



COURS D'ETUDE SUR L'ELIMINATION DES DECHETS URBAINS



DL GREENLAB

LE BUT DU LABORATOIRE

L'objectif de ce laboratoire est de dispenser un cours approfondi sur les processus d'élimination des déchets urbains. Plus précisément, les étudiants recevront une formation complète sur les sujets suivants :

- La composition des déchets urbains.
- Les principaux processus et le flux de gestion des déchets urbains.
- Les principaux processus de traitement des déchets urbains.

De plus, grâce à des simulateurs, le **DL GREENLAB** permet la reproduction fidèle des stations d'épuration des déchets urbains.

L'outil d'apprentissage principal est le **DL WORKSPACE**, une plateforme d'enseignement multimédia.



NOTIONS PRELIMINAIRES SUR LES PRINCIPAUX THEMES DES DECHETS URBAINS

- **COMPOSITION DES PRODUITS DES DECHETS URBAINS.**

La composition du produit varie en fonction de nombreux paramètres tels que:

- ♦ les caractéristiques sociales et territoriales des usagers;
- ♦ la vocation du territoire (présence d'activités industrielles et commerciales, de services, d'habitat, déplacements domicile-travail, etc.);
- ♦ les modes de collecte.

- **PRINCIPAUX PROCESSUS ET FLUX DE LA GESTION DES DECHETS URBAINS.**

Un aperçu clair et concis des processus et des flux de gestion des déchets urbains peut être représenté par la séquence suivante:




- ♦ Production de déchets urbains (origine et nature);
- ♦ Collecte (non triée/triée et méthodes);
- ♦ Transport (centre de collecte, centres de tri et de traitement);
- ♦ Traitement (tri et tri des matières recyclables, compostage des déchets organiques, recyclage du papier/plastique/verre/métaux, valorisation énergétique des déchets avec incinération et valorisation énergétique, et traitement mécano-biologique (TMB) des déchets non triés);
- ♦ Élimination finale (mise en décharge contrôlée des déchets non valorisables et valorisation énergétique des déchets pour la production de valorisation énergétique);
- ♦ Suivi et contrôle (traçabilité des déchets, inspections environnementales et sanitaires, et reporting).

Ci-dessous le flux simplifié:

Production → Collection → Transport → Traitement → Recyclage/Énergie/Décharge.

- **PRINCIPAUX PROCESSUS DE TRAITEMENT DES DÉCHETS URBAINS.**

L'aperçu des principaux processus de traitement des déchets urbains peut être divisé par type comme suit:

- ♦  **Traitement Mécano-Biologique (TMB)** pour les déchets non triés résultant de la production de **Combustibles Dérivés de Déchets (CDD)**, qui représentent le résultat final d'un processus industriel complexe qui transforme les déchets, principalement les plastiques, le caoutchouc et d'autres dérivés du pétrole, pour générer de l'énergie non dérivée de combustibles fossiles;
- ♦  **Recyclage** visant à récupérer des matériaux réutilisables tels que le papier, le plastique, le verre, les métaux et le bois;
- ♦  **Compostage** visant à transformer les déchets organiques tels que les déchets humides domestiques, les tontes de gazon et les tailles en compost (un amendement du sol) en utilisant deux méthodes principales:



GESTION DES DÉCHETS



- ❖ Compostage aérobie (avec oxygène),
- ❖ Digestion anaérobie (sans oxygène, avec production de biogaz);
- ◆ 🔥 Valorisation énergétique des déchets visant à éliminer les déchets non recyclables et à produire de l'énergie suite au processus d'incinération contrôlée avec récupération de chaleur pour produire de l'électricité ou du chauffage urbain;
- ◆ 🗑️ Décharge contrôlée destinée à l'élimination définitive des déchets non valorisables.

DL WORKSPACE

Le **DL WORKSPACE** est une application Windows qui fournit à la classe un environnement de travail intégré, en particulier un laboratoire d'enseignement dans lequel les étudiants peuvent développer des compétences dans les principaux processus et flux de la gestion des déchets urbains.

La caractéristique fondamentale du laboratoire est sa capacité à recréer, en son sein, la réalité dans laquelle ces compétences sont développées, à travers des dispositifs, des appareils et des systèmes matériels et logiciels.

Il fournit, pour chaque poste de travail, un environnement intégré contenant tous les outils logiciels d'étude et d'expérimentation. Les principaux outils sont la navigation dans les supports pédagogiques au format PDF ou HTML et la gestion des réponses aux questions des cours.

L'environnement est entièrement personnalisable par l'utilisateur qui peut déplacer les fenêtres à volonté, les laisser flotter ou les ancrer à la fenêtre principale, les redimensionner, les fermer et les ouvrir selon ses besoins.

LES MODULES DE COURS INTEGRES DANS DL WORKSPACE

Les modules de cours intégrés à DL WORKSPACE sont les suivants:

MODULE 1	Gestion des déchets: Définitions, Réglementations et Régimes Autorisés.
MODULE 2	Caractérisation et classification des déchets urbains.
MODULE 3	Collecte des déchets urbains (Aspects techniques et économiques du service).
MODULE 4	Processus et technologies de récupération des matériaux EOW (End Of Waste/Fin Des Déchets).
MODULE 5	Stations de traitement des Déchets Solides Urbains (DSU) .
MODULE 6	Installations de tri des déchets urbains mélangés (Simulateur DL GR03).
MODULE 7	Usines de valorisation énergétique des déchets (Simulateur DL GR01).
MODULE 8	Installations de digestion anaérobie (Simulateur DL GR02).
MODULE 9	Stations de traitement physico-chimique des déchets.
MODULE 10	La gestion des déchets entre recyclage et économie circulaire.



COMPOSITION DU LABORATOIRE "DL GREENLAB"

Le laboratoire **DL GREENLAB** est composé de plusieurs modules matériels et logiciels et comprend un poste de travail pour enseignant comprenant :

- **DL GREENLAB-TEACHER** avec logiciel de gestion pour surveiller l'activité de la classe.
- **DL WORKSPACE - SERVER** qui comprend un **SERVEUR** avec:
 - ◆ Logiciel de formation pour les modules un à dix,
 - ◆ Outils DCS (Système de Contrôle Distribué /Distributed Control System) avec collecte de données, tableur, etc.

- **LES TROIS SIMULATEURS DL GR01, DL GR02 et DL GR03.**

Il s'agit de simulateurs portant sur des sujets liés aux modules 7, 8 et 6, et en particulier:

- ◆ **DL GR01 (Waste to Energy Plant)** pour la simulation d'une usine de valorisation énergétique des déchets.
- ◆ **DL GR02 (Anaerobic Digestion Plant)** pour la simulation d'une usine de digestion anaérobie.
- ◆ **DL GR03 (Solid Waste Selection Plant)** pour la simulation d'une usine de sélection de déchets solides urbains mixtes.

Chaque simulateur est connecté à un ordinateur, via USB.

Les **trois simulateurs** sont fournis avec **trois ordinateurs** et sont connectés **via Wi-Fi** au **poste de travail de l'enseignant** qui met en œuvre les niveaux DCS.

Les simulateurs contiennent:

- afficheurs à sept segments pour indiquer les valeurs de consigne des processus mis en œuvre par le simulateur.
- les valeurs de consigne sont définies par ordinateur.
- potentiomètres linéaires ou rotatifs pour régler les valeurs des grandeurs provenant des capteurs du système simulé (PV).
- algorithmes de régulation PID pour calculer la variable de sortie du procédé (OV).
- barres de LED pour afficher les variables OV.
- sélecteurs et alarmes.

Les ordinateurs connectés à des simulateurs permettent de:

- Superviser les systèmes via une interface graphique avec l'affichage de tous les paramètres,
- définir les points de consigne des processus du système,
- visualiser les tendances en temps réel et l'historique de toutes les variables acquises,
- gérer les alarmes,
- envoyer toutes les informations à l'ordinateur.



GESTION DES DÉCHETS



Afin d'utiliser un, deux ou trois des simulateurs mentionnés ci-dessus, il est nécessaire de compléter le **DL GREENLAB** avec au moins un poste étudiant défini comme **DL GREENLAB-STUDENT** avec la plateforme pédagogique **DL WORKSPACE** qui comprend:

- Logiciel de formation pour les modules un à dix (avec une licence par étudiant),
- Mise en œuvre des outils DCS (Système de Contrôle Distribué /Distributed Control System) avec collecte de données, tableur, etc.

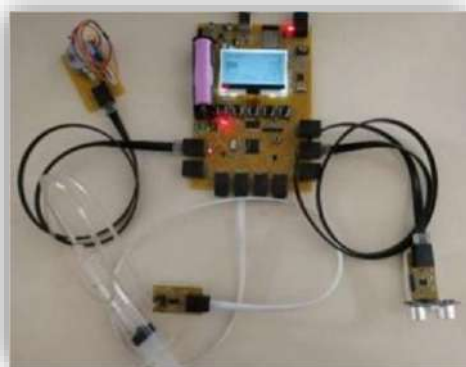
Les étudiants sont connectés au **SERVER** du **poste de travail de l'enseignant** via **Wi-Fi**.

De plus, une **unité optionnelle** appelée **DL DEVIOT-GR** est proposée qui est interfacée avec le **DL GREENLAB-STUDENT**.

L'unité DL DEVIOT-GR avec capteurs et actionneurs (EN OPTION)

Cette unité optionnelle, à ajouter au poste de travail de l'étudiant, permet de réaliser des expérimentations de mesure de grandeurs physiques pour l'étude des capteurs et des actionneurs avec des expériences pratiques:

- + Température (°C),
- + Pression,
- + Humidité,
- + Débit massique,
- + Débit volumétrique,
- + Teneur en O₂ dans le flux,
- + Niveau de remplissage du réservoir,
- + Temps de maintien.



La gestion de l'unité **DL DEVIOT-GR** s'effectue avec le logiciel **DL WORKSPACE** du poste de travail principal de l'étudiant.

N.B.:

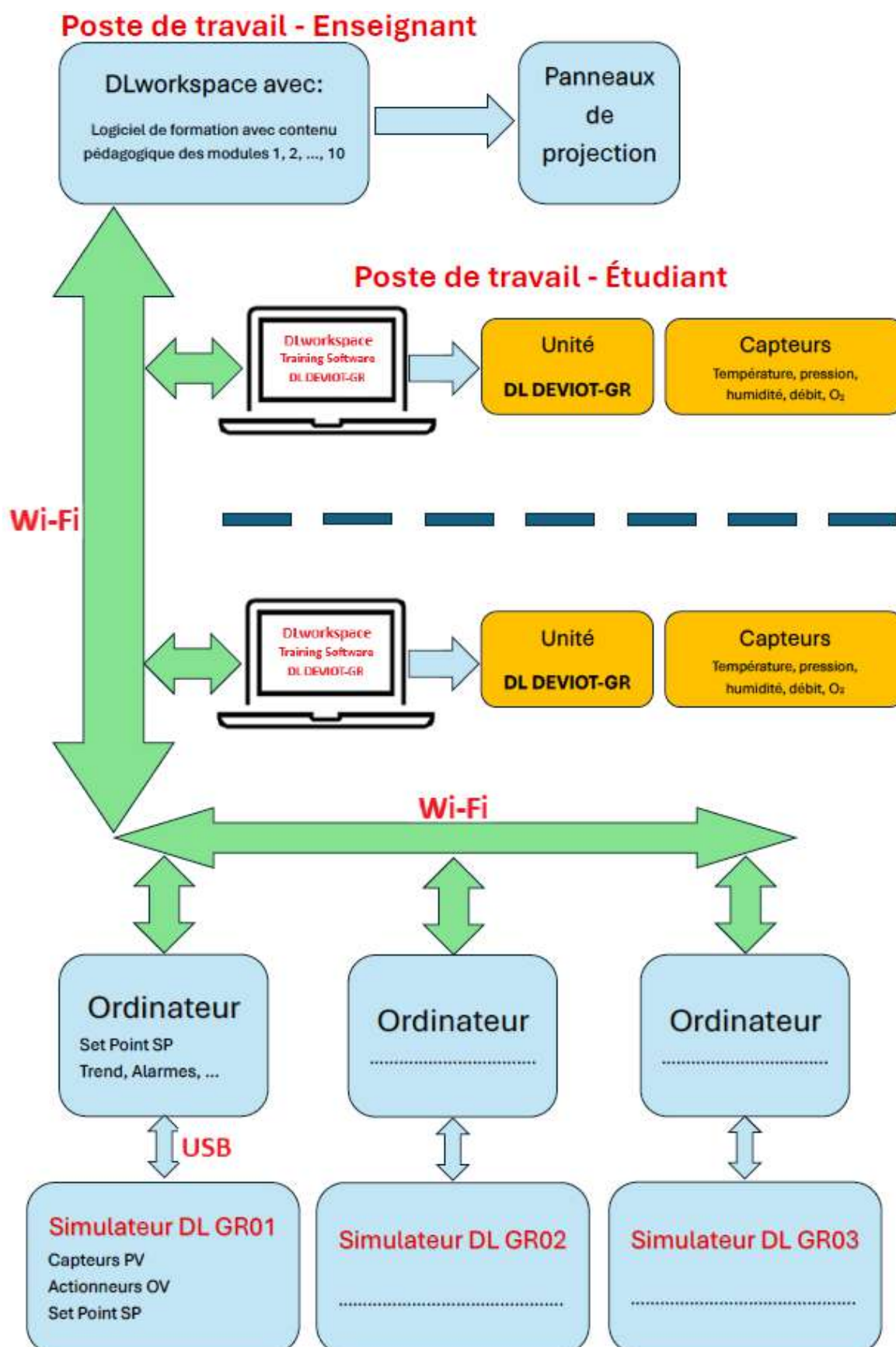
Veillez vous référer à la dernière page de ce catalogue pour plus d'informations sur la composition et la codification des modules de laboratoire.



GESTION DES DÉCHETS



Le schéma général du laboratoire **DL GREENLAB** est présenté dans la figure:





LES SIMULATEURS





CENTRALE DE VALORISATION ENERGETIQUE DES DECHETS



DL GR01

Le simulateur **DL GR01** permet d'étudier le fonctionnement et d'analyser les caractéristiques et les paramètres physiques fondamentaux d'une usine de valorisation énergétique des déchets.

Il se compose d'un panneau montrant le schéma complet de l'ensemble du système, où se trouvent une série de mini consoles qui affichent les valeurs des grandeurs qui caractérisent le fonctionnement du simulateur : masses, températures, enthalpies, puissances, rendements.

Chaque section du système (four, chaudière, cheminée, turbine, etc.) est caractérisée par la présence d'une mini console pour l'affichage de valeurs spécifiques, avec la possibilité de faire varier également certains paramètres pour analyser le fonctionnement dans différentes conditions de fonctionnement.

La connexion du Simulateur au PC pour la supervision, l'affichage graphique des quantités d'intérêt, etc., s'obtient via une interface USB spéciale.



GESTION DES DÉCHETS



Le simulateur est accompagné de l'application Windows **DLworkspace** qui fournit un environnement d'enseignement intégré pour l'utilisation du simulateur lui-même.

Cette application précédente rassemble, dans une interface graphique unique, tous les outils nécessaires à l'utilisation du Simulateur:

- le Logiciel de Formation (c'est-à-dire le matériel pédagogique) avec le guide théorique des thèmes d'étude, le guide des exercices et les questionnaires,
- les outils de visualisation graphique des grandeurs acquises par le Simulateur.

Il est également possible de connecter le simulateur à un **Broker MQTT** pour publier toutes les informations en utilisant les techniques de l'Internet des objets et les visualiser à distance sur d'autres ordinateurs.

Il présente les caractéristiques techniques suivantes:

- Panneau synoptique avec schéma couleur du système,
- 10 mini-console avec écrans TFT 2,8", résolution 240 x 320, et clavier 5 touches,
- Interface USB,
- Application Windows **DLworkspace**,
- Logiciel de gestion et de traitement graphique,
- Logiciel de formation avec textes, images, vidéos et questionnaires,
- Alimentation: 220 Vca \pm 10 %, 50 Hz.

Le programme comprend les sujets suivants:

- **Déchets Solides Urbains (DSU).**
 - ◆ Division en catégories,
 - ◆ Les paramètres fondamentaux,
 - ◆ Calcul des paramètres de l'usine de valorisation énergétique des déchets.
- **Valorisation énergétique des déchets: introduction.**
 - ◆ Combustibles résiduels,
 - ◆ Paramètres caractéristiques.
- **Valorisation énergétique des déchets: combustion.**
 - ◆ Combustion des déchets,
 - ◆ Le four et la chaudière,
 - ◆ Bilans massique et énergétique,
 - ◆ Épuration des fumées.
- **Valorisation énergétique des déchets: production d'énergie.**
 - ◆ Le cycle de Rankine à vapeur,
 - ◆ Le turboalternateur,
 - ◆ La production et l'efficacité de l'énergie électrique,
 - ◆ L'énergie thermique.

Le système est fourni avec des manuels techniques pour la théorie et les exercices.



GESTION DES DÉCHETS



Le simulateur DL GR01

Pour que le simulateur fonctionne, les données caractérisant les **Déchets Solides Urbains (DSU)** qui seront incinérés doivent être fournies en entrée.

Ces données sont:

- le pouvoir calorifique,
- l'humidité relative,
- le pourcentage de cendres,
- la quantité d'air nécessaire.

Ces informations dépendent du type de déchets générés dans une zone donnée et du pourcentage de collecte séparée des déchets, le cas échéant.

Pour calculer les paramètres ci-dessus, à partir des données de collecte, le **DLworkspace** contient le **Waste Calculator** (Calculateur de déchets).



Waste Calculator											
A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L	
Municipal Solid Waste:											
Waste type	%	RD %	Out %	CV (ca...	Ashes %	Umidit...	C	H	O	S	
Organic substance:	30	15	30.00	4200.00	24.10	63.30	38.80	4.20	28.30	0.90	
Plastic:	14	15	14.00	30500.00	1.50	4.00	65.60	9.30	17.00	0.20	
Paper:	25	15	25.00	12100.00	18.60	15.80	39.20	2.80	37.90	0.90	
Textile:	7	15	7.00	5400.00	12.40	21.00	44.70	5.00	37.00	0.10	
Inerts:	24	15	24.00	0.00	85.00	3.75	9.10	1.10	2.70	0.10	
Totals:	100	0	100.00	8933.00	33.36	25.87	35.94	3.88	23.58	0.55	
Calculator values for the Waste-to-Energy Plant:											
Calorific value:	8933.00	[kJ/kg]									
Umidity:	25.87	[%]									
Ashes:	33.36	[%]									
Air:	5.49	[kg/kg]									

Waste Info

Une fois les pourcentages de collecte des différents types de déchets et les pourcentages de collecte séparée des déchets associés saisis, le calculateur calcule automatiquement les paramètres DSU requis par le simulateur.



GESTION DES DÉCHETS

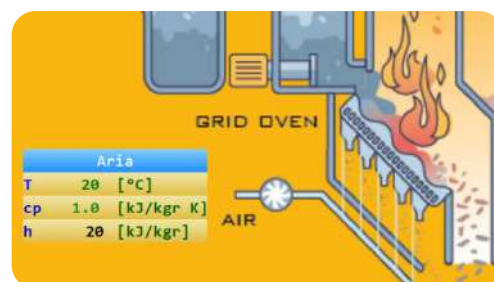


Le simulateur **DL GR01** devient donc également un outil d'analyse d'une zone et de vérification de l'influence des variations de collecte sélective des déchets sur les paramètres significatifs du processus d'incinération.

Les autres sections d'une usine de valorisation énergétique des déchets analysées par le simulateur sont:

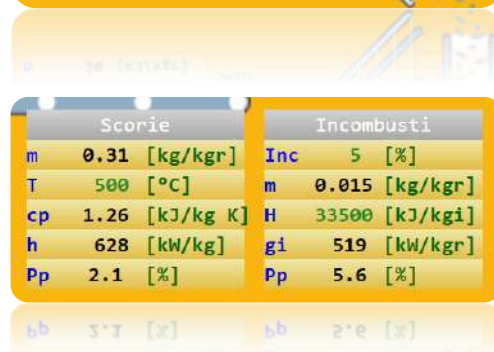
LE FOUR

Les déchets y sont brûlés, avec ajout d'air en quantités égales à celles indiquées dans les paramètres de base.



LES DECHETS ET LES NON BRÛLES

Leur masse est calculée et la perte de puissance thermique qui leur est liée est évaluée.



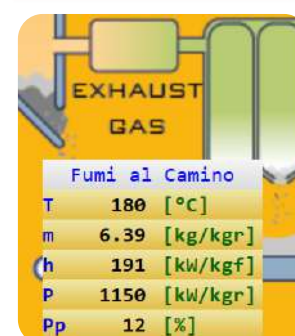
LES FUMES GENEREES PAR LE FOUR

Ils contiennent l'énergie thermique produite par la combustion qui sera ensuite transférée au fluide de la chaudière pour générer de la vapeur. Leur masse, leur température et leur enthalpie sont calculées.



FUMES DE LA CHEMINEE

En calculant leur masse et leur énergie perdue.





GESTION DES DÉCHETS

LA CHAUDIERE

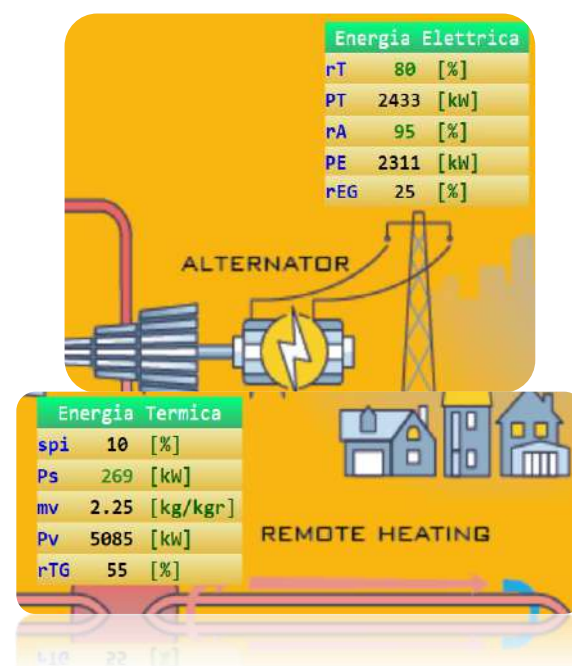
Là où l'eau entre, elle est chauffée par la puissance thermique des gaz de combustion et se transforme en vapeur surchauffée avec sa masse et son énergie thermique.



LE TURBOALTERNATEUR

Composé d'une turbine et d'un générateur électrique qui convertit l'énergie mécanique en énergie électrique.

La puissance électrique produite dépend de la puissance thermique de la vapeur et du rendement du générateur. L'énergie thermique de la vapeur peut également être utilisée pour le **chauffage urbain**.





USINE DE DIGESTION ANAEROBIE



DL GR02

Le simulateur **DL GR02** vous permet d'étudier le fonctionnement et d'analyser les caractéristiques d'une usine de digestion anaérobie.

Il se compose d'un panneau montrant le schéma complet de l'ensemble du système, où se trouvent une série de mini consoles qui affichent les valeurs des grandeurs qui caractérisent le fonctionnement du simulateur : masses, températures, énergies, etc.

Le simulateur est complété par des potentiomètres pour le réglage des paramètres de fonctionnement et des écrans pour la visualisation de grandeurs supplémentaires.

La connexion du Simulateur au PC pour la supervision, l'affichage graphique des quantités d'intérêt, etc., s'obtient via une interface USB spéciale.

Le simulateur est accompagné de l'application Windows **DLworkspace** qui fournit un environnement d'enseignement intégré pour l'utilisation du simulateur lui-même.



GESTION DES DÉCHETS



Cette application précédente rassemble, dans une interface graphique unique, tous les outils nécessaires à l'utilisation du Simulateur:

- le Logiciel de Formation (c'est-à-dire le matériel pédagogique) avec le guide théorique des thèmes d'étude, le guide des exercices et les questionnaires,
- les outils de visualisation graphique des grandeurs acquises par le Simulateur.

Il est également possible de connecter le simulateur à un **Broker MQTT** pour publier toutes les informations en utilisant les techniques de l'Internet des objets et les visualiser à distance sur d'autres ordinateurs.

Il présente les caractéristiques techniques suivantes:

- Panneau synoptique avec schéma couleur du système,
- 10 mini-console avec écrans TFT 2,8", résolution 240 x 320, et clavier 5 touches,
- Interface USB,
- Application Windows **DLworkspace**,
- Logiciel de gestion et de traitement graphique,
- Logiciel de formation avec textes, images, vidéos et questionnaires,
- Alimentation: 220 Vca $\pm 10\%$, 50 Hz.

Le programme comprend les sujets suivants:

- **Digestion anaérobie.**
 - ◆ Introduction,
 - ◆ Les étapes de la digestion,
 - ◆ La production de biogaz.
- **Type de système.**
 - ◆ Paramètres de fonctionnement,
 - ◆ Types de processus: humide, sec, etc.
 - ◆ Types d'installations,
 - ◆ Cogénérateur.
- **Dimensionnement d'un réacteur.**
 - ◆ Paramètres d'entrée,
 - ◆ Calculs dimensionnels,
 - ◆ Bilans massique et énergétique.
- **Simulation d'opération.**
 - ◆ Analyse opérationnelle,
 - ◆ Analyse des performances,
 - ◆ Bilans massiques et énergétiques.

Le système est fourni avec des manuels techniques pour la théorie et les exercices.



Le simulateur DL GR02

Pour que le simulateur fonctionne, les données caractérisant le système doivent être fournies en entrée.

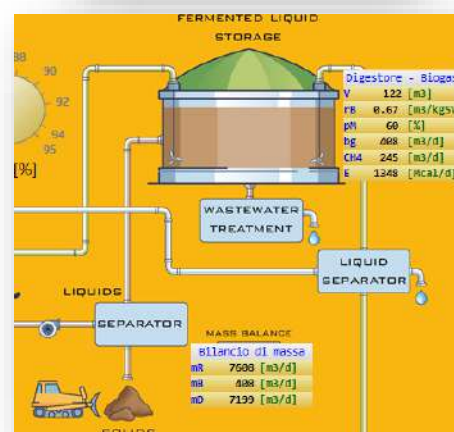
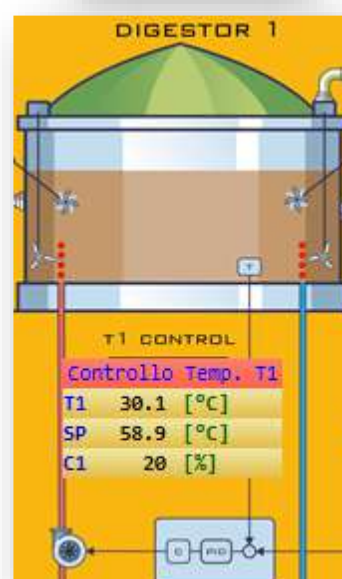
Ces données sont:

- la masse de matière organique,
- le pourcentage de solides totaux,
- le pourcentage de solides volatils,
- la température de fonctionnement.

Pour un fonctionnement optimal du système, la température dans les digesteurs doit être régulée à des valeurs optimales et maintenue constante.

À cet effet, le simulateur contient un régulateur PID pour le contrôle de la température.

Toutes les variables de fonctionnement du réacteur sont affichées sur des mini-console appropriées avec les données de bilan massique.



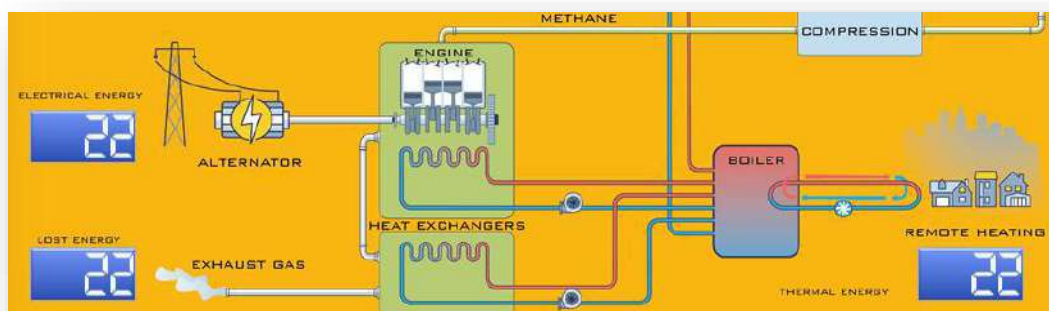
Le méthane produit, après des phases successives de nettoyage et de compression, peut être utilisé pour alimenter le réseau de distribution, ou pour produire de l'électricité et de la chaleur grâce à un cogénérateur.



GESTION DES DÉCHETS



Le simulateur DL GR02 utilise un cogénérateur, selon le schéma de la figure:



Des affichages spéciaux montrent: l'énergie électrique produite, l'énergie thermique produite et l'énergie perdue.



USINE DE SELECTION DES DECHETS SOLIDES URBAINS



DL GR03

Le simulateur **DL GR03** permet d'aborder l'étude des problématiques du processus de collecte et de sélection des déchets solides urbains.

Il se compose d'un panneau qui montre le schéma complet de l'ensemble du système, où se trouvent une série de mini consoles qui affichent les valeurs des quantités d'intérêt.

La connexion du Simulateur au PC pour la supervision, l'affichage graphique des quantités d'intérêt, etc., s'obtient via une interface USB spéciale.

Le simulateur est accompagné de l'application Windows **DLworkspace** qui fournit un environnement d'enseignement intégré pour l'utilisation du simulateur lui-même.



GESTION DES DÉCHETS



Cette application précédente rassemble, dans une interface graphique unique, tous les outils nécessaires à l'utilisation du Simulateur:

- le Logiciel de Formation (c'est-à-dire le matériel pédagogique) avec le guide théorique des thèmes d'étude, le guide des exercices et les questionnaires,
- les outils de visualisation graphique des grandeurs acquises par le Simulateur.

Il est également possible de connecter le simulateur à un **Broker MQTT** pour publier toutes les informations en utilisant les techniques de l'Internet des objets et les visualiser à distance sur d'autres ordinateurs.

Il présente les caractéristiques techniques suivantes:

- Panneau synoptique avec schéma couleur du système,
- 10 mini-console avec écrans TFT 2,8", résolution 240 x 320, et clavier 5 touches,
- Interface USB,
- Application Windows **DLworkspace**,
- Logiciel de gestion et de traitement graphique,
- Logiciel de formation avec textes, images, vidéos et questionnaires,
- Alimentation: 220 Vca \pm 10 %, 50 Hz.

Le programme comprend les sujets suivants:

- **Déchets Solides Urbains (DSU).**
 - ◆ Division en catégories,
 - ◆ Les paramètres fondamentaux.
- **Installations de tri.**
 - ◆ Réduction dimensionnelle,
 - ◆ Séparation manuelle, dimensionnelle, gravimétrique, magnétique, électrique et optique.
- **Valorisation énergétique des déchets.**
 - ◆ • Pouvoir calorifique,
 - ◆ • Calcul des paramètres d'incinération.

Le système est fourni avec des manuels techniques pour la théorie et les exercices.



GESTION DES DÉCHETS

Le simulateur DL GR03

Pour que le simulateur fonctionne, des données relatives à la répartition des différentes catégories de déchets solides doivent être fournies en entrée, définissant ainsi la composition du matériau à recycler ou à éliminer.

Les valeurs ont été divisées en catégories principales suivantes ayant des caractéristiques similaires:

- organiques,
- plastiques,
- papiers et cartons,
- bois/textiles,
- matières inertes.

Dans le simulateur, il est possible de définir les pourcentages de collecte séparée des déchets pour chaque catégorie de déchets.

Le simulateur calcule et affiche automatiquement les pourcentages, pour chaque catégorie, de déchets destinés aux usines de sélection.

Les pourcentages de séparation pouvant être obtenus pour chaque catégorie de déchets peuvent être définis à volonté via la mini-console correspondante.

URBAN WASTE COMPOSITION		
RU		
Organici	30	[%]
Plastica	14	[%]
Carta	25	[%]
Legno	7	[%]
Inerti	24	[%]
Totale	100	[%]

Dati OK

WASTE COLLECTION DIFFERENZIATA		
Organici	15	[%]
Plastica	15	[%]
Carta	15	[%]
Legno	15	[%]
Inerti	15	[%]

URBAN WASTE TO SORTING PLANT		
RIFIUTI DA SEPARARE		
Organici	30	[%]
Plastica	14	[%]
Carta	25	[%]
Legno	7	[%]
Inerti	24	[%]

PERCENTUALI SEPARATE		
Organici	0	[%]
Plastica	80	[%]
Carta	80	[%]
Legno	70	[%]
Inerti	75	[%]



GESTION DES DÉCHETS

Les pourcentages des différents composants des déchets, qui n'ont pas été séparés lors des phases de séparation, sont calculés automatiquement par le Simulateur et affichés dans la mini Console 'UNSORTED WASTE'.



RIFIUTI NON SEPARATI		
Organici	65	[%]
Plastica	6	[%]
Carta	11	[%]
Legno	5	[%]
Inerti	13	[%]

Cette fraction résiduelle de déchets peut être envoyée vers deux traitements différents:

- Décharge pour élimination finale,
- Valorisation énergétique des déchets pour la production d'énergie.

Pour la valorisation énergétique des déchets, le simulateur fournit la mini console 'WASTE TO ENERGY PLANT' qui montre les principaux paramètres nécessaires pour calculer l'énergie pouvant être obtenue à partir des déchets.

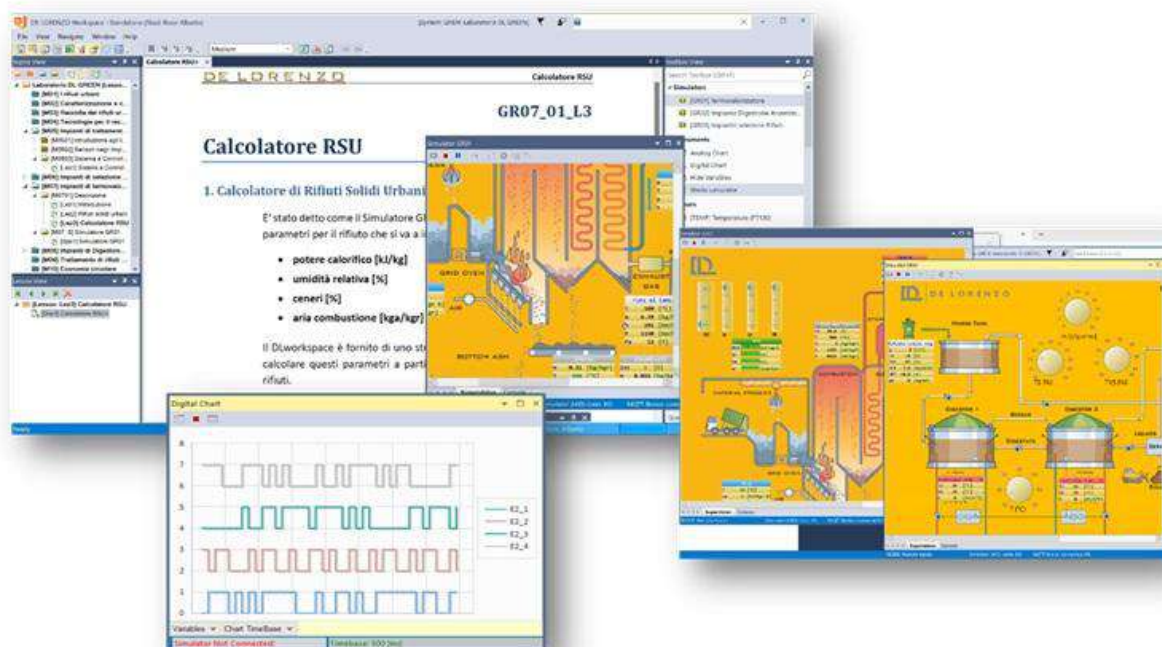


WASTE TO ENERGY PLANT		
Combustibile Solido		
PCI	6171	[kJ/kg]
Ur	45	[%]
Ce	30	[%]
ar	4.54	[kg/kg]

Ces informations peuvent ensuite être saisies dans le simulateur DL GR01 pour la valorisation énergétique des déchets.



DL WORKSPACE

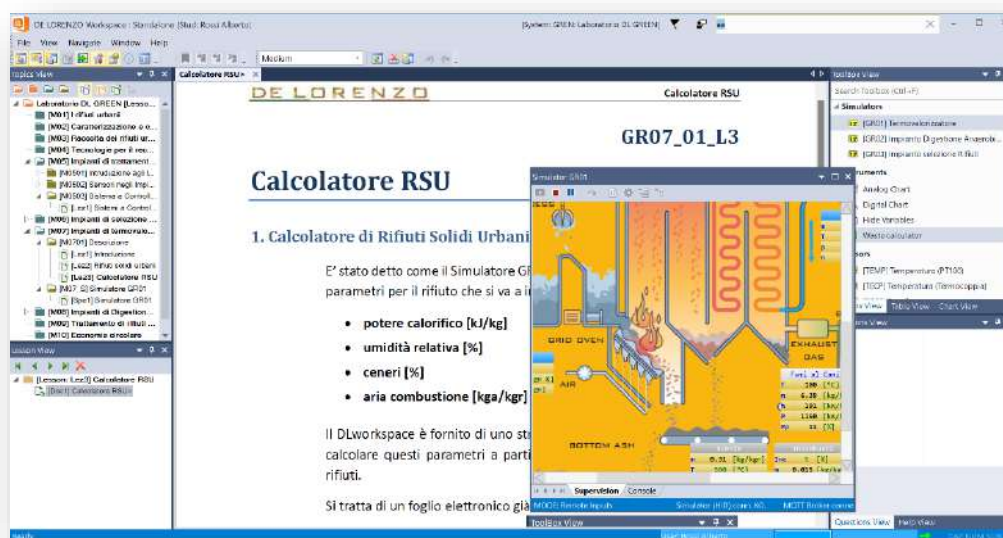




DLworkspace IDE

De Lorenzo Workspace est une application Windows qui offre un environnement d'apprentissage intégré (IDE) pour la formation. Elle rassemble, dans une interface utilisateur graphique unique, tous les outils nécessaires aux étudiants pour étudier et expérimenter, et aux enseignants pour enseigner et évaluer les apprentissages.

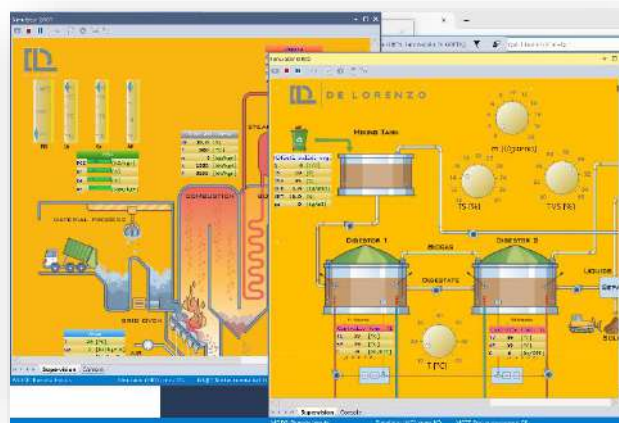
La figure montre un exemple de cela.



Vous pouvez remarquer:

- La liste des sujets et des leçons à gauche,
- les pages de cours au centre,
- les outils de supervision, les vidéos et la gestion des questions à droite.

Le même environnement abrite également les outils de supervision et de traitement graphique du Simulateur.



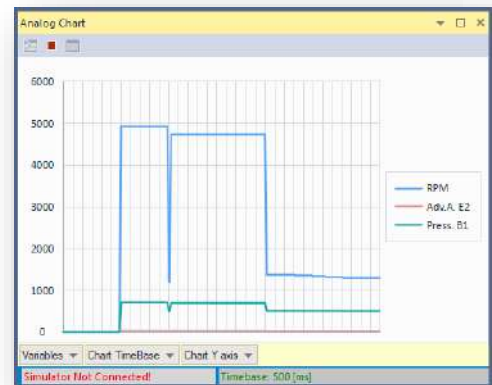


GESTION DES DÉCHETS



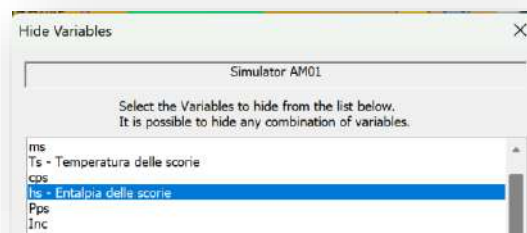
L'**Analog Chart** Permet de visualiser le comportement en temps réel des grandeurs analogiques pendant la simulation. Plusieurs grandeurs peuvent être sélectionnées simultanément.

Il **Digital Chart** permet de visualiser la tendance en temps réel des quantités ON-OFF pendant la simulation.



Questions interactives

L'environnement **DLworkspace** permet à l'enseignant de poser des questions interactives aux élèves pendant la simulation. Il est possible de masquer les valeurs des variables affichées par le simulateur et de demander à l'élève de les calculer. Une fenêtre spéciale permet à l'enseignant de sélectionner les variables à masquer.



La valeur de la variable n'apparaît plus à l'étudiant sur le simulateur. Il doit la calculer à l'aide de bilans de masse, d'énergie ou autres, selon le type de variable.

Scorie		
m	0.31	[kg/kg ^r]
T	500	[°C]
cp	1.26	[kJ/kg K]
h	???	[kJ/kg]
Pp	2.1	[%]

De cette façon, il est possible de vérifier directement le niveau d'apprentissage de l'étudiant.



GESTION DES DÉCHETS



RESUME DE LA COMPOSITION DU LABORATOIRE DL GREENLAB ET CODES ASSOCIES

Le poste de travail principal du laboratoire **DL GREENLAB** est constitué d'un poste de travail pour l'enseignant et il est composé comme suit :

CODE	COMPOSITION	QUANTITE
DL GREENLAB	• DL GREENLAB-TEACHER	1
	• DL WORKSPACE - CLASSROOM SERVER	1
	• DL GR01	1
	• DL GR02	1
	• DL GR03	1

Ajoutez ensuite un ou plusieurs **postes étudiants** avec le code **DL GREENLAB-STUDENT** et comprenant chacun un PC avec une licence logicielle.

CODE	CONTENU
DL GREENLAB-STUDENT	Una licence DL WORKSPACE

De plus, **en option**, une carte hardware **DL DEVIOT-GR** complète avec capteurs et actionneurs peut être ajoutée pour s'interfacer avec le poste de travail de l'étudiant.

CODE	QUANTITE
DL DEVIOT-GR	Une ou plusieurs cartes, selon le nombre de postes étudiants

Enfin, il convient de noter que les trois simulateurs **DL GR01**, **DL GR02** ou **DL GR03** peuvent être commandés séparément et indépendamment du laboratoire **DL GREENLAB**. Dans ce cas, et lors de la commande, le logiciel de simulation **DL WORKSPACE**, contenant tous les enseignements théoriques et pratiques relatifs au simulateur choisi, sera inclus, comme c'est notamment le cas pour nos simulateurs **AUTOTRONIQUE** et **THERMOTRONIQUE**.

CODE	DESCRIPTION	CONTENU
DL GR01	Waste to Energy Plant	Le simulateur avec une licence DL WORKSPACE
DL GR02	Anaerobic Digestion Plant	Le simulateur avec une licence DL WORKSPACE
DL GR03	Solid Waste Selection Plant	Le simulateur avec une licence DL WORKSPACE