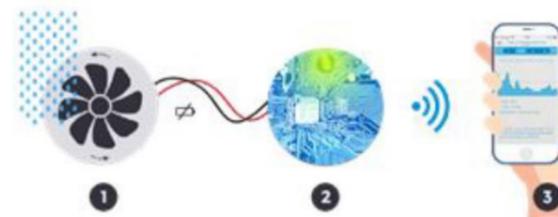


# Livret de présentation pédagogique du système HYDRAO-didact pour le Bac général spé-SI et le Bac techno STI2D



## UN PRODUIT TECHNOLOGIQUE REEL

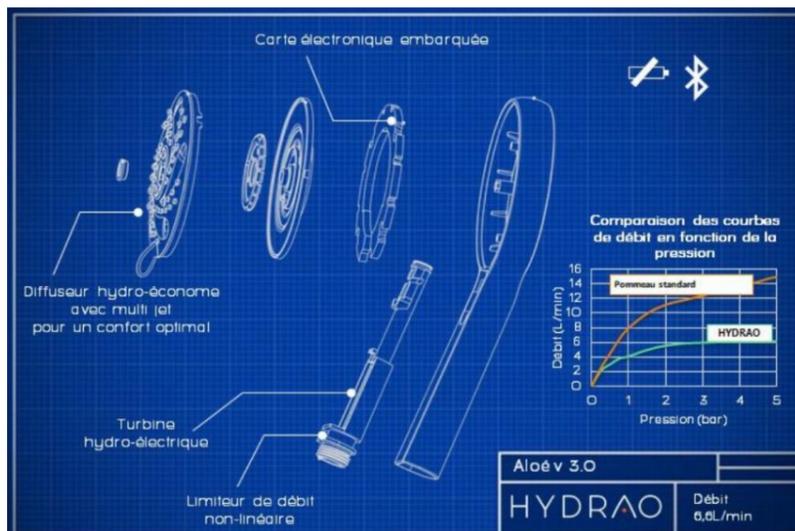
Le kit Hydrao-didact est construit autour du pommeau de douche Hydrao Aloé. Ce pommeau innovant est porteur d'un enjeu environnemental important car il vise à la diminution de la consommation d'eau sanitaire et, ce faisant, de l'énergie de chauffage cette eau.

Son principe, grâce à un microcontrôleur, est d'allumer des LEDs changeant de couleur en fonction du volume d'eau consommé. Il peut également transmettre les données de consommation d'eau à un smartphone par liaison Bluetooth. Une microturbine hydraulique entraîne un générateur qui le rend autonome en énergie électrique.

**ADAPTE AUX ENSEIGNEMENTS DE SCIENCES DE L'INGENIEUR EN BACCALAUREAT GENERAL ET AUX ENSEIGNEMENTS TECHNOLOGIQUES ET SCIENTIFIQUES EN BACCALAUREAT STI2D.**

Le kit permet d'explorer la chaîne de mesure du débit de l'eau, de la microturbine jusqu'aux LEDs et au microcontrôleur. Il permet également d'étudier la chaîne de l'alimentation électrique de l'électronique.

Un kit hydraulique, fourni en option, permet par ailleurs de mener des expérimentations "en eau" avec le pommeau ou la microturbine du kit de base.



*Ce livret, afin de donner un aperçu des potentialités pédagogiques du système didactique "Hydrao Didact", présente des extraits des activités pratiques ou dirigées incluses dans la fourniture du kit. Les corrigés, ainsi que les modèles et applicatifs logiciels liés aux activités, sont joints.*

*Ces activités sont des propositions que chaque professeur peut exploiter en tout ou partie dans la construction de sa progression pédagogique.*

## Extraits d'activités pédagogiques



### Empathie

**L'évolution des utilisations domestiques**  
À la fin du 18<sup>e</sup> siècle les hygiénistes estimaient qu'une personne utilisait, pour l'ensemble de ses besoins, 15 à 20 litres d'eau. En France, au début du siècle dernier, ...



93 % de l'eau que nous utilisons à la maison est dédiée à l'hygiène et au nettoyage et 7% à l'alimentation

### Problématique

La planète se dirige vers une importante pénurie d'eau, s'alarment les chercheurs du World Resources Institute.

À l'horizon 2030, environ 470 millions de personnes seront en proie à un manque d'eau avec, dans la foulée, des répercussions sur la santé publique et des troubles sociaux.

**Comment réduire la consommation d'eau ?**

### Interview

Votre mission : **Immergez-vous dans l'expérience choisie du point de vue de l'utilisateur. Faites preuve d'empathie.**

Je note ici ma problématique

#### 1 Interviewez

10 minutes (2 sessions x 5 minutes chacune)

Notes de votre première interview

#### 2 Approfondissez

10 minutes (2 sessions x 5 minutes chacune)

Notes de votre seconde interview

### Reformulez la problématique

#### 3 Synthétisez les connaissances

3 minutes

**Besoins :** qu'est-ce que l'utilisateur souhaite faire ? (utilisez des verbes)

#### 4 Reformulez la problématique

3 minutes

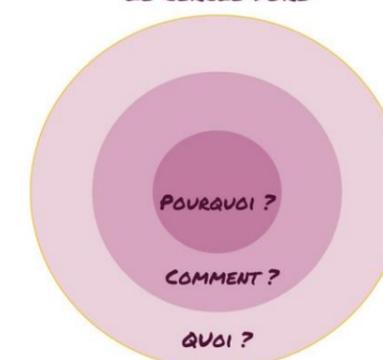
### Idéation

**Créativité :** générez des idées alternatives à valider

**5 Dessinez au moins 5 idées innovantes répondant aux besoins**

10 minutes

#### LE CERCLE DORÉ



Vivre une expérience d'innovation "pensée design" (DESIGN THINKING)

Démarche globale d'ingénierie-design

Expérimenter en mettant en œuvre un protocole d'essais-mesures

**Kit hydraulique en option**

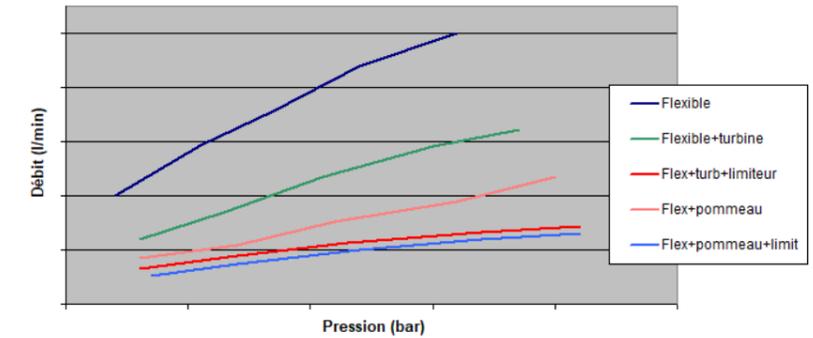
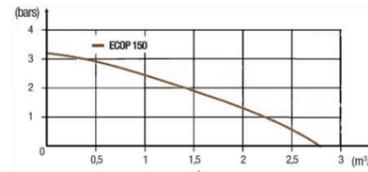
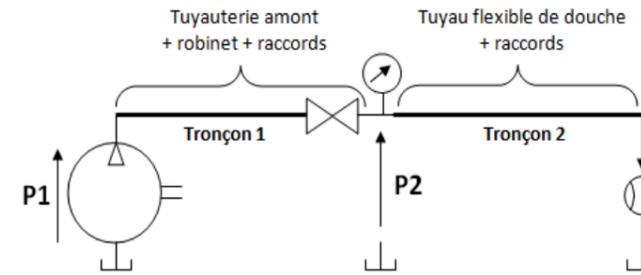


Tubulure pour turbine :  
2 orifices en demi-ellipse de section totale  
 $3.14 \times 3 \times (3.85/2) = 12.7\text{mm}^2$



Sortie pommeau :  
10 trous de diamètre 1.6mm  
soit  $10 \times 2 = 20\text{mm}^2$

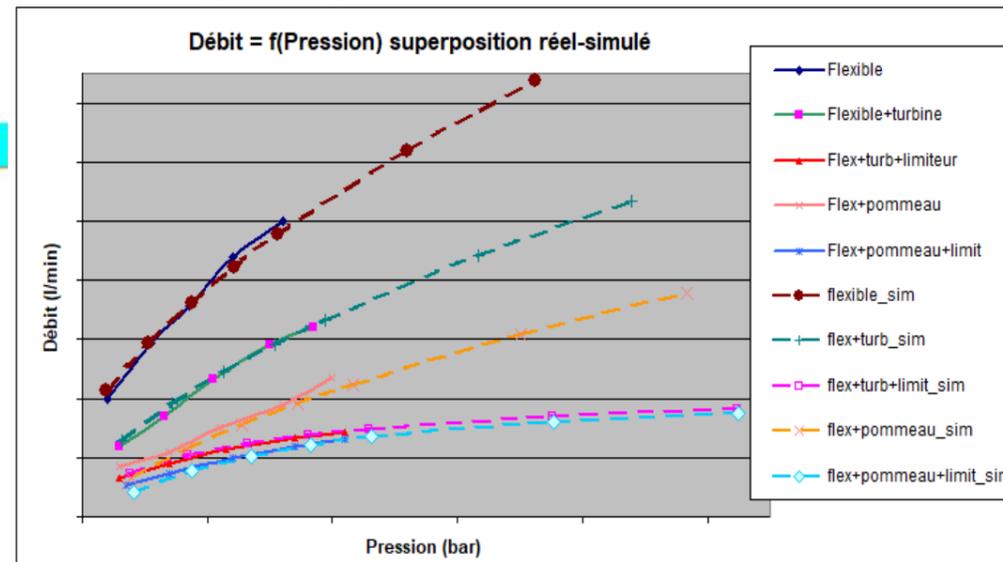
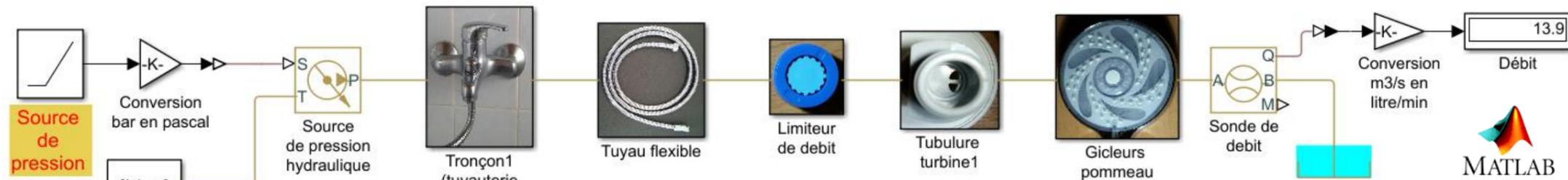
**Extraits d'activités pédagogiques**



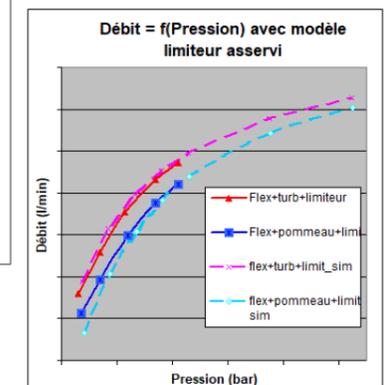
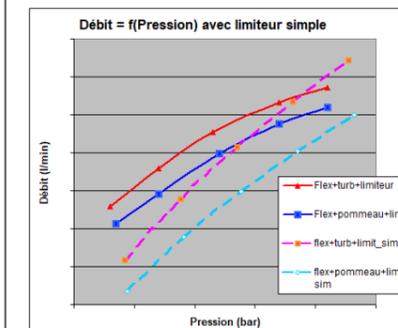
Pression P2 (bar)	Débit Q (l/min)	Pression P2 (bar)	Debit	Pression P2 (bar)	Débit Q (l/min)	Pression P2 (bar)	Débit Q (l/min)	Pression P2 (bar)	Débit Q (l/min)
Pression d'alimentation (pression statique)									
1		1.5		2		2.5		3	
Tronçon1 + flexible									
Tronçon1 + flexible + limiteur									
Tronçon1 + flexible + tubulure turbine									
Tronçon1 + flexible + tubulure turbine + limiteur									
Robinet + flexible + pommeau sans limiteur									
Robinet + flexible + pommeau avec limiteur									

Construire/compléter un modèle multi-physique

Valider le modèle à partir des résultats d'expérimentations



**Le débit doit être limité à 6,6 litres/min**  
Analyse de l'écart réel-modèle, recherche des causes et test d'une modification corrigeant l'écart



## Extraits d'activités pédagogiques

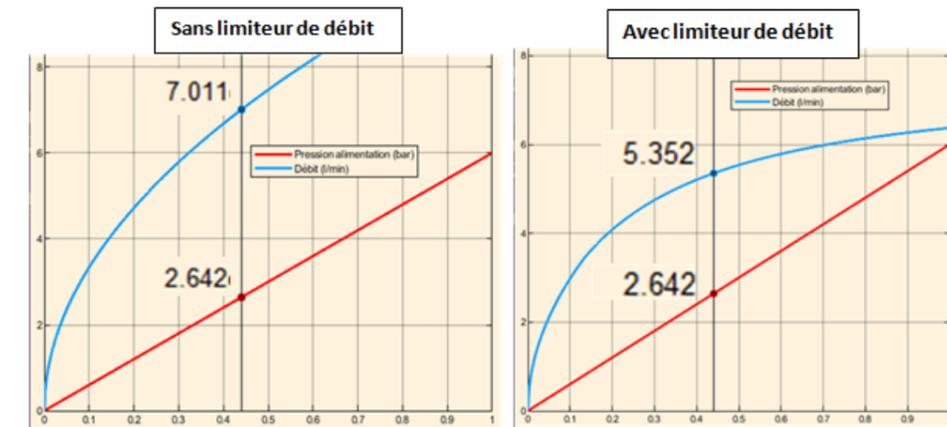
### Évaluation de la résolution de la problématique (réponse aux critères de qualité d'une douche)

#### Question 4 : Vérification des conditions techniques permettant d'atteindre le critère de qualité principal

- Ouvrez sous Matlab le modèle simulink Hydrao\_mod2\_b\_r19b.slx
- Ce modèle permet de visualiser le débit dans le pommeau avec une source de pression variable de 0 à 6 bars
- Effectuez les essais permettant de déterminer les conditions de pression, avec ou sans limiteur de débit, permettant de répondre au critère de qualité décrit plus haut.

- Sans limiteur de débit on observe qu'il faut une pression d'alimentation minimale de      bar pour avoir au moins      litres/min. Lorsque la pression dépasse      bars le débit devient supérieur à      litres/min donc il faut donc absolument      le limiteur.
- Avec le limiteur de débit on vérifie qu'il faut au moins      bars pour avoir au moins      litres/min et le débit ne dépasse pas les      litres/min lorsque la pression atteint      bars.

**Conclusion :** pour répondre au critère de qualité, à savoir que le débit doit être compris entre      litres/min, il faut une pression d'alimentation minimale de      bar et, à partir de      bars, il faut utiliser le limiteur de débit. Une solution alternative au limiteur de débit est la mise en place d'un limiteur de pression, réglé à      bars) en tête d'installation, l'avantage étant qu'il limite la consommation au niveau de     



#### Question 5 : Vérification d'une donnée fabricant

La notice du limiteur de débit fourni par Hydrao indique que si les jets du pommeau (petits jets a priori) dépassent la hauteur de 70cm, il faut mettre en place le limiteur de débit. On se propose de vérifier à quelle pression d'alimentation correspond cette hauteur des jets.

L'application de l'équation de Bernoulli (cf annexe 2) permet de calculer la vitesse V0 de sortie de l'eau des gicleurs du pommeau.

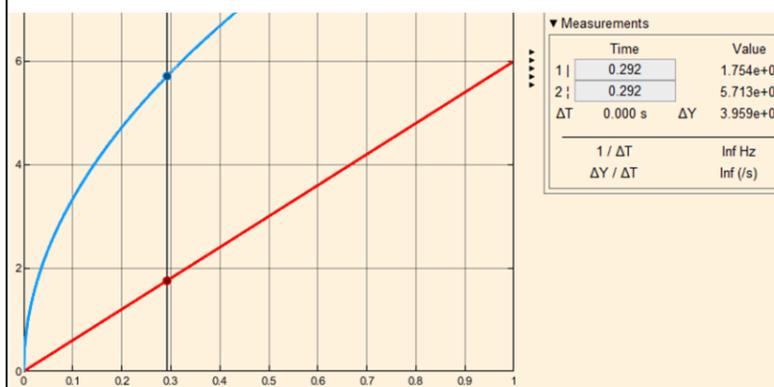
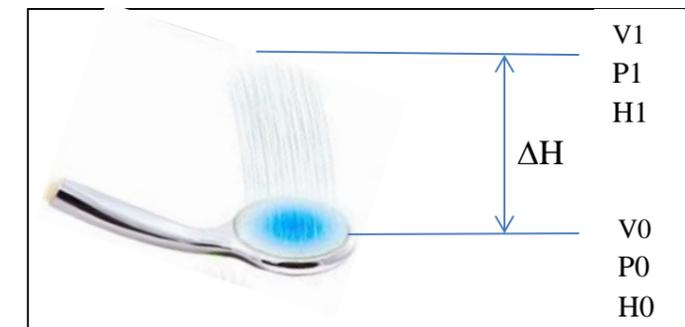
On a les hypothèses suivantes :

- P0 = P1 = 0 (l'eau est à l'air libre)      - V1 = 0

- Calculez la vitesse V0 et le débit Q correspondant en sortie du pommeau. Afin de prendre en compte certains phénomènes particuliers, notamment les frottements de l'eau dans l'air, on multiplie V0 par 1,3.

- En utilisant le modèle simulink *Hydrao\_mod2\_b\_r19b.slx* déterminez la pression correspondant au débit corrigé précédent.

- Analysez, commentez les résultats.



En appliquant l'équation de Bernoulli avec les hypothèses spécifiées, il vient :

$$V0^2/2 = g \cdot H1 \Rightarrow V0 = \text{racine}(2 * g * H1) = 3,7 \text{ m/s} \quad V0\text{corrigé} = 3,7 * 1,3 = 4,8 \text{ m/s}$$

$$Q = V0 * \text{section} = 4,8 * 20e-6 = 96e-6 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow 96e-6 * 6e4 = 5,7 \text{ litres/min}$$

À l'aide du modèle simulink on observe un débit de 5,7 litres/min avec une pression d'alimentation de      bar (sans limiteur de débit).

Il semble donc que le fabricant du limiteur a une position privilégiant l'économie puisque, d'après les résultats de la question précédente, le limiteur de débit s'impose à partir de      bars pour ne pas dépasser les      litres/min généralement préconisés.

Exploiter un modèle multiphysique pour valider les performances d'un produit

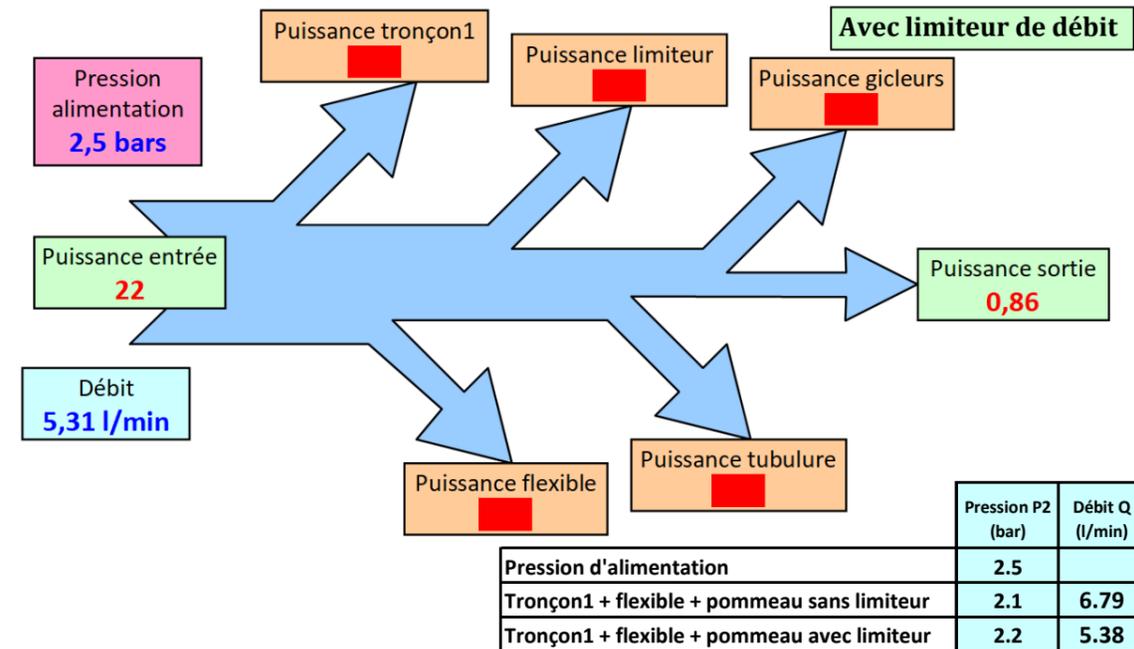
## Extraits d'activités pédagogiques

**Bilan des puissances de la chaîne hydraulique de la douche seule :**  
Sous Alimentation = 2,5 bars\*, en négligeant la puissance hydraulique convertie en puissance mécanique par la turbine, sans limiteur puis avec limiteur de débit, calculez :

- la puissance utile en sortie de pommeau (puissance cinétique de l'eau sortant du pommeau) (Rappel : section totale des gicleurs = 20mm<sup>2</sup>)
- la puissance hydraulique en entrée en négligeant la puissance cinétique
- la puissance perdue due aux pertes de charge singulières

(\*) On donne ci-dessous les essais sous cette pression

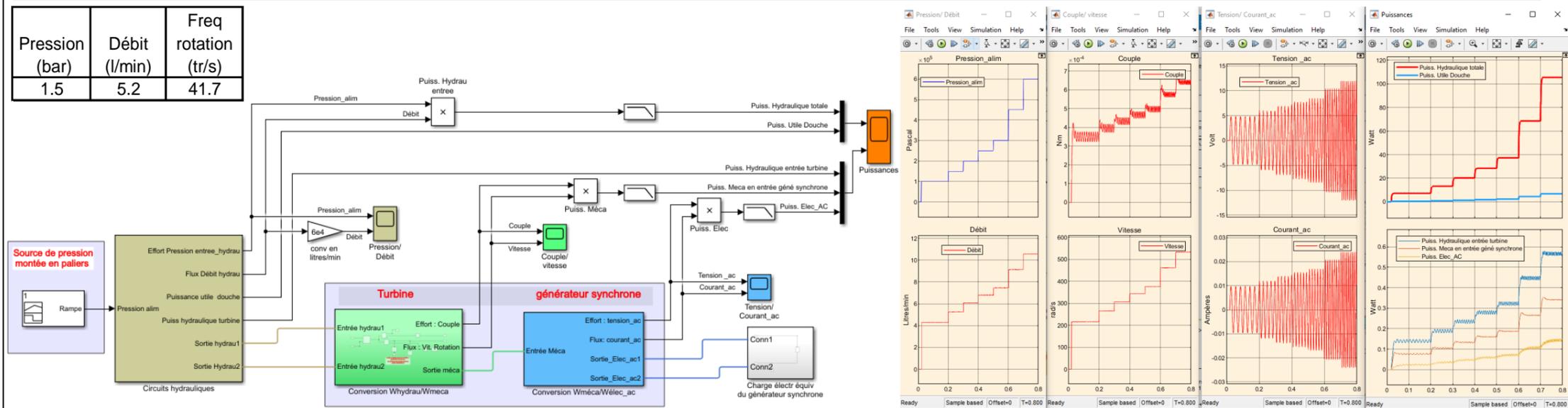
- Ouvrez sous Matlab-Simulink le modèle multiphysique **Hydrao\_puiss1.slx**
  - complétez l'instrumentation du modèle afin de mesurer la puissance totale en entrée, la puissance en sortie et la puissance consommée par les différents éléments
  - complétez les diagrammes de puissances (avec/sans limiteur de débit)
- Effectuez les simulations, commentez les diagrammes, vérifiez/analysez les écarts liés aux hypothèses simplificatrices précédentes
- Expliquez ce que devient l'énergie des pertes hydrauliques



Effectuer le bilan des puissances et/ou énergétique  
Simuler la chaîne de puissance d'un produit

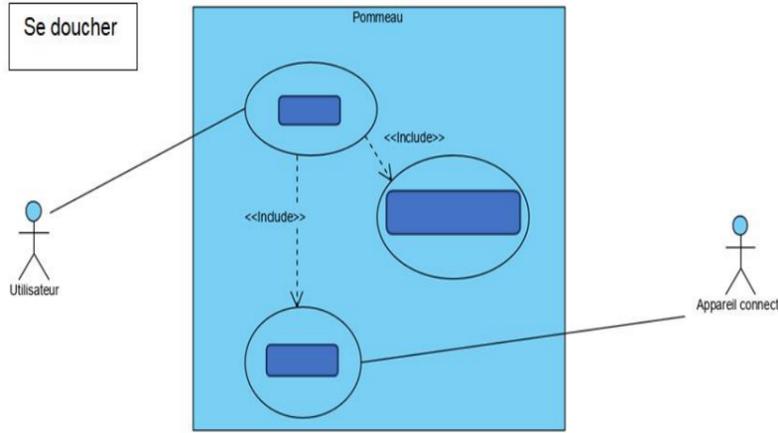
**Bilan des puissances du système complet :**  
Ouvrez sous Matlab-Simulink le modèle multiphysique **Hydrao\_puiss1.slx**

- turbine : on a mesuré la fréquence de rotation de la turbine avec une pression d'alimentation de 1,5 bar (voir ci-dessous). Calculez le paramètre "déplacement" de la turbine (en m3/rad).
- générateur de tension alternative : en appliquant une tension de 2V aux bornes de l'enroulement de sortie on a mesuré un courant égal à 14mA. Complétez la valeur du paramètre que l'essai à permis de déterminer.
- récepteur final : la carte électronique alimentée par le générateur de tension consomme 45mW sous une tension de 4,7V sinus. Calculez le résistor équivalent
- complétez le modèle avec les valeurs calculées précédemment. Complétez l'instrumentation du modèle afin de mesurer la puissance hydraulique en entrée, la puissance mécanique fournie au générateur électrique et la puissance consommée par la charge équivalente à la carte électronique.
- branchez le scope aux différents points de mesures des puissances
- Effectuez la simulation avec les pressions d'alimentation pré-réglées
- Analysez-commentez les oscillogrammes. Justifiez la non-prise en compte de la conversion hydraulique/mécanique de la turbine lors de l'étude précédente



Analyser le besoin, l'organisation matérielle et fonctionnelle d'un produit par une démarche d'ingénierie système s'appuyant sur le langage SysML

**Objectif : définir les utilisations du pommeau de douche**  
Le cas d'utilisation correspondant à se doucher doit permettre de :  
- se doucher,  
- surveiller sa consommation d'eau,  
- communiquer.  
Complétez le diagramme des cas d'utilisation ci-dessous :  
.../...

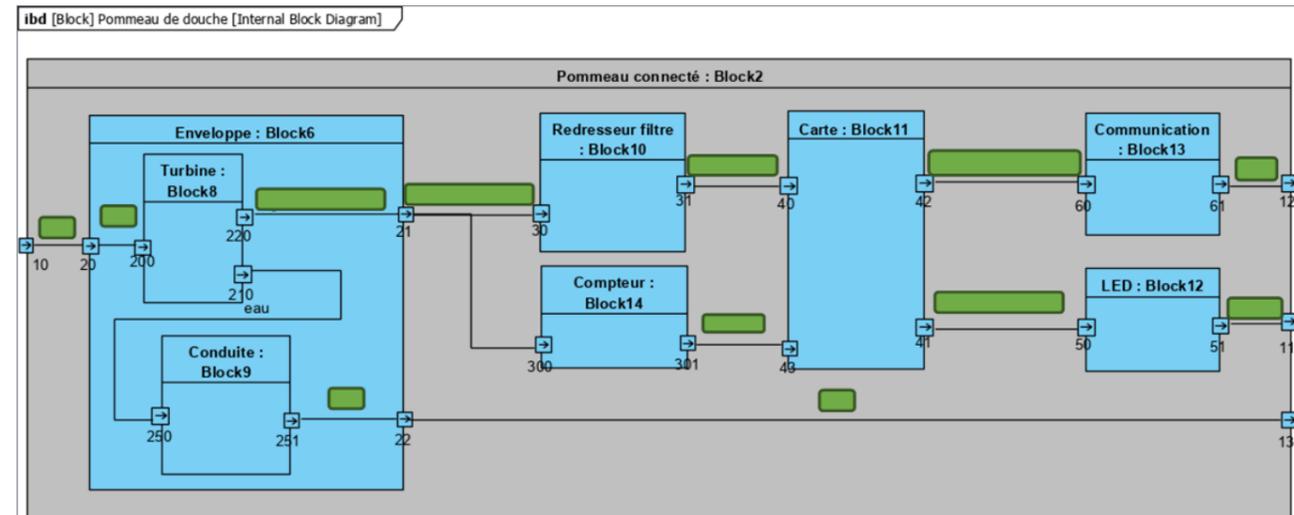


## Extraits d'activités pédagogiques

Le diagramme de blocs internes permet de décrire les interactions entre les blocs. il permet de mettre en évidence les flux entre les différents blocs du pommeau :

- eau,
- signal électrique sinusoïdal,
- signal électrique continu,
- signal numérique (nombre)
- signal électrique d'alimentation,
- signal électrique de commande,
- onde électromagnétique
- onde lumineuse.

**Objectif : définir les flux internes du pommeau**  
Complétez le diagramme de bloc interne en faisant apparaître les différents flux entre les blocs



Traiter l'information Code r dans un langage spécifique Traduire un algorithme en un programme exécutable

**COMMUNICATION SANS FIL (BLE)**  
Dans cette partie nous allons voir comment communiquer en bluetooth low power avec l'application **STBLESensor** et la carte de développement WB55.  
Une fois le script lancé, le kit de développement WB55 se met à émettre des trames BLE, appelé "advertising". Ces messages permettent d'identifier l'objet Bluetooth et de signifier que le périphérique est prêt à être connecté.  
Le nom du périphérique est : "WB55-MPY", nous allons le vérifier avec l'application smartphone si la carte WB55 est en émission bluetooth .  
.../...

Dans cet exemple, le profil BLE que nous avons choisi nous permet de simuler un thermomètre et d'allumer ou d'éteindre une LED. La valeur du thermomètre est générée aléatoirement toutes les secondes.  
>Connectez-vous à la carte de développement en appuyant sur "WB55-MPY"  
.../...

**Lecture d'une valeur analogique (ADC)**  
Nous aimerions maintenant convertir la valeur analogique (0-3.3V) d'un signal en valeur numérique (0-4095).  
Vous pourrez brancher sur A0-5 une valeur analogique comprise entre 0-3.3V. Ce connecteur est directement branché à l'ADC du microcontrôleur. Le signal peut donc être converti en signal numérique.  
Pour cette démonstration nous utiliserons un potentiomètre (10 KOhm) du commerce que nous branchons sur A0, comme cela :  
.../...

```
import pyb
import time
print("L'ADC avec MicroPython c'est facile")
# Initialisation de l'ADC sur la Pin A0
adc_A0 = pyb.ADC(pyb.Pin('A0'))
while 1:
    valeur_numérique = adc_A0.read()
    # Il faut maintenant convertir la valeur numérique par rapport à la
    # tension de référence (3.3V) et
    # le nombre de bits du convertisseur (12 bits - 4096 valeurs)
    valeur_analogique = (valeur_numérique * 3.3) / 4095
    print("La valeur de la tension est :", valeur_analogique, "V")
    # le Système s'endort pendant 500ms
    time.sleep_ms(500)
```



[www.hydrao.com](http://www.hydrao.com)