

Cafetière à capsules

Etude et projets d'ingénierie et innovation technologique autour de la Cafetière Nespresso®

Classe de seconde: Enseignements d'exploration

SI & CIT

Bac STI2D (Transversal & ITEC)

Thématiques abordées

Alimentation



Descriptif du support technologique

Créée il y a 20 ans, la cafetière à capsules Nespresso® a révolutionné la façon de se faire du café à domicile. Café prêt rapidement, pas de nettoyage, qualité du café, ces caractéristiques ont séduit des millions d'utilisateurs.

Ces caractéristiques sont le fruit d'années de **développements technologiques** et de **brevets sur la cafetière et la capsule de café**.

La cafetière à capsules Nespresso® est composée des éléments suivants:

- ✓ **Circuit d'eau** avec réservoir, pompe, soupape de sécurité
- ✓ **Résistance électrique de chauffage instantané** de l'eau avec **contrôle par triac**
- ✓ **Sous-ensemble mécanique de perçage** de capsules
- ✓ **Circuit électronique avec PIC** de contrôle de la cafetière
- ✓ Coques et enveloppe au **design travaillé**



Contenu du produit didactique « Cafetière à capsules »

Le produit « Cafetière à capsules » (Référence: **NS10**), livré avec la **pédagogie SI/CIT**, est composé de:

- ✓ Une **cafetière « éclatée »** sur support avec points de mesures sur circuit d'eau:
 - Points d'acquisition numérique (A exploiter avec une centrale d'acquisition externe) de **Température d'eau**, **Tension d'alimentation de la résistance**, **Tension de sortie du débitmètre**
 - **Manomètre** sur circuit d'eau
 - Afficheur de **température d'eau** en sortie de corps de chauffe instantanée
- ✓ Un **sous-ensemble mécanique** de perçage de capsules sur socle équipé d'un **dynamomètre** pour étude des caractéristiques mécaniques
- ✓ **Analyseur de consommation** de la cafetière (Tension, Intensité, Puissance, Energie, Facteur de puissance)

La version enrichie (Référence: **NS10+NS12**) de la cafetière, livrée avec la **pédagogie Bac STI2D**, contient en plus une **Maquette d'étude de la conductivité thermique et de l'émissivité des matériaux** (Référence: NS12) permettant d'accompagner les activités de simulation de **transfert thermique** et de **choix des matériaux** du corps de chauffe.

Une cafetière d'origine (Référence: **NS11**) est également disponible pour observation du produit de grandes surfaces.

Une option **Sous ensemble cafetière éco-conçue** (Référence : **NS13**), composé des éléments présent dans la cafetière Pixie, permettant d'accompagner les activités de **choix des éco-matériaux** de la cafetière et des **solutions technologiques économes en énergies** mises en œuvre.

Le Module USB d'acquisition de données (Référence: **AQ10**) avec la sonde différentielle de tension (Référence: **AQ11**) proposé par ERM Automatismes permet de récupérer les informations à partir de fiches double-puits/BNC et de les exploiter avec le logiciel associé. D'autres modules d'acquisition peuvent être utilisés.

Ce produit est accompagné d'un dossier technique et pédagogique sous format numérique comprenant:

- ✓ Site HTML avec les activités, projets, corrigés et ressources
- ✓ Modèles 3D sous Solidworks, Schémas électriques et électroniques
- ✓ Modèle SysML de la cafetière
- ✓ Fiches techniques des composants



Carte électronique
Citiz



Carte électronique
Pixie

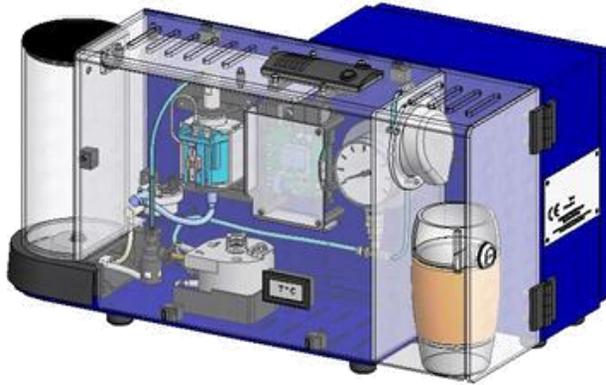
Cafetière éclatée avec points de mesure : tension alimentation chaudière, tension sortie débitmètre, température chaudière





Activités et projets CIT

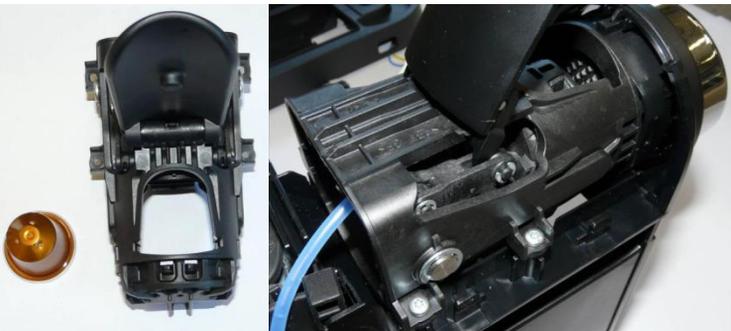
- ✓ Activités:
 - **Histoire des cafetières** et de Nespresso
 - Etude et évolution du design et des matériaux
 - Innovation de rupture: **Matrice TRIZ**
 - **Etude de marché** des cafetières à capsules et à doses individuelles
 - **Eco-conception sur la capsule, processus de recyclage**
 - Etudes de **brevets**
- ✓ Projets:
 - Conception d'une alimentation en eau de la cafetière depuis le réseau d'eau de ville
 - Conception d'une desserte de capsules



Sous-ensemble mécanique de prise en charge et perçage de capsules sur socle équipé d'un dynamomètre

Activités et projets SI

- ✓ Activités:
 - Analyse fonctionnelle
 - Etude du circuit d'eau (Réservoir, Pompe, Débitmètre, Corps de chauffe instantanée, Sonde de température, Soupape de sécurité, Etanchéité)
 - Etude du sous-ensemble de prise en charge et perçage mécanique de la capsule (Solutions constructives et Cinématique)
 - Etude du levier mécanique (Force à exercer, Matériau...)
 - Mesures et étude des consommations d'énergie en fonctionnement et en veille
- ✓ Projets:
 - Prise en charge électrique de la capsule
 - Réalisation d'une alimentation en eau de la cafetière depuis le réseau d'eau de ville



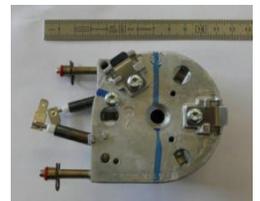
Sous-ensemble de prise en charge et perçage de la capsule



Pompe



Débitmètre



Organe de chauffe





Activités et projets pour le STI2D

- ✓ Analyse fonctionnelle de la cafetière
 - Expression du besoin, diagramme des interacteurs, actigramme
 - Diagramme FAST
 - Schéma bloc
 - SysML

- ✓ Analyse du cycle de vie de la cafetière
- ✓ Carte électronique
- ✓ Corps de chauffe
 - Analyse fonctionnelle
 - Chaîne fonctionnelle : « chauffer l'eau »
 - Matériau

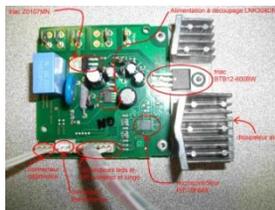
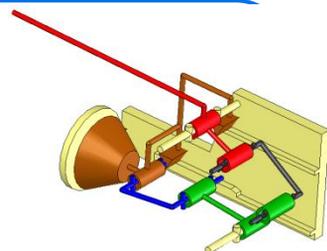


Schéma cinématique du sous-ensemble de prise en charge et perçage de capsules



- Conductivité thermique généralité
- Simulation conductivité avec Flowsimulation
- Maquette simulation réelle conductivité
- Choix du matériau + applications avec CES Edupack
- Simulation de la conductivité du corps de chauffe
- Coût matière
- Thermodynamique : échange thermique
- Impact environnemental de la matière sous SUSTAINABILITY
- Procédé de fabrication
 - Choix procédé et applications avec CES Edupack
 - Etude de procédé de moulage
 - Simulation de la cinématique d'ouverture du moule



Etude de la déformée du levier

- ✓ Unité de brassage
 - Etude statique du levier (solide soumis à 3 forces) avec SolidWorks
 - Simulation de l'étude mécanique du levier avec Meca3D
 - Etude de la déformée du levier avec Solidworks
 - Etude cinématique
 - Représentation graphique du réel
 - Didacticiel pièce de révolution
 - Didacticiel pièce par extrusion
 - Assemblage
 - Modification d'un assemblage
 - Rendu réaliste avec PHOTOVIEW
 - Eclaté + nomenclature sous SolidWorks

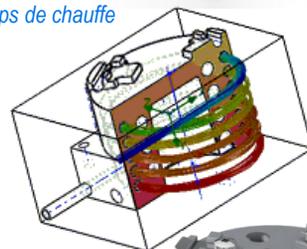


Etude de la pompe



Simulation du fonctionnement thermique du corps de chauffe

- ✓ Débitmètre: Validation du fonctionnement
- ✓ Pompe: Fonctionnement
- ✓ Projets
 - Unité de brassage motorisé
 - Distributeur capsules motorisé



Etude du sous-ensemble de chauffage instantanée de l'eau

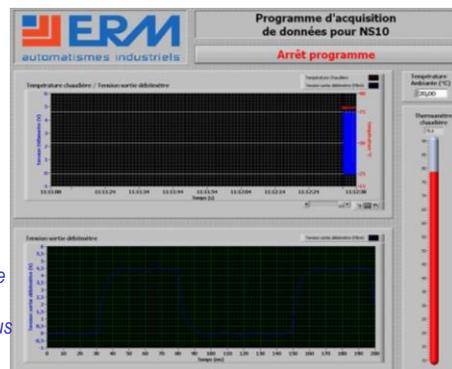
Options AQ10, AQ11 « Centrale d'acquisition USB, Sonde de tension, Pince de courant »

- ✓ Option AQ10: Centrale d'acquisition USB ayant les caractéristiques suivantes:
 - 8 entrées analogiques différentielles, 16 asymétriques (16 bits, 250 kéch./s)
 - Mesures de signaux -/+10V, -/+5V, -/+1V, -/+0.2V (Pour thermocouples)
 - Impédance d'entrée 10GOhms
 - Exécutable Labview fourni comme interface d'acquisition du système VM20
- ✓ Option AQ11: Sonde différentielle de tension pour centrale d'acquisition USB
 - Plage de tension différentielle d'entrée: $\pm 0.1V$ à $\pm 600V$ (1 voie – AC ou DC)
 - Bande passante: 30 MHz
 - Impédance d'entrée: 2MOhms



Boîtier d'acquisition de la centrale USB AQ10

Exemple d'écran de l'exécutable LabVIEW: Mesures de la température chaudière et signal débitmètre, graphes obtenus avec l'AQ10



Maquette d'étude de la conductivité thermique et de l'émissivité des matériaux

Descriptif du support

La **Maquette d'étude de la conductivité thermique et de l'émissivité des matériaux** (Référence: **NS12**) est un support d'étude du transfert thermique et des propriétés thermiques et émissives des matériaux.

De faible encombrement, le produit a été conçu pour une mise en œuvre aisée.

Sa structure et son fonctionnement permettent de réaliser des mesures cohérentes et facilement interprétables avec les outils de mesure thermique du laboratoire (Caméra thermique, Thermomètre multi-voies avec enregistreur).

La maquette est constituée d'un socle métallique avec résistance de chauffe (Température maximale: 60°C). Six barreaux de matériaux et traitements de surface différents sont encastrables dans le socle:

PVC peint en noir mât

Aluminium peint en noir mât

Acier peint en noir mât

Laiton peint en noir mât

Aluminium brut

Acier zingué

D'autres barreaux peuvent également être utilisés en remplacement de l'un de ceux livrés en standard. Des points de fixation de sondes à œillets sont prévus sur la hauteur des barreaux pour pouvoir aisément faire des mesures avec un thermomètre multi-voies. Un **lexan transparent** est également livré pour illustrer les limites de mesures thermiques avec une caméra infrarouge (Barrière infrarouge).

En fonctionnement, il est possible de mesurer le **gradient de température** de chaque barreau, ce qui permet d'étudier la **conductivité des matériaux** et le **transfert thermique**. Les mesures de températures de surface prises avec une **caméra thermique** sur les barreaux de même matériau, mais de revêtement différent mettent en évidence les phénomènes d'**émissivité thermique**.

Caméras thermiques

ERM Automatismes propose la gamme de **caméras thermiques Flir** pouvant notamment être utilisées avec la « Maquette d'étude de la conductivité et de l'émissivité des matériaux ».

Famille de modèles destinés à l'**industrie**:

✓ **Flir E30**

✓ **Flir E40**

Famille de modèles plutôt destinées au **bâtiment** (Angle de vision plus large):

✓ **Flir E30bx**

✓ **Flir E40bx**

Famille de modèles d'utilisation **mixte** (Industrie + Bâtiment):

✓ **Flir i3**

✓ **Flir i5**

✓ **Flir i7**

Les fiches techniques de ces produits sont consultables sur le site ERM Automatismes ou le site www.flir.com/fr



Caméra Flir i5

Caméra Flir E30bx

Thermomètre 4 voies avec enregistreur

ERM Automatismes propose un **Thermomètre 4 voies avec enregistreur** (Référence: **OA10**) pouvant notamment être utilisées avec la « Maquette d'étude de la conductivité thermique et de l'émissivité des matériaux ».

Le package proposé contient:

✓ **Thermomètre 4 voies thermocouples** avec afficheur, enregistreur et port USB pour transfert des mesures

✓ **4 sondes thermocouples à œillet**

✓ **Logiciel de traitement de mesures**

Les fiches techniques de ces produits sont consultables sur le site ERM Automatismes.



Mallette éco-conception de cafetière à capsules

Descriptif du support

Le **Sous ensemble cafetière éco-conçue** (Référence: **NS13**), composé des éléments présents dans la cafetière Pixie, est un support d'étude permettant de réaliser des activités de **choix des éco-matériaux** de la cafetière et d'étude des **solutions technologiques économes en énergies** mises en œuvre (En comparaison avec l'ancienne génération: Citiz).

Le produit nous permet d'étudier les caractéristiques des composants en fonction de leurs matériaux et l'impact sur l'environnement (de la cafetière) induit par ces différents matériaux :

- ✓ **Emballages :**
 - Carton imprimé
 - Papier pâte de bois
 - Carton ondulé
- ✓ **Plastiques :**
 - PTFE
 - PB
 - SAN
 - PA6
 - PP
 - ABS
- ✓ **Métaux :**
 - Alu mix moulé européen
 - Inox
 - Zinc (alliage)
- ✓ **Etc ...**



Cafetière Pixie



Pesage de composants de la Pixie (Balance non fournie)



Carte électronique Citiz

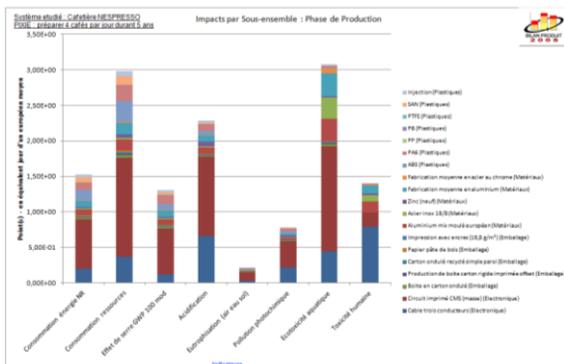


Carte électronique Pixie

Activités et projets pour le STI2D

La mallette éco-conception de la cafetière à capsules permet de travailler sur les points suivants :

- ✓ **Découverte des matériaux :** Identifier et caractériser des solutions techniques relatives aux matériaux, à la structure, à l'énergie et aux informations d'un système.
- ✓ **Eco-conception :** Justifier les choix de matériaux, des structures d'un système et les énergies mises en œuvre dans une approche de développement durable.
- ✓ **Solution technologique :** Identifier et justifier les solutions constructives d'un système au regard des impacts environnementaux et économiques engendrés tout au long du cycle de vie.



Impact sur l'environnement de la phase de production