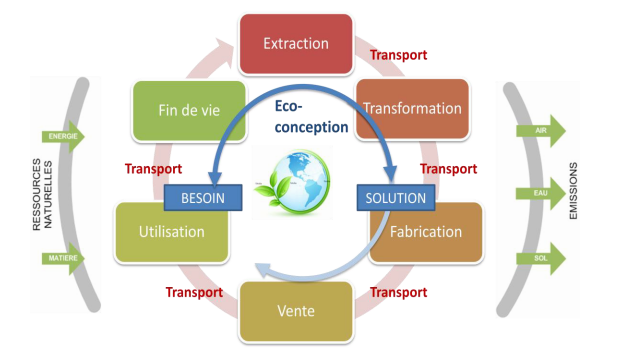
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Baccalauréat Sciences et Techniques de l’Industrie et du Développement Durable** | |  |
| **CI.1 Développement durable et compétitivité des produits.**  **CI.5 Dimensionnement des structures et choix des matériaux.** | **Matériaux et ACV** | |
| **O1 – Caractériser des systèmes privilégiant un usage raisonné du point de vue développement durable.** |

**PROBLEMATIQUE :** Vérifier pour quelques pièces, à l’aide de l’ACV si les choix du fabricant sont optimums d’un point de vue développement durable.

**Préambule :**

A chaque fois que l’on emploie un matériel (moteur, composant électronique, batterie), il a nécessité pour la fabrication de chacun de ses composants, l’utilisation de différents matériaux. Ces matériaux ont dû être créés puis mises en forme afin d’obtenir la pièce souhaitée avec des caractéristiques mécaniques, physiques et chimiques en accord avec le domaine d’emploi de cette pièce. Malheureusement, à chacune des étapes de la vie d’un produit l’environnement va être impacter (négativement en général).

Selon le matériau choisi les impacts environnementaux seront plus ou moins grands d’où l’importance de choisir le matériau le moins polluant possible tout en respectant les exigences mécanique, électrique, thermique, …, qu’il doit satisfaire (sans oublier de prendre en compte le facteur financier).

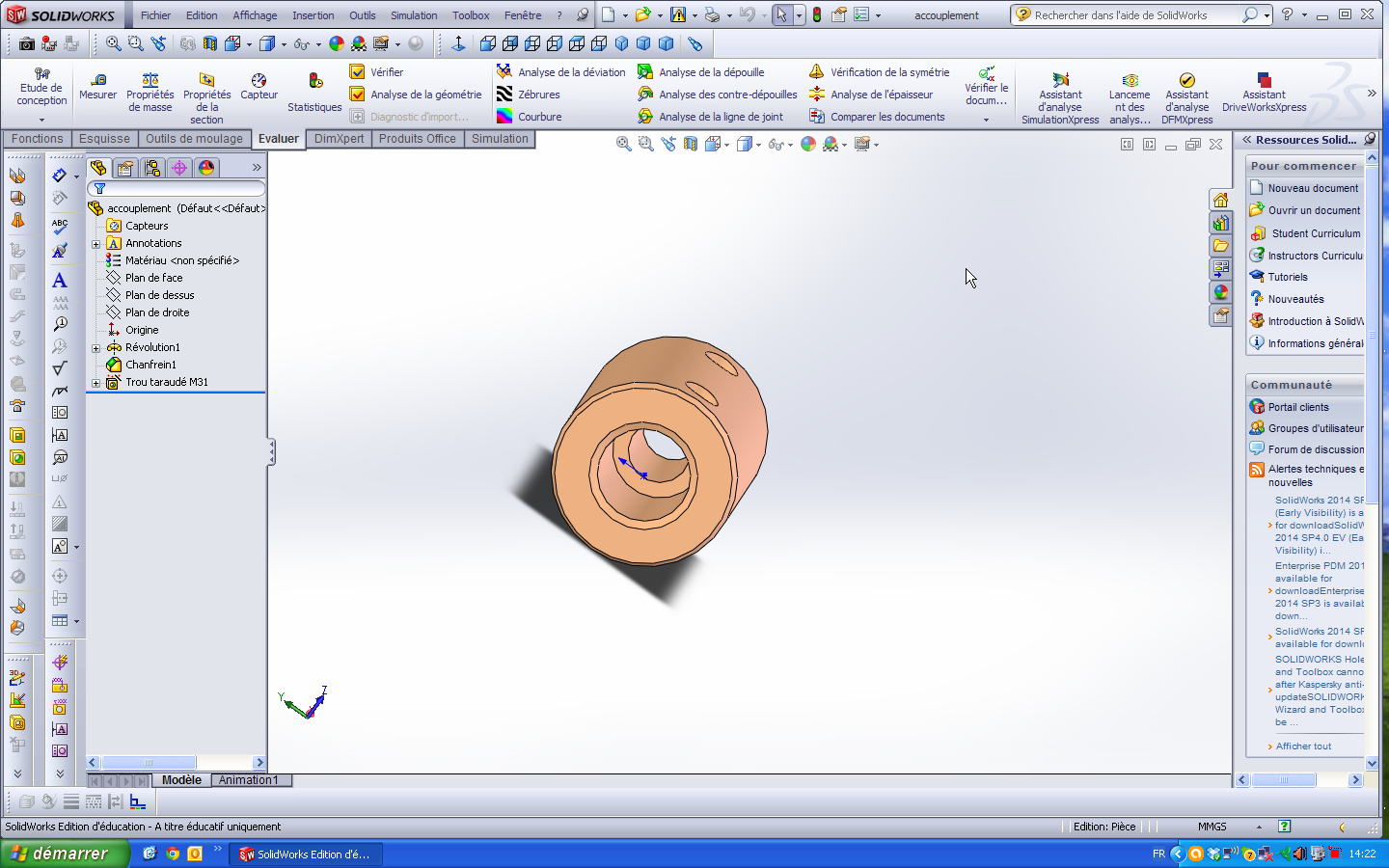
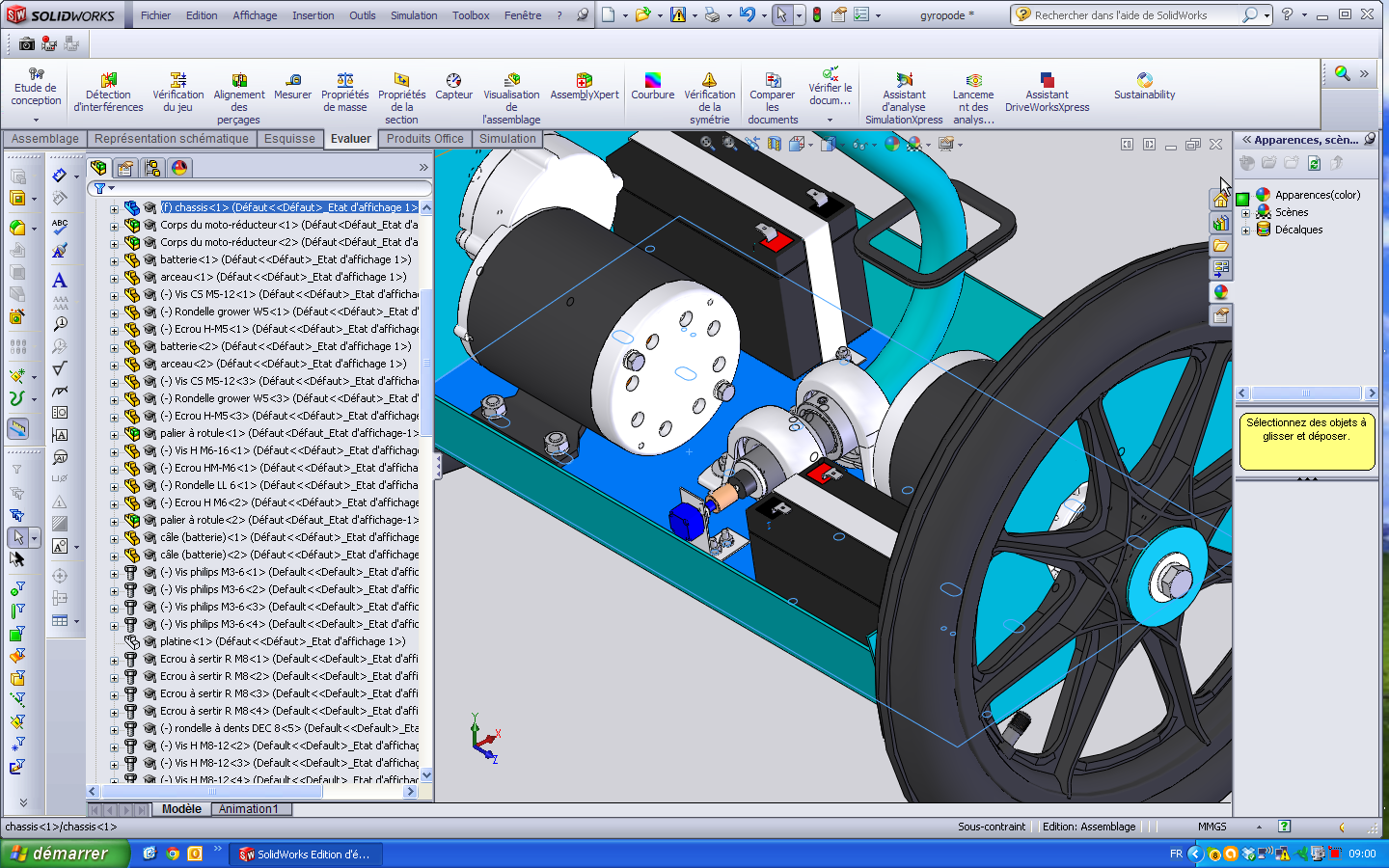
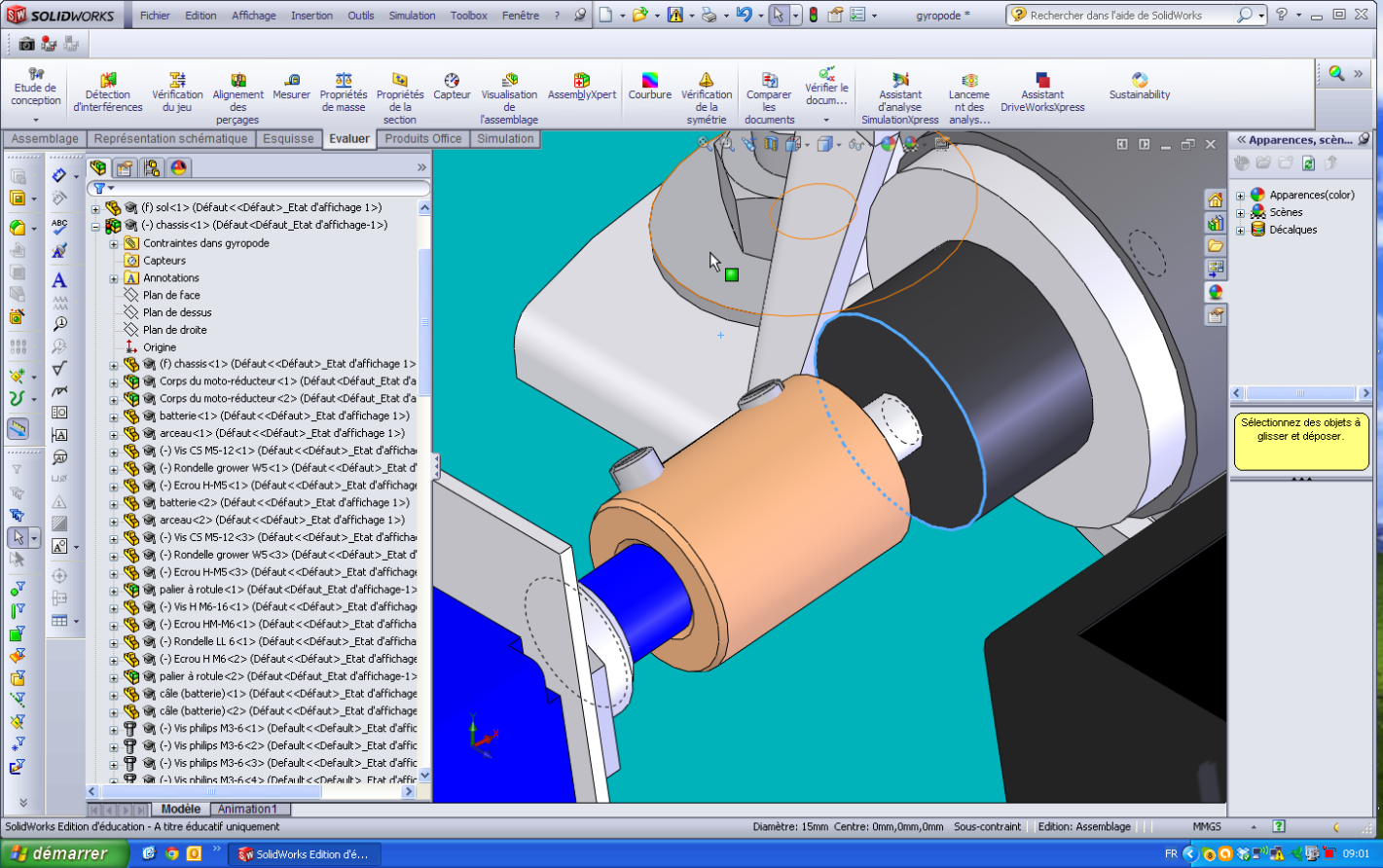
Choisir un matériau n’est pas une chose facile et la réponse ne sera jamais unique. Le choix final sera le fruit de nombreux compromis mais à l’avenir le facteur environnemental devrait être prépondérant par rapport au facteur financier si l’on veut sauvegarder la planète.

Pour nous aider dans notre démarche, nous avons à notre disposition 2 logiciels. Un logiciel indépendant : "CES EduPack " et un module du logiciel "Solidworks" : "Sustanaibility ». Ces deux logiciels sont équivalents mais nous utiliserons plus particulièrement le premier pour choisir un matériau et le second pour l’analyse du cycle de vie.

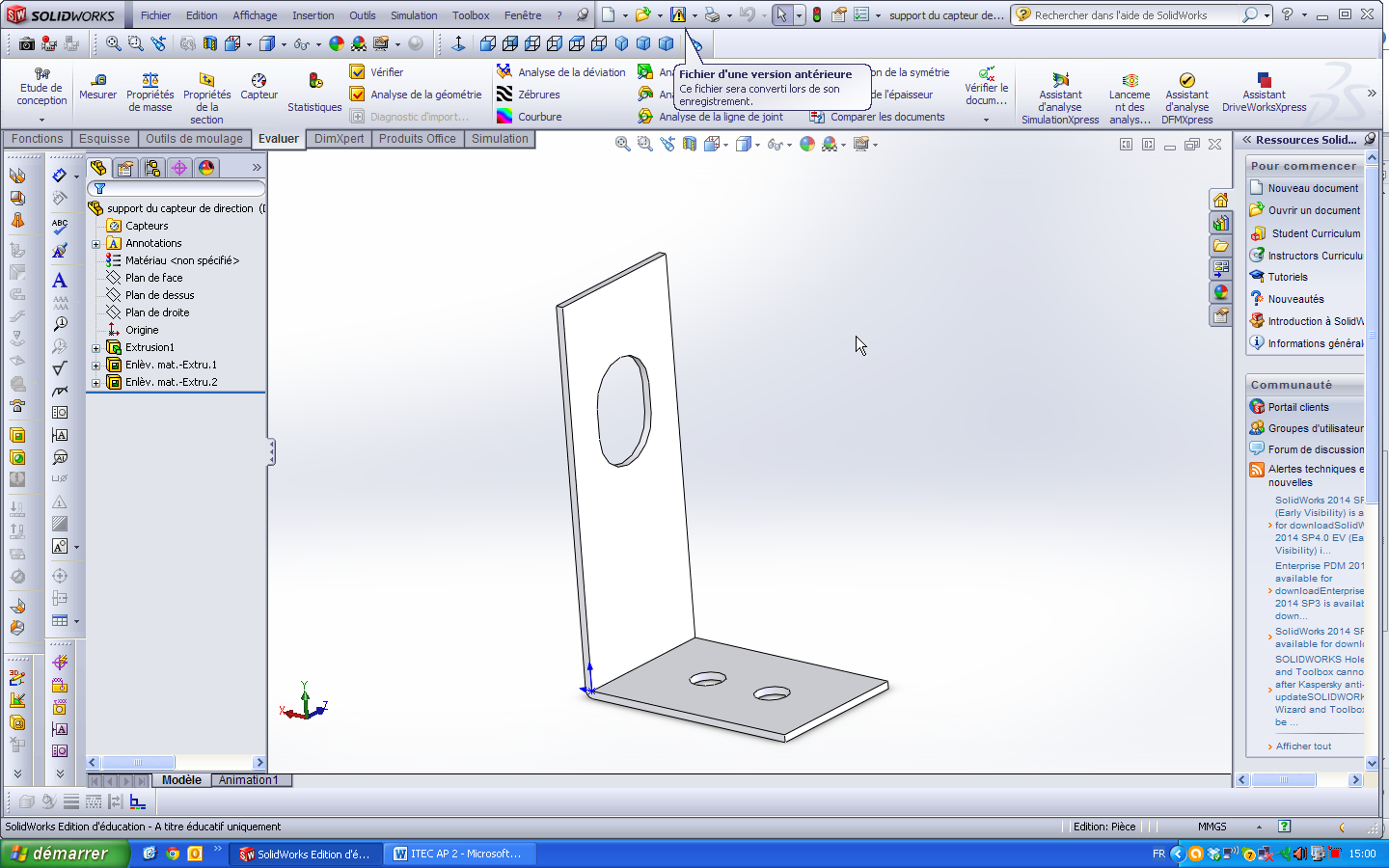
**Démarche de travail :** vous allez à l’aide de deux outils informatique rechercher le matériau avec lequel on pourrait fabriquer une pièce du gyropode. Ce matériau devra respecter certains critères qui vous sont pour l’instants imposées, vous étudierez 4 des principaux impacts environnementaux. Pour chacun des logiciels, une vidéo vous montrera la démarche de travail, démarche que vous appliquerez ensuite pour rechercher le matériau pouvant constituer une autre pièce du gyropode. Vous mettrez ensuite en application vos acquis afin de mener à bien une partie de l’ACV d’un sous ensemble mécanique de "l’Elektor wheelie ".

.

1. **RECHERCHE D’UN MATERIAU à l’aide de « CES EduPack ».**



La pièce "accouplement " qui assure la liaison entre le guidon et le potentiomètre est en laiton (des pièces identiques sont à votre disposition dans la salle). Apparemment rien ne semble justifier le choix du fabricant nous allons donc chercher un autre matériau capable de remplacer avantageusement ce choix.

Afin de mener à bien votre travail, vous allez regarder une vidéo de démonstration réalisée autour du support de capteur de direction (que vous connaissez déjà). Cette pièce est à l’origine en EN-AW 2017 ou EN–AW 2018 (alliage d’aluminium et de 4% de cuivre destiné à la mise en forme par déformation et que l’on peut durcir par traitement thermique). On va chercher un autre matériau pour cette pièce en satisfaisant à certains critères (imposées pour l’instant) afin d’obtenir un produit moins cher et moins polluant lors de sa fabrication.

*Visionner la vidéo : " CES EduPack démo1 ".*

Les réponses à fournir à partir de maintenant, seront à écrire sur les feuilles (doc réponse) prévues à cette effet. Ecrivez à l’encre et de manière lisible, lorsque la réponse nécessite une phrase, elle devra être construite de manière correcte.

* 1. COMPREHENSION DE LA VIDEO.

Refaire l’exercice vu sur la vidéo.

La pièce de départ, en alliage d’aluminium de masse volumique 2500 kg/m3, pèse 4,10 gr.

1.1.1 Quel est le type de matériau que l’on préconise pour remplacer cet alliage d’aluminium ?

1.1.2 Si l’on recherche, dans le logiciel, la masse volumique correspondante au matériau de remplacement préconisé, on trouve de 7,8 à 7,9 ⋅103 kg/m3. En adoptant la valeur moyenne de la fourchette qui vous est proposée, quelle sera la masse de la nouvelle pièce ?

1.1.3 Un graphique vous situe différents matériaux en fonction de leur prix et leur rejet de CO2 lors de leur fabrication. Quel gain (en pourcentage) obtenez-vous entre l’alliage de départ et le matériau conseillé au final pour le prix au kilo et le rejet de CO2 au kilo.

1.1.4 Calculer l’économie réelle réalisée pour la pièce du point de vue financier et du point de vue rejet de CO2 (que l’on pourra trouver également sous le vocable « gaz à effet de serre »).

1.2 APPLICATION pour la pièce "accouplement" du gyropode ELEKTOR-WHEELIE.

Vous allez maintenant mener le même type d’étude pour la pièce : « accouplement ».

1.2.1 Cette pièce est en laiton. Sa masse est de 12,24 gr. Ce métal est un alliage de cuivre et d’un autre constituant principal, lequel ? Quelle est la masse volumique moyenne du laiton.

1.2.2 Votre étude se fera au niveau 2 de l’univers des matériaux de "CES EduPack ". Au démarrage, vous avez 100 familles de matériaux à votre disposition. Vous allez successivement prendre en compte les critères qui vous sont imposées (vous serez capable de fixer vous-même une partie de ces critères au fur et à mesure du déroulement de l’année) et à chaque étape vous préciserez combien il vous reste de familles :

- le prix ne devra pas excéder 3 euros/kg (valeur à mettre en maximum) ;

- la masse volumique devra être inférieur à celle du matériau de départ, prendre 7kg/dm3 ;

- la limite élastique devra être inférieure à 100 MPa et la résistance à la rupture en traction devra être comprise entre 12 et 150 MPa ;

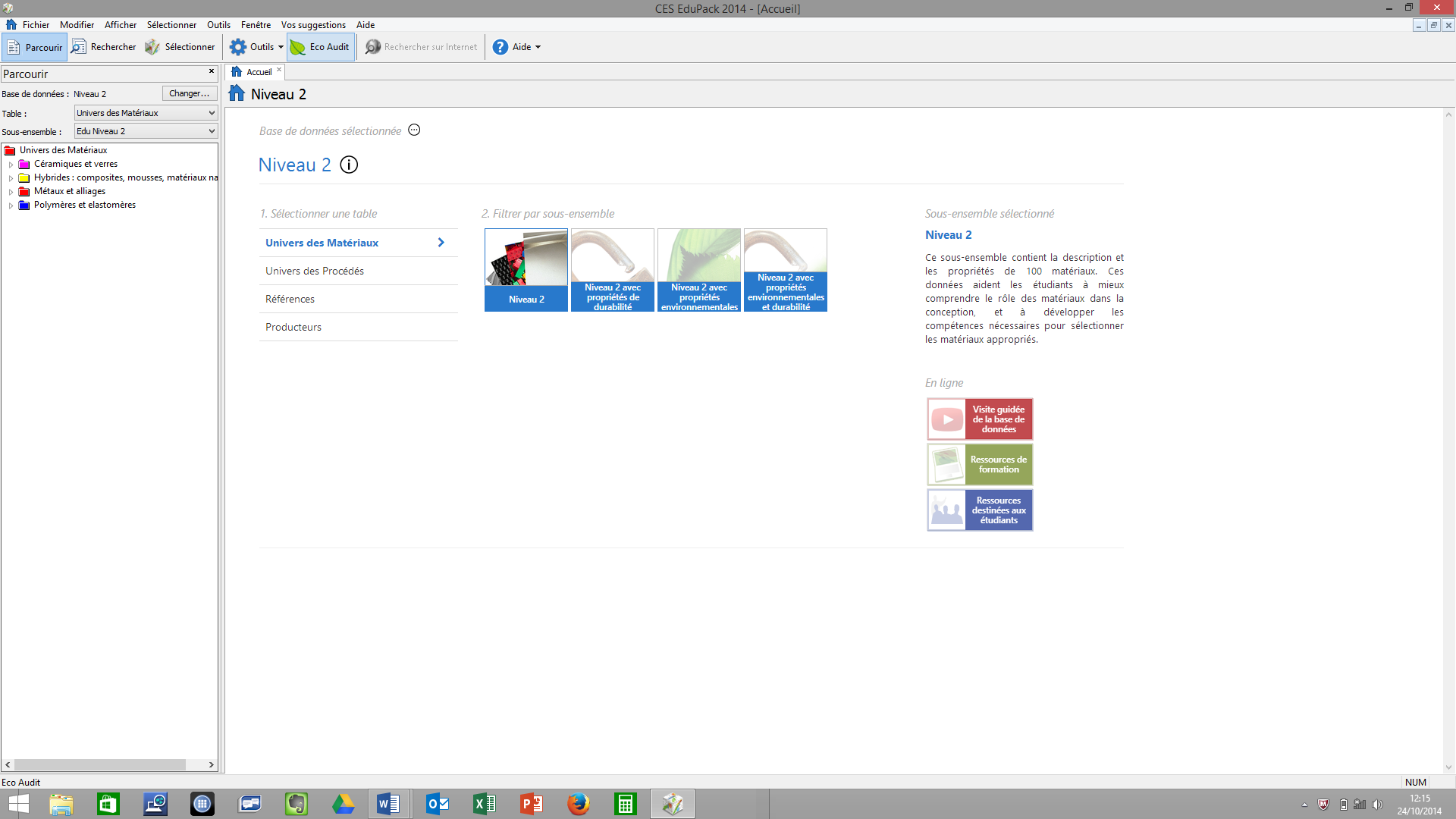
- l’aptitude au moulage (3 maxi) et l’usinabilité (3 mini) devront être correctes ;

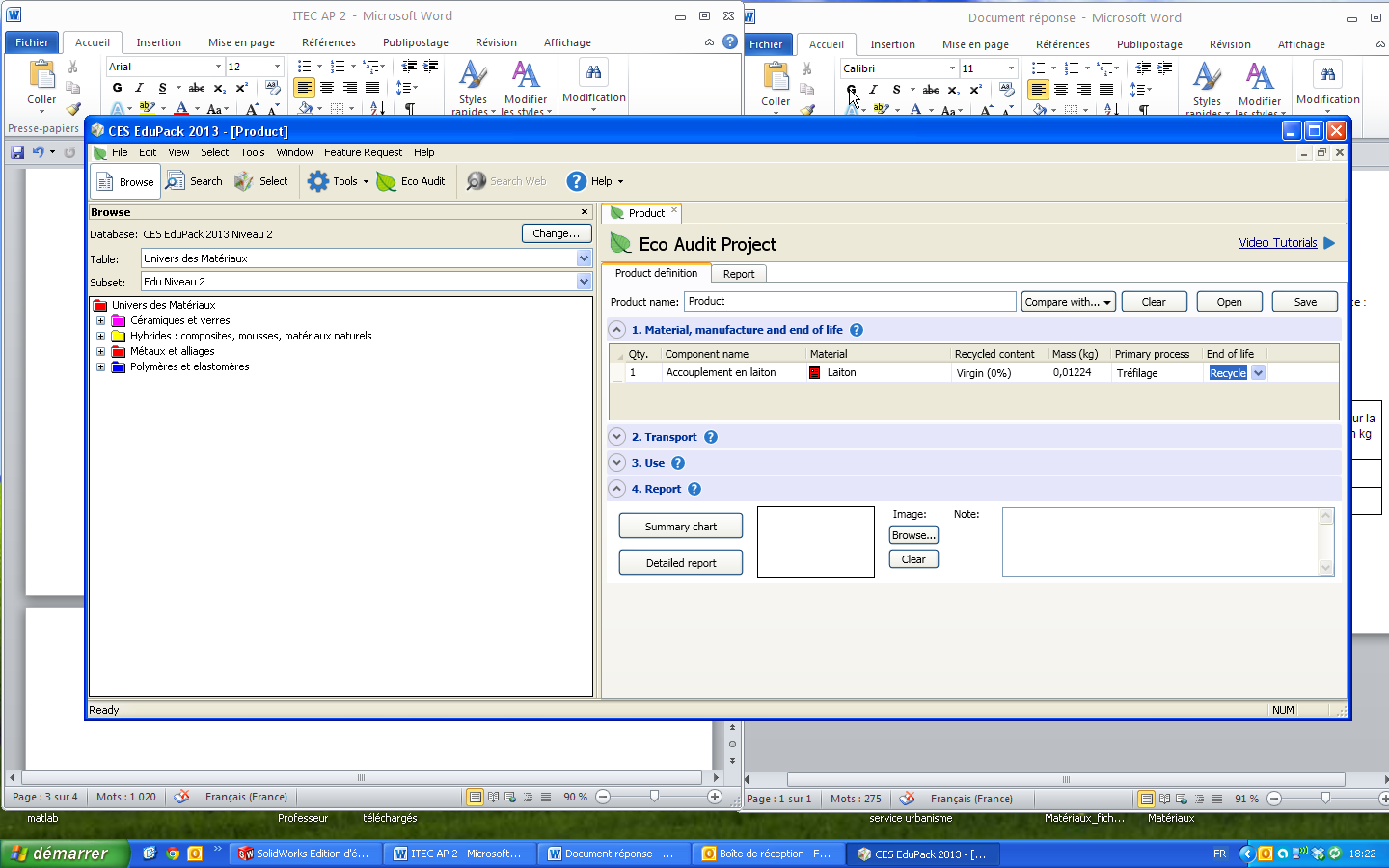
- le matériau devra être recyclable, un matériau (avec plusieurs déclinaisons), pourtant renommé écologique vient de disparaitre, quel est-il, expliquez cet état de fait ;

- parmi la dizaine de matériaux qui vous restent, choisir, en utilisant un graphique, celui qui est le moins onéreux et qui a la plus faible empreinte CO2. Quel est le matériau conseillé par le logiciel et qui respecte nos différents critères. Que signifient les lettres qui désignent ce matériau ? Est-ce un polymère de la famille des thermoplastiques ou des thermodurcissables.

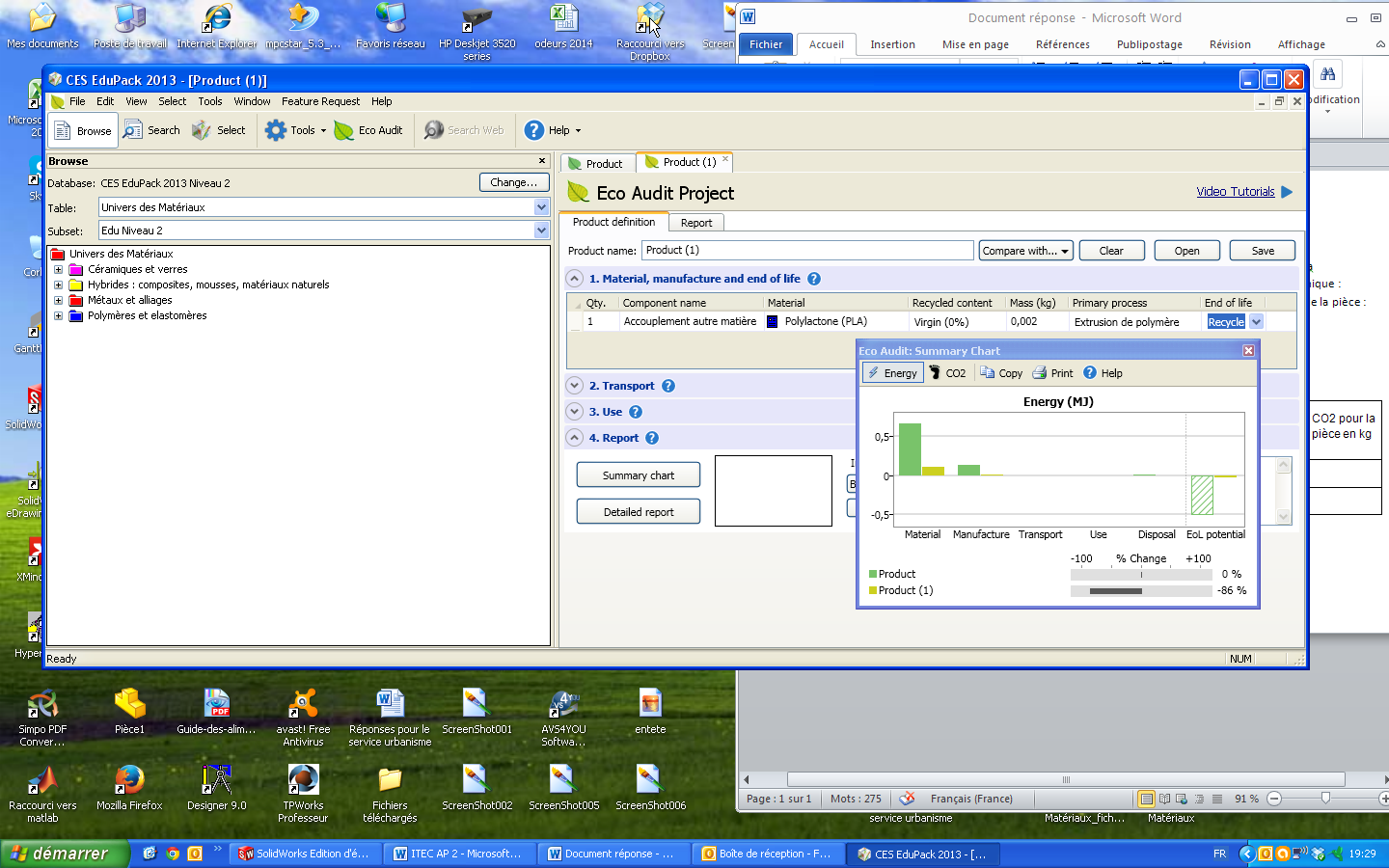
Remarque : l’ordre d’application des critères n’a pas d’influence sur le résultat final, il est ici imposé pour pouvoir suivre votre progression et retrouver, en cas d’erreur, le point mal renseigné. En pratique, on lance la recherche après avoir imposé l’ensemble des critères jugés indispensables.

1.2.3 Vous allez maintenant compléter le tableau qui vous est fourni sur le document réponse afin de vérifier si l’on économise de l’argent et si l’on diminue l’empreinte carbone lorsque l’on change le matériau de la pièce (afin de simplifier un peu, certaines valeurs vous sont directement fournies). Qu’en concluez-vous ?

1.2.4 Ce que vous venez de faire par le calcul le logiciel peut vous l’afficher sous forme de graphique. Pour cela, vous allez sélectionner et compléter comme ci-dessous le tableau :



Une fois cela fait, sélectionnez "comparer avec" puis choisissez "nouveau produit ". Un graphique devrait apparaître et un tableau à compléter comme ci-dessous mais avec vos valeurs pour le matériau et la masse.



Une fois ce travail fait appeler impérativement le professeur pour lui faire constater vos résultats et lui demander des explications si certains points ne vous paraissent pas clairs.

1. **ACV ET RECHERCHE D’UN MATERIAU avec « Sustainability » de « Solidworks ».**

A la différence de "CES EduPack" où, vous avez travaillé avec des familles de matériaux, dans SOLIDWORKS, vous allez travailler avec un matériau précis et clairement identifié par une désignation normalisé.

2.1 COMPREHENSION DE LA VIDEO. Visionner la vidéo "Sustainability 1".

Refaire l’exercice vu sur la vidéo puis :

- donner la désignation du matériau de départ et celle du matériau à l’arrivée ;

- quelles sont les 4 catégories d’impacts environnementaux prises en compte dans

"SUSTAINABILITY ", préciser l’unité dans laquelle est exprimé chacun des critères ;

- en fin de vie, on envisage 3 solutions possibles pour un produit. Ces solutions sont souvent représentées par des pictogrammes. Donner la signification possible de chacun des pictogrammes ainsi que le mot anglais correspondant employé dans " CES Edupack " ;

- dans l’analyse du procédé de fabrication, on prend en compte 3 critères également représentés par des pictogrammes, expliquer à quoi correspondent chacun de ces pictogrammes ;

- de quel pourcentage le matériau final améliore-t-il ou détériore-t-il le résultat pour chacune des catégories d’impacts environnementaux surveillées.

*Visionner la vidéo "Sustainability 2".*

2.2 APPLICATION SUR LA PIECE ACCOUPLEMENT.

En partant du matériau de départ (laiton) et en appliquant les critères imposés ci-après, trouver un nouveau matériau pour cette pièce. Il est souhaitable de regarder la liste des matériaux proposés au fur et à mesure de la modification des paramètres. Compléter le document réponse une fois votre recherche terminée et appeler le professeur pour lui montrer votre résultat (sur le logiciel).

Critères à respecter par rapport aux critères du laiton d’origine :

* prendre une masse volumique plus faible ;
* prendre un module d’élasticité, une limite d’élasticité, un module de cisaillement et une limite de traction plus faibles ;
* prendre un coefficient de Poisson plus important ;
* prendre un coefficient de dilatation thermique plus fort et une conductivité thermique plus faible ;
* laisser toutes les possibilités au niveau de la chaleur spécifique.

Remarque : il doit vous rester plusieurs matériaux possibles, il vous appartient de choisir celui qui vous paraît le plus adapté et de justifier votre choix.

1. **APPLICATION SUR L’ENSEMBLE "MOTOREDUCTEUR "(CES EduPack et Sustainability).**

Sous SW, ouvrir l’ensemble motoréducteur. Les matériaux pour chacune des pièces de cet ensemble ont été définis (certains ne sont pas rigoureusement ceux utilisés sur le gyropode car, ils ne sont pas disponibles dans la bibliothèque du logiciel). Dans le dossier technique, se trouve l’ACV (analyse du cycle de vie de l’ensemble) « Sustainability - Motoréducteur complet pour 1h d'utilisation par jour". Pour simplifier, la durée de vie du motoréducteur et de tous ses composants a été fixée à 1 an.

Pour répondre aux questions suivantes, vous aurez besoin de l’ACV qui vous est fournie et il vous faudra utiliser l’arbre de construction de l’ensemble motoréducteur et certainement ouvrir des fichiers pièces pour trouver divers renseignements et voir la forme exacte des pièces.

3.1 Analyse de l’ACV.

3.1.1 Quelle est la masse de l’ensemble motoréducteur (préciser l’unité).

3.1.2 Quelle est la phase du cycle de vie qui impacte le plus l’environnement ? Est-ce normale selon vous ? Justifier votre réponse. Que faudrait-il faire pour diminuer l’impact de cette phase ?

3.1.3 Quelle est la seconde phase qui impacte le plus l’environnement ? Qu’est-il donc important de bien effectuer ?

3.1.4 Quelles sont les 4 pièces qui ont le plus d’impact négatif sur l’environnement. Sachant que l’on ne peut pas remettre en cause les matériaux du rotor du moteur et du bobinage, soulignés en rouge les pièces qu’il serait souhaitable de réétudier et indiquer entre parenthèse leur masse. Pour trouver la quatrième pièce dans SW, « Sustainability » (demande un peu de temps), « évaluer », « visualisation de l’assemblage, appeler le professeur peut être judicieux.

3.2 Modification du matériau de la pièce qui a la plus forte masse.

3.2.1 Donner la désignation normalisée du matériau de cette pièce.

3.2.2 A l’aide de «CES EduPack », renseigner vous sur cette famille de matériaux. Compléter le tableau du document réponse (pour des valeurs précises, vous pouvez éditer le matériau dans l’arbre de création de «CES EduPack ».

3.2.3 Chercher maintenant un nouveau matériau en visant prioritairement l’allègement de la pièce (on espère un facteur minimum de 2,5) et la possibilité de l’obtenir très facilement par moulage lors de la fabrication (elle devra pouvoir s’usiner très moyennement). Pour avoir une bonne marge de sécurité par rapport aux efforts qui s’applique sur cette pièce on souhaite au moins 300 MPa de limite élastique. La température minima de fonctionnement sera de – 20°. Vous devez être capable d’expliquez vos choix définitifs. Appeler le professeur, afin de lui montrer l’aboutissement de votre recherche et qu’il vous donne une piste pour trouver un matériau complètement désigné.

3.2.4 Ouvrir dans SW la pièce étudiée, si ce n’est déjà fait, et lancer le module «Sustainability ». Vous allez devoir comparer différents paramètres et compléter le tableau récapitulatif. Tirer une conclusion sur l’opportunité ou non de changer le matériau.

3.3 Modification de la seconde pièce responsable d’une grande partie des impacts négatifs d’un point de vue matériau.

Vous avez carte blanche. Réfléchissez à la fonction principale de cette pièce et expliquer votre démarche.

*Remarque : on rencontre parfois des problèmes moins faciles à résoudre.*

1. **Conclusion.**

Quelle conclusion générale pouvez–vous faire quant au choix du matériau d’une pièce et au choix d’un produit plutôt qu’un autre ?