶ Le tri.
- ▶ Différencier les plastiques.
 - Le tri par densité dans différents liquides.
 - La différenciation par température.
 - Le tri par test du fil de cuivre.
- ▶ Le mélange de plastique.
 - Présentation de la presse.
 - Résultats des expériences.
- ▶ Le broyage.
 - Description.
 - Fabrication de la trémie.
 - Assemblage.
 - Premiers tests.
- ▶ Les nouvelles vies des plastiques.
 - Expériences pavé de plastique et ciment.
 - Expériences pavé de plastique et sable.
- ▶ Les expérimentations sur place.
 - Mise en place des protocoles avec l'école de Diofior.
 - Les premiers tests.
 - Partenariat avec l'entreprise.

- ▶ Remerciements.
- ▶ Introduction.

Nous sommes 10 élèves et de différents niveaux du collège Pierre-Hyacinthe Cazeaux de Morez Hauts de Bienne.



Nous participons en club au concours CGénial en partenariat avec notre association “Y'a de l'électricité dans l'air”.

Listes des élèves:

6ème : Paul Cholley, Fabio Gauthier.

4ème : Noémie Buffard-Moret, Clara Henriques, Charlotte Lorge, Rigoulet Quentin, Hugo Viller.

3ème : Ambre Juan, Mathis Carrier, Tom Lambert.

- ▶ Mise en situation.

Ce matériau est fabriqué à partir de combustibles fossiles tels que le pétrole brut, qui est transformé en polymère à l'aide de chaleur et d'autres additifs. En 2019, les plastiques ont généré 1,8 milliard de tonnes d'émissions de gaz à effet de serre, soit 3,4 % des émissions mondiales.



Un attroupement se forme autour de Modou Fall, habillé d'une centaine de sachets multicolores. Chacun veut prendre en photo « l'homme plastique », ce militant qui se bat depuis quinze ans contre la pollution au Sénégal. A Guédiawaye, un quartier populaire de la banlieue de Dakar, il est venu sensibiliser les populations. Un an après l'entrée en vigueur de la « loi contre le péril plastique », « les gobelets qui traînaient dans la rue ont disparu mais il n'existe toujours pas de recyclage industriel des sacs », constate le militant. Le Sénégal produit toujours 200 000 tonnes de déchets plastiques par an, dont seulement 9 000 tonnes sont retraitées. Le reste est déversé dans la nature et les océans.

source: lemonde.fr

► Nos objectifs.

- Réussir à différencier les différents types de plastiques.
- Réussir à créer un protocole pour former les enseignants de l'école de Coly Senghor au tri des plastiques.
- Sensibiliser les écoliers au recyclage et à l'impact environnementale du plastique.
- Réussir à donner une nouvelle vie au plastique sans couper un marché du Sénégal.

► L'association.

Nos objectifs sont simples :

- Développer le renouvelable et mener des projets qui font sens pour nos partenaires et pour nous.
- Donner accès à l'électricité, primordiale pour le développement notamment de l'éducation et de la santé dans des territoires isolés. Plus d'une vingtaine de micro-centrales et éoliennes ont déjà été installées au Sénégal, et éclairent salles de classe, bibliothèques... et offrent aux habitants la possibilité de recharger téléphones et ordinateurs.



Partager et transmettre la technologie utilisée pour ces installations constitue pour nous un autre objectif indispensable à la maintenance de ces systèmes de production d'énergie et à leur pérennisation.



Le nouvel objectif de l'association est de se lancer dans le recyclage du plastique.

Les phases de recyclage du plastique.

► La collecte.

Une association a lancé une action de récupération de plastique.

*En quelques semaines, l'association **Kër Xale Yi**, ayant découvert le Gobie (poisson-poubelle géant) sur Facebook, a décidé de collaborer avec l'artiste Saint Louisien Samba Sart pour installer ces poissons sur les plages de Saint Louis, au Sénégal. A travers son projet « For Sopi », Samba Sart récupère ensuite une partie du plastique pour d'autres réalisations.*



La prolifération des déchets plastiques sur les plages est un gros problème au Sénégal, et ces gobies permettent de ramasser les déchets, mais également de sensibiliser la population au problème de pollution plastique au Sénégal. L'impact des déchets plastiques sur l'environnement marin est en effet important.

source: www.mer-ocean.com

Dans les différentes écoles de Diofior, les enfants sont sensibilisés au ramassage des déchets plastiques. Chaque matin, les élèves consacrent 30 minutes à récupérer les déchets aux alentours de l'école. Les déchets plastiques sont stockés dans des "Gobi".

Toutefois, ces plastiques ne sont pas recyclés. Lorsque le "Gobi" est plein, les déchets sont brûlés à l'extérieur du village.

L'association "Y'a de l'électricité dans l'air" a signé une convention avec une première école, pour former les enseignants au



tri des différents plastiques et s'occuper de redonner une nouvelle vie à ces matériaux.

► Le tri.

Afin de pouvoir recycler les plastiques, il faut donc arriver à les trier par catégorie. L'objectif de notre association est de former les enseignants en février 2024 sur les différents types de plastique. Cela permettrait aux élèves de trier directement les déchets par catégorie.

C'est là que notre mission commence ! Nous devons arriver à reconnaître les différents types de plastique avec des moyens simples et préparer des fiches explicatives.

► Les différents types de déchets.

Voici une partie des principaux déchets que l'on trouve dans la nature au Sénégal.



Poche d'eau



Sac plastique



Bidon d'huile



couches



Bouteilles



Emballage alimentaire

► Les différents types de plastique.

Le plastique est essentiellement issu du pétrole. Plus précisément, il est fabriqué à partir du naphta, un liquide transparent obtenu après la distillation du pétrole.

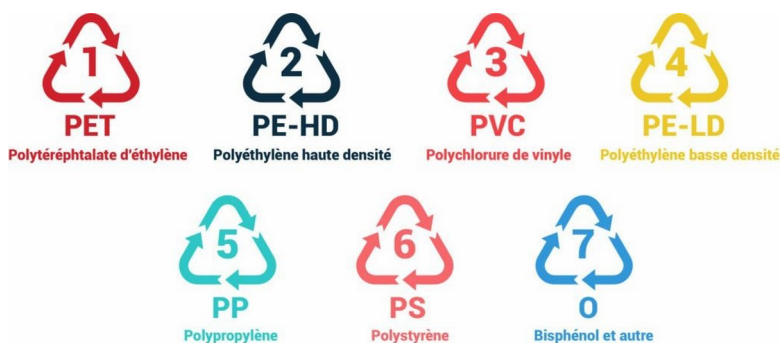
Mais l'opération de transformation ne s'arrête pas là... Ce naphta doit ensuite passer par la case craquage (un chaud-froid extrême et soudain) lui donnant la forme de fragments de molécules. Vient ensuite la phase de polymérisation permettant de lier ces fragments entre eux et ainsi de former ce que l'on nomme des polymères, présentés sous la forme de granulés, de liquides ou de poudres.

Dernière étape : la mise en forme par moulage, injection ou thermoformage qui permet à ces polymères de passer de l'état de résine à celui sous lequel nous connaissons ces fameuses matières plastiques.

source: <https://www.paprec.com/fr/comprendre-le-recyclage>

On classe les matières plastiques en 3 catégories :

- les thermoplastiques.
- les thermodurcissables.
- les élastomères.



Nous avons décidé de ne pas nous occuper du plastique de type 7 par précaution.

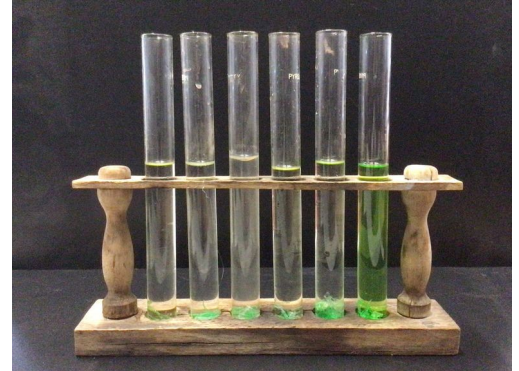
Tableau des caractéristiques :

numéro	nom	acronyme	température de fusion	densité
1	Polyéthylène téréphtalate	PeT	250 à 260°C	1,38g\cm ³
2	polyéthylène haute densité	PeHd	120-130°C	0,94-0,965g\cm ³
3	polychlorure de vinyle	PVC	180°C	1,25-1,45g\cm ³
4	polyéthylène basse densité	PeLd	105 à 115°C	0,91-0,94g\cm ³
5	polypropylène	PP	160 à 170°C	0,895 à 0,92g\cm ³
6	polystyrène	PS	160°C	1,03-1,05g\cm ³
7	mélanges	-	-	-
8	Polyéthylène	Pe	105 à 130°C	0,91-0,95g\cm ³

→ Le tri par densité dans différents liquides.

➤ 1ère expérience avec du PE

De gauche à droite	liquides	coule	flotte
1er	4 huiles	Oui	Non
2ème	vinaigre blanc	Non	Oui
3ème	eau	Non	Oui
4ème	huile de colza	Oui	Non
5ème	huile d'arachide	Oui	Non
6ème	liquide vaisselle	Non	Oui



➤ Expérience avec du PET

de gauche à droite	liquide	il coule	il reste en surface
1er	4 huiles	oui	non
2ème	vinaigre blanc	oui	non
3ème	eau	oui	non
4ème	huile de colza	oui	non
5ème	huile d'arachide	oui	non
6ème	liquide vaisselle	oui	non



► Expérience avec du PS

de gauche à droite	liquide	il coule	il reste en surface
1er	4 huiles	oui	non
2ème	vinaigre blanc	oui	non
3ème	eau	oui	non
4ème	huile de colza	oui	non
5ème	huile d'arachide	oui	non
6ème	liquide vaisselle	oui ça prend du temps (densité presque égal)	non



► Expérience avec du PP

De gauche à droite	liquides	coule	flotte
1er	4 huiles	Oui	Non
2ème	vinaigre blanc	Non	Oui
3ème	eau	Non	Oui
4ème	huile de colza	Oui	Non
5ème	huile d'arachide	Oui	Non
6ème	liquide vaisselle	Non	Oui



Mesures des liquides.

densité (en kg/m ³)	liquide
916	huile d'arachide



densité (en kg/m ³)	liquide
1000	eau



densité (en kg/m ³)	liquide
1019	liquide vaisselle



densité (en kg/m ³)	liquide
918	huile de colza



densité (en kg/m ³)	liquide
927	4 huiles

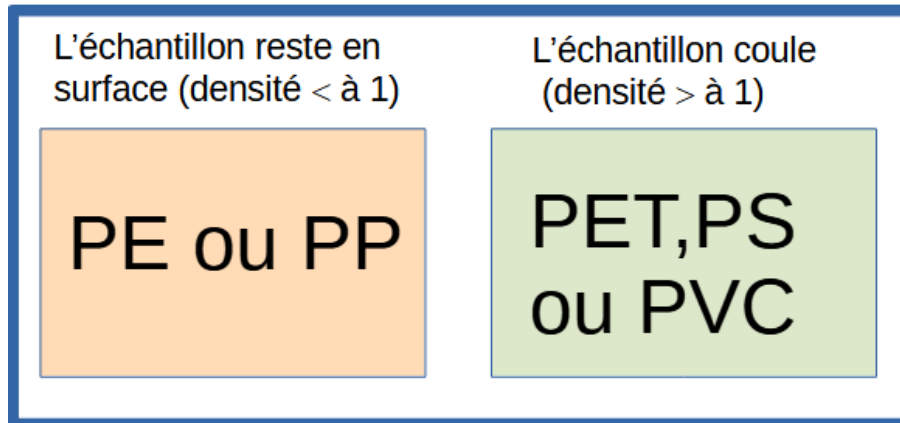


densité (en kg/m ³)	liquide
1012	vinaigre blanc



Conclusion :

Les différentes expériences nous permettent pour l'instant de déduire que les tests de densité ont leurs limites pour différencier les plastiques. En effet, il est difficile de trouver des liquides ayant la même densité qu'un type de plastique. Toutefois, le test dans de l'eau va nous aider à différencier deux familles.



Si la densité est inférieure à 1, il faut arriver à différencier PE et PP.

Nous voulions d'abord différencier le PEHD et le PEBD donc pour cela nous avons recherché sur "precious plastic" (un de nos partenaires et fournisseurs pour l'association). On nous a proposé d'utiliser de l'alcool à 90° pour pouvoir le différencier et normalement le PEBD était censé couler et le PEHD devait flotter. Mais cela n'a pas fonctionné comme la photo ci-contre nous le montre.



Cela n'est pas qu'un échec, car il nous permet de consolider nos recherches sur les densités du plastique.

Nicolas Andriollo (responsable dans une entreprise de plasturgie) nous a rassurés sur le fait qu'on pouvait mélanger ces deux plastiques dans une extrudeuse sans problème.

→ La différenciation par température.

Pour différencier le PP du PE, nous allons les faire chauffer en même temps. Si l'échantillon fond à une température (120-130 C°) cela veut dire que c' est du PE sinon ce sera du PP).

Pour ces expériences, nous avons fait l'acquisition d'un petit four bas de gamme. Nous l'avons adapté en le perçant à l'arrière afin d'installer deux sondes thermiques afin d'avoir des résultats fiables pour les températures.



Résultats : Nos expériences ne fonctionnent pas correctement car les deux échantillons se transforment en même temps.

Hypothèse : L'épaisseur de nos échantillons est trop faible et notre four fournit des températures par palier très irrégulières.

Conclusion :

Nous n'arrivons pas à faire la différence entre ces deux types de plastique avec nos moyens matériels. C'est une des problématiques que nous n'arrivons pas à résoudre pour l'instant.

Toutefois, notre technicien nous propose une solution qui est également de les mélanger entre eux. Seule la qualité esthétique est impactée (des points noirs peuvent apparaître).

Si la densité est supérieure à 1, il faut arriver à différencier le PET, PS et PVC.

→ Le tri par test de densité pour différencier le PS.

Nos recherches nous permettent de connaître la densité de ces 3 matériaux.

Désignation	densité
PS	1,03-1,05 g\cm ³
PET	1,38 g\cm ³
PVC	1,25-1,45 g\cm ³

La densité du PS est légèrement supérieure à 1 alors que les deux autres dépassent les 1,2 g/cm³.

L'objectif est de trouver un liquide dont la densité serait proche de 1,2.

Nous avons trouvé sur internet plusieurs mélanges qui peuvent répondre à ce besoin comme par exemple le Chlorure de calcium. Toutefois nos protocoles doivent rester simples avec des produits que l'on peut facilement trouver au Sénégal.

Nous avons trouvé qu'un mélange d'eau et de sucre pouvait convenir. Grâce au site [Vinolab.hr/en](https://www.vinolab.hr/en) nous savons qu'il faut mélanger 450 grammes de sucre à 1 litre d'eau pour obtenir une densité à nos besoins.

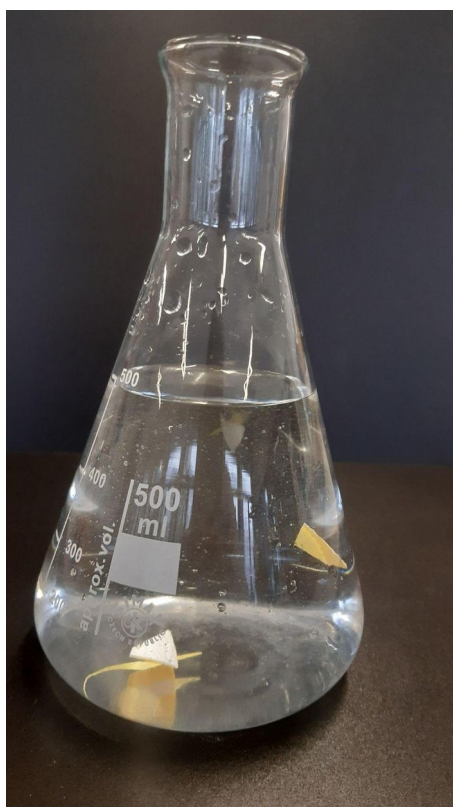
Gravity/Density/Sugar Conversions

Specific Gravity	°Brix	Oechsle
1.17082	38.44	170.82
Baume	Babo/KMW	Density (g/L)
21.16	32.37	1170.82
Potential alcohol (%v/v)	Dissolved sugar (g/L)	
24.03	450	

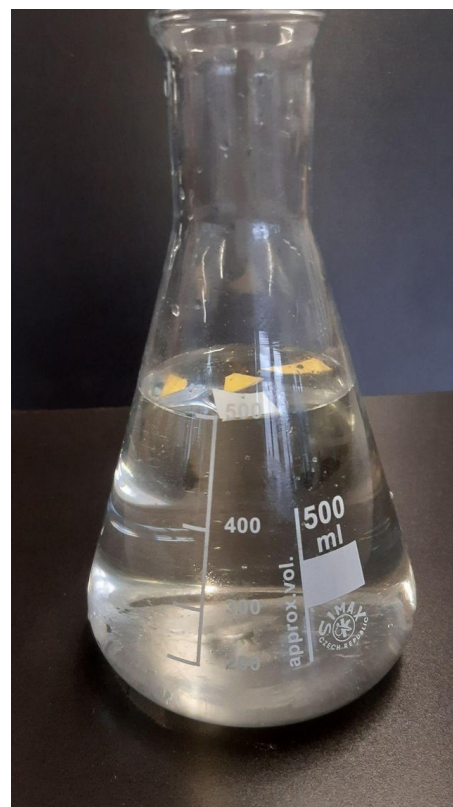
[Reset](#)



densité



eau environ 1 g/cm^3



eau+sucre 1.17 g/cm^3

Les résultats sont satisfaisants.

Conclusion : nous pouvons différencier le PS de cette famille.

Le tri par test du fil de cuivre (test de Beilstein).

Ce test va nous permettre de reconnaître si un échantillon est un PVC.

Il faut faire chauffer un fil de cuivre (propre) avec un chalumeau. Une fois le cuivre monté à haute température, il faut le mettre en contact avec l'échantillon et ensuite le repasser sur la flamme du chalumeau.

Si une flamme verte se dégage, l'échantillon comporte du chlore donc c'est du PVC.



Protocole complet de différenciation :

Pour commencer, nous avons essayé de regrouper par famille les différents plastiques : PEhd ,PEbd ,PP, PS ,PVC, PET.

Pour réussir à différencier les différents types de plastique, nous les avons mis dans de l'eau ($1\text{g}/\text{cm}^3$).

Le premier groupe est celui qui est inférieur à 1 ; il flotte donc. Il comporte : PEhd, PEbd et le PP.

Le deuxième groupe est celui qui est supérieur à 1 ; il coule donc. Il comporte : PS ,PVC et PET.

Ensuite, nous avons essayé de différencier les types de plastiques du 2ème groupe. Nous pouvons différencier le PS du PVC et du PET car si nous mettons un mélange d'eau et de sucre pour que cela monte à environ $1,17\text{g}/\text{cm}^3$, s'il reste à la surface, alors c'est du PS.

Pour reconnaître le PVC du PET, nous allons faire le test de Beilstein. Si c' est du PVC, il y aura une fumée verte (=chlore).

Pehd Pebd PP PS PVC PET

Test de densité dans l'eau.

Supérieur
à 1

PS PVC PET

Test de densité dans un
mélange d'eau avec du
chlorure de calcium pour
une densité de $1,2\text{g/cm}^3$

L'échantillon
coule

PVC PET

test de Beilstein

Cuivre chauffé au chalumeau →
contact avec l'échantillon

Pas de
dégagement
d'une fumée
verte : PET

dégagement
d'une fumée
verte : PVC

Inférieur
à 1

Pehd Pebd PP

Test de chauffe à 140°

Pas de change
ment de
l'état de
la
matière

PP

changemen
t de l'état
de
la
matière

PE

Protocole de différenciation des types de plastique.

► Le mélange de plastique PE et PP.

On observe que les deux plastiques s'assemblent à la perfection même s'il y a une différence de proportion entre le PP et le PE.

→ Présentation de la presse.

La presse a été fabriquée par 3 membres de l'association avec un vérin hydraulique. Il permet de presser nos moules pour nos tests.



Tout d'abord, nous faisons fondre les plastiques broyés dans le moule. Une fois qu'ils ont fondu, on les met dans la presse et on compacte. Ensuite, on le laisse refroidir avant de démouler.



→ Résultats des expériences.

Voici les résultats obtenus !

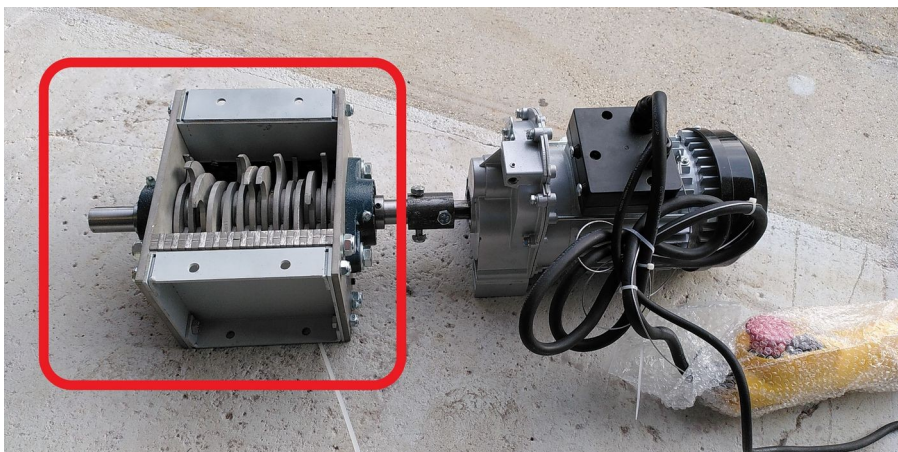


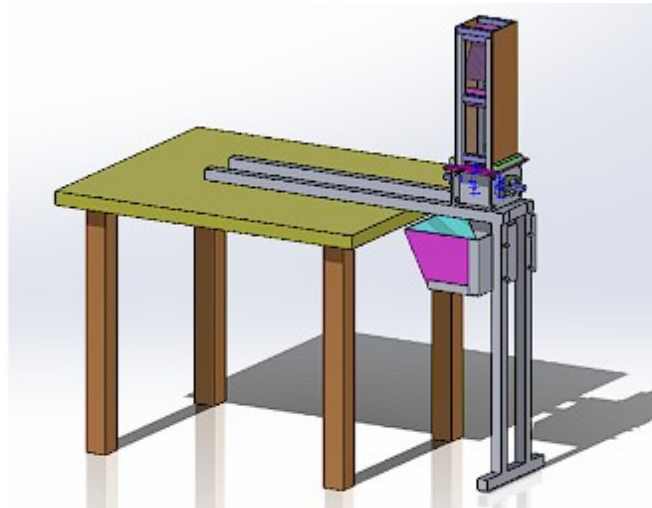
Conclusion : Pour conclure, nous avons réussi à mélanger les deux (même s' il y a 25% de PP et 75% PE ou 50% de chaque ou 75% de PP et 25% de PE...) en les faisant fondre à une température avoisinant les 200 C° avant de les mettre dans notre presse.

► Le broyage.

→ Description.

Pour avoir la même machine que dans nos ateliers au Sénégal, l'association nous a acheté un broyeur de type V3 à Precious plastic. Cette machine nous a été livrée en kit. C'était donc à nous de faire l'assemblage et de concevoir des éléments de sécurité comme la trémie.





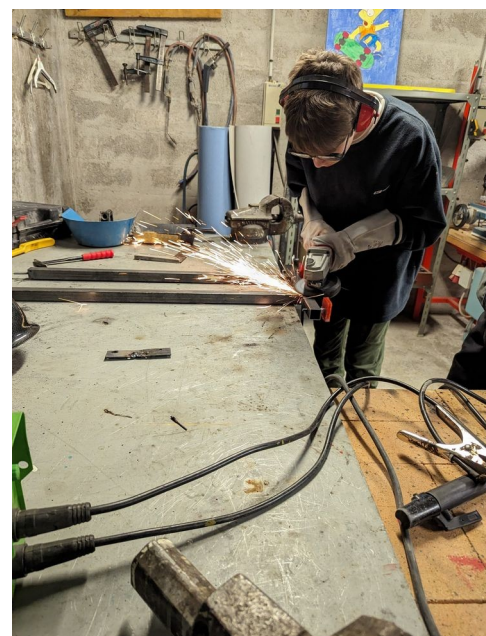
→ Fabrication de la trémie.



Tout d'abord, pour sécuriser l'entrée du broyeur qui est très dangereuse, il fallait concevoir une trémie afin que l'utilisateur ne se blesse pas. Notre enseignant a dessiné les plans sous solidworks avec un système en forme de cheminée. La main ne peut alors pas accéder à la partie dangereuse avec une triple protection anti-retour des concassés vers le haut. Cette partie a été réalisée en club et en "caz-culture".

→ Soudures :

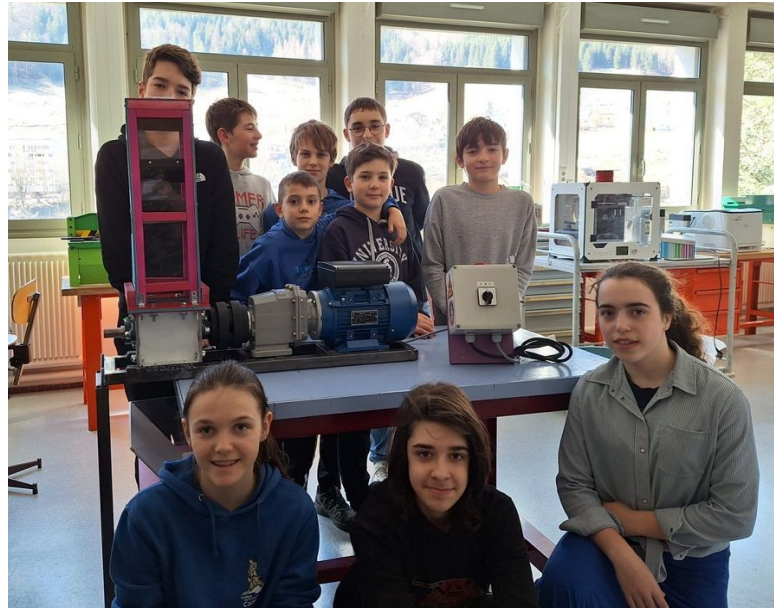
Avant l'assemblage, nous avons dû souder les différentes parties du cadre support et du trépied. Pour des raisons de sécurité, cela a été fait en petit groupe un mercredi après-midi avec l'aide des membres de notre association. Ce fut une belle expérience avec la découverte de nouveaux outils !



Résultat brut avant meulage du socle.



→ Assemblage des différentes parties :

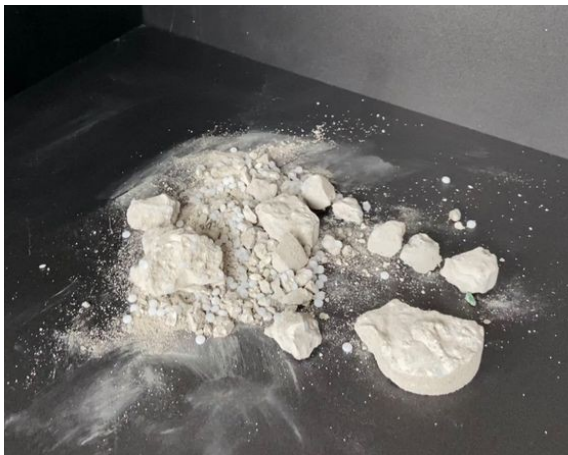


► Les nouvelles vies des plastiques.

→ Expériences pavé de plastique et ciment :

Nous avons essayé quelques expériences pour trouver une utilité à certains plastiques dans la fabrication de pavés à base de ciment, sable et plastique.

une dose de sable, une dose de PE, une dose de ciment et une demi-dose d'eau.



Observation : Nous observons que ce pavé n'a pas bien fonctionné et qu'il s'effrite facilement.

Une dose de PET et 2 doses de sable, 1 dose de ciment et une demi-dose d'eau.



Observation : Nous observons que ce pavé a bien pris et qu'il est solide.

Conclusion : cette possibilité de pavé est solide et pourrait être utilisée à long terme. Mais le sable n'est pas totalement remplacé par le plastique.

2 doses de PET, une dose de ciment et une demi-dose d'eau.



Observation : Nous pouvons observer que ce mélange sans sable et avec peu de ciment ne fonctionne pas.

Une dose de PS ou PVC, une dose de ciment et une demi-dose d'eau.



Observation : Nous pouvons observer que ce mélange sans sable et avec peu de ciment ne fonctionne pas avec ces plastiques.

Conclusion : Le seul test avec des résultats satisfaisants est celui contenant une dose de PET, 2 doses de sable, 1 dose de ciment et une demi-dose d'eau. Mais les résultats ne donneront pas de suite pour nos objectifs.

→ Expériences pavé de plastique et sable:

Nous avons essayé de reproduire les mélanges faits dans certains pays d'Afrique et dont on peut voir de nombreuses vidéos sur youtube pour faire des pavés extérieurs à base de plastique et de sable. Le principe est de faire chauffer le plastique avec du sable et un peu d'hydrocarbure.



Notre enseignant a testé cette méthode durant le stage de février. Il était hors de question de le tester au collège avec nous car le fait de monter à combustion le plastique dégage une fumée certainement toxique. Si le résultat est satisfaisant (on obtient en effet une matière très solide), elle n'ira pas plus loin pour nous, et ce pour deux raisons :



- ▶ Le process n'est pas respectueux de l'environnement et donc contraire aux valeurs de notre association.
- ▶ Nous ne savons pas si dans le temps ces pavés peuvent de se dégrader avec le risque de polluer la terre.

► Les expérimentations sur place.

→ Mise en place des protocoles avec l'école de Diofior.

Lors du stage de février 2024, notre enseignant a partagé avec l'équipe éducative nos recherches et les méthodes pour trier les plastiques. Nos travaux ont été appréciés par toute l'équipe et également le principal de l'école.

Nos supports sont utilisés comme outils pédagogiques pour les enseignants avec une mise en place très rapide.

→ Les premiers tests.

Avec la même machine que celle utilisée au collège, le plastique récupéré à l'école a d'abord été broyé. Le broyat est ensuite passé dans une extrudeuse pour être transformé en barre de plastique de 2m de long sur une section de 40×40mm. Il sera ensuite utilisé pour une nouvelle fonction d'usage.



Le plastique récolté par les enfants a été valorisé et transformé en un objet utile ! En l'occurrence, pour cette première fabrication, nous avons fait pour l'une des classes un marche-pied dont l'assemblage a été pensé par Yannick, un membre de notre association.

→ Partenariat avec une entreprise.

Lors de la Journée régionale Eau, Énergie, Déchets et Coopération internationale à laquelle participait l'Association "Y'a de l'électricité dans l'air" , Monsieur Abdoul Backy Mbacke, directeur de

CIPROVIS, une grande entreprise de Dakar spécialisée dans la récupération et le recyclage des plastiques s'est intéressée à nos travaux. Il est venu par la suite visiter notre atelier à Diofior durant le stage de février.

Une convention a été établie pour récupérer 4 fois par an les granulés de plastique.

► Remerciements.



- 🌐 Nos autres membres de l'association "Y'a de l'électricité dans l'air"
- 🌐 Les tandems solidaires et la région Bourgogne Franche-Comté.
- 🌐 Notre ancien principal Monsieur Basile.
- 🌐 Notre principal Monsieur Jacquet.
- 🌐 L'école et ses enseignants de Coly Senghor.
- 🌐 Nicolas Andriollo notre conseiller technique.
- 🌐 Khamad Faye notre technicien à Diofior.
- 🌐 Monsieur Liboz notre enseignant de physique.
- 🌐 Madame Perraud notre enseignante de français.