



Sciences de l'Ingénieur	Compétences travaillées : <ul style="list-style-type: none">- Caractériser la puissance et l'énergie nécessaire au fonctionnement d'un produit ou d'un système- Analyser des résultats d'expérimentation et de simulation-Caractériser les grandeurs physiques en entrées/sorties d'un modèle multi-physique traduisant la transmission de puissance-Associer un modèle aux composants d'une chaîne de puissance-Déterminer les grandeurs flux (courant) et effort (tension) dans un circuit électrique-Mettre en œuvre une simulation numérique à partir d'un modèle multi-physique pour qualifier et quantifier les performances d'un objet réel ou imaginé	Connaissances associées : <ul style="list-style-type: none">- Outils d'ingénierie-système : diagrammes fonctionnels, définition des exigences et des critères associés, cas d'utilisations, analyse structurelle- Grandeurs physiques (mécanique, électrique, thermique, etc.) mobilisées par le fonctionnement d'un produit- Lois physiques associées au fonctionnement d'un produit Description qualitative et quantitative des grandeurs physiques caractéristiques du fonctionnement d'un produit <ul style="list-style-type: none">-Grandeur effort, grandeur flux-Sources parfaites de flux et d'effort Interrupteur parfait Modèle associé aux composants élémentaires de transformation, de modulation, de conversion ou de stockage de l'énergie <ul style="list-style-type: none">-Lois de Kirchhoff Lois de comportement <ul style="list-style-type: none">-Paramètres de simulation : durée, incrément temporel, choix des grandeurs affichées, échelles adaptées à l'amplitude et la dynamique des grandeurs simulées
Durée : 2 h		
Référence : Hydrao_Alimentation_2		
Matériel : Système didactique HYDRAO DIDACT Oscilloscope Multimètre		
Logiciel : Matlab Simulink 2019b pour la simulation		
Pré-requis : <ul style="list-style-type: none">- Premiers éléments sur les diagrammes SysML- Lois de Kirschhoff, fonctionnement d'une LED- Caractérisation des signaux et utilisation d'un oscilloscope		

Problème scientifique et technologique :

Dans cette activité nous nous intéresserons dans un premier temps à l'alimentation du microcontrôleur et du processeur BLE. En l'absence d'écoulement d'eau, la turbine-génératrice ne tourne pas et ne produit donc pas d'énergie électrique. Nous étudierons donc dans un second temps une solution pour maintenir l'alimentation de l'électronique de traitement de l'information (microcontrôleur) pendant au moins deux minutes afin de pouvoir poursuivre le fonctionnement après l'état de pause.

Travail à effectuer :

Nota : il conviendra de réaliser un dossier réponse documenté à l'aide de copies d'écran pertinentes si besoin.

1^{ère} partie : Alimentation de l'électronique en phase de fonctionnement

L'activité Hydrao_Alimentation_1 a permis d'étudier les solutions technologiques permettant de convertir la tension alternative produite par l'hydrogénérateur en une tension quasi-continue mais variable en fonction du débit de l'écoulement.



Si cette tension permet d'alimenter les LEDs RGB du pommeau de douche, elle n'est en revanche pas adaptée au microcontrôleur et au processeur BLE équipant le système.

En effet, ces composants ont des contraintes d'alimentation strictes en tension qu'il faut respecter pour assurer un fonctionnement durable.

Question 1 : Contraintes d'alimentation des composants

a- Rappelez, à l'aide de la documentation technique (cf Annexe 1), les conditions d'alimentation limites et fonctionnelles des composants.

Composants électroniques	Tension maximale (V)	Tension d'alimentation (V)
Processeur Bluetooth LE BLENRG-MG		
Microcontrôleur STM32		

b- La diode Zener Dz1, placée en sortie du Pont de redressement à diodes, permet de limiter la tension à 12V. Cette précaution est-elle suffisante pour protéger efficacement ces composants ?

En observant la carte de puissance du système on constate la présence d'un composant électronique (ref MIC5219) en aval du montage de redressement et de lissage. Voir figure 1 ci-dessous.

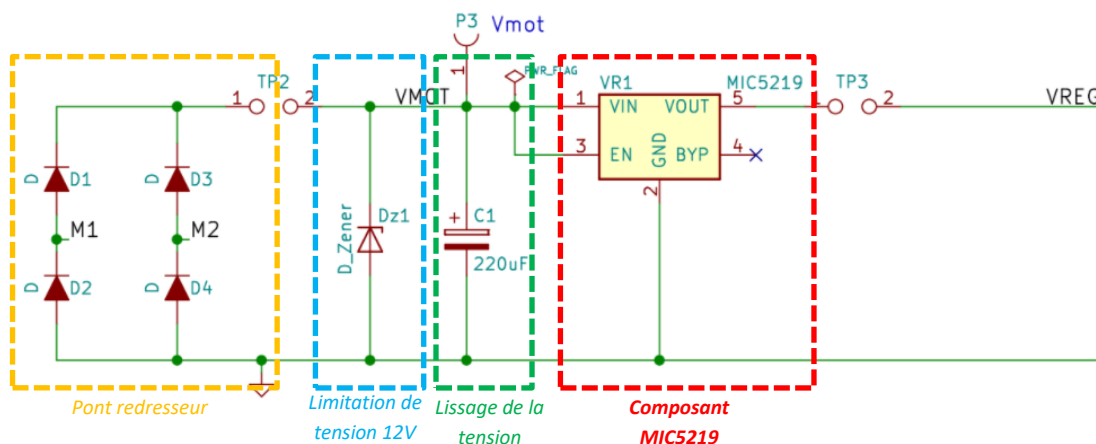


Figure 1 : Extrait du schéma électrique de la carte de puissance

Question 2 : Relevés des tensions en amont et aval du MIC5219

a- Mettez en œuvre le système didactisé en démarrant la pompe de circulation d'eau. La vanne d'arrivée d'eau est en position ouverte au départ pour obtenir un débit maximal.

b- Connectez les sondes d'un oscilloscope afin de mesurer les tensions V_{mot} (tension d'entrée) et V_{reg} (tension de sortie). Voir le montage en figure 2.

c- Réglez l'affichage de l'oscilloscope.

d- Relevez les tensions V_{mot} et V_{reg} pour des débits d'écoulement différents à travers le pommeau didactisé.

Pour faire varier le débit et donc V_{mot} , vous agirez sur la vanne en sortie de la pompe.

e- Complétez le tableau de mesure puis tracez, à l'aide d'un logiciel type tableur, la caractéristique $V_{reg}=f(V_{mot})$

V_{mot} (V)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
V_{reg} (V)									

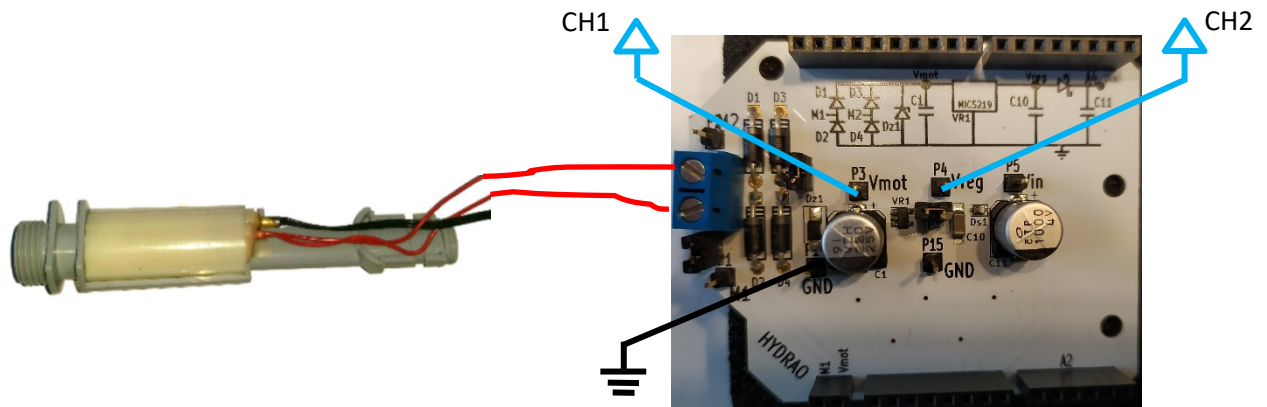


Figure 2 : Montage pour mesurer V_{mot} et V_{reg}

Question 3 : Rôle du MIC5219

- Déduisez, à partir des mesures précédentes, le rôle du composant.
- La tension de sortie est-elle adaptée à l'alimentation du microcontrôleur et du processeur BLE ?

On donne ci-dessous les caractéristiques électriques du MIC5219 :

Absolute Maximum Ratings⁽¹⁾

Supply Input Voltage (V_{IN}).....-20V to +20V

Operating Ratings⁽²⁾

Supply Input Voltage (V_{IN})..... +2.5V to +12V

- Ces caractéristiques sont-elles compatibles avec la tension V_{mot} d'entrée ?

2^{ème} Partie : Alimentation du microcontrôleur pendant l'état de pause

La 1^{ère} partie a permis de valider la solution d'alimentation en phase de fonctionnement. Cependant, le diagramme des exigences du système Hydrao (cf Annexe 2) impose une mémorisation de l'information lors d'un court arrêt de la douche. Cette fonctionnalité est nécessaire pour permettre à l'utilisateur de se savonner, par exemple, sans considérer une nouvelle douche à la reprise du débit avant la fin du temps imparti à la pause.

Le pommeau Hydrao doit donc intégrer une solution de stockage d'énergie pour assurer la continuité dans l'alimentation du microcontrôleur STM32 réalisant cette tâche. La présence du MIC5219 en amont de la solution de stockage engendrera la consommation d'une partie de l'énergie stockée sous forme de pertes thermiques (Voir Figure 3).

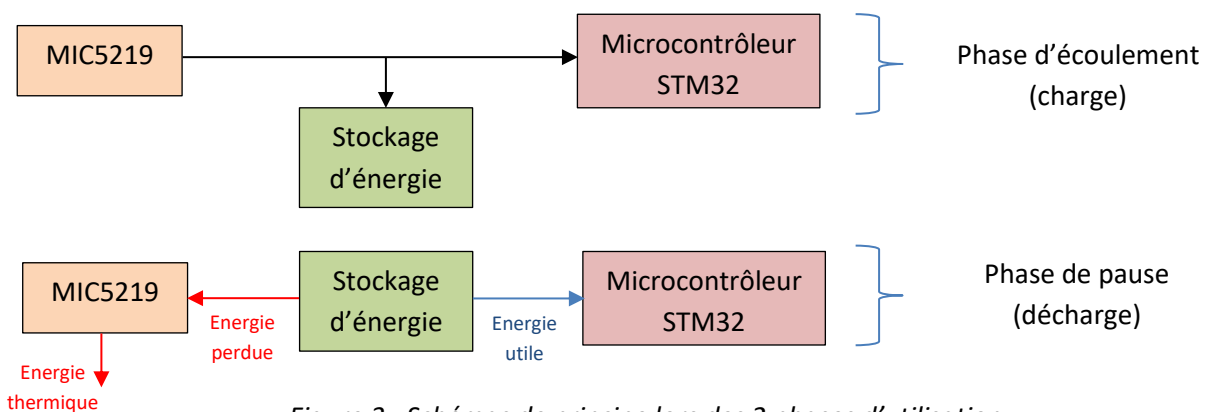


Figure 3 : Schémas de principe lors des 2 phases d'utilisation

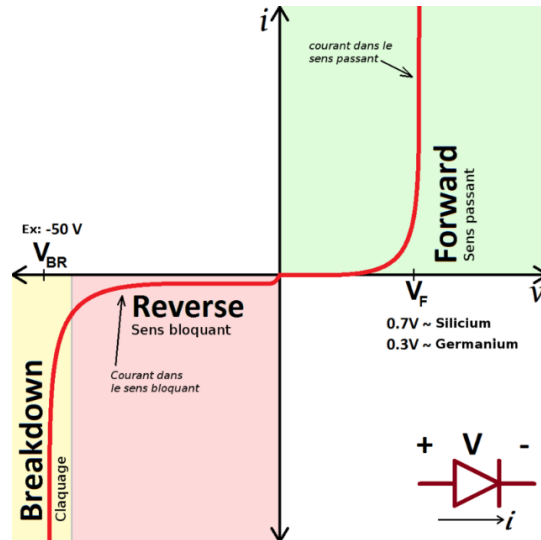


Une solution matérielle doit donc être mise en œuvre pour limiter le transfert d'énergie de l'élément de stockage vers le MIC5219.

Question 4 : Limitation des pertes d'énergie

a- Rappelez le nom du composant électrique permettant le passage du courant électrique dans un seul sens. Expliquez de quelle manière utiliser ce composant pour limiter les pertes d'énergie à travers le MIC5219.

On donne ci-dessous l'allure de la caractéristique courant-tension de ce type de composant :



Le modèle utilisé de type « Schottky » admet une tension inverse V_{BR} (breakdown) de plusieurs dizaines de volts et une faible chute de tension due à sa tension directe V_f .

b- Existera-t-il un risque de claquage du composant sous la tension délivrée par la solution de stockage?

c- En vous aidant de la figure 4, donnez l'expression de cette tension directe V_f en fonction de V_{reg} et V_{in} .

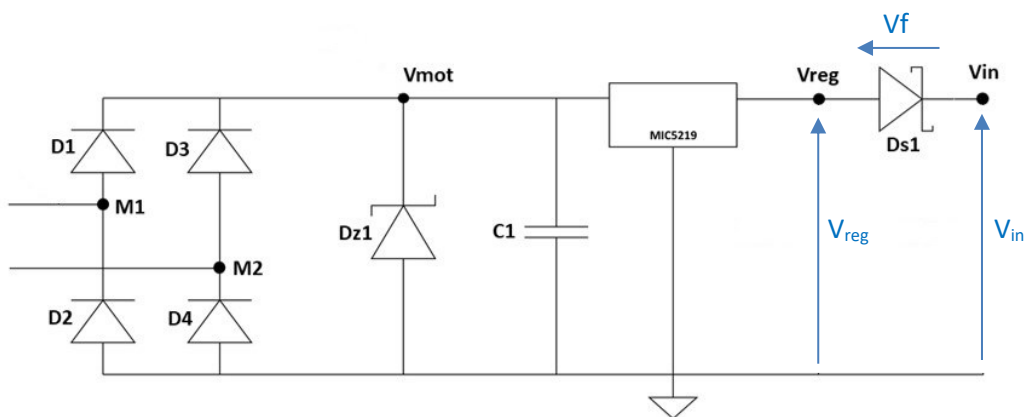


Figure 4 : Extrait du schéma électrique de la carte de puissance

d- Quel appareil de mesure peut-on utiliser pour mesurer les tensions V_{reg} et V_{in} . Justifiez.

e- Effectuez leur mesure lors d'un essai (vanne de la pompe ouverte) puis déduisez la chute de tension V_f .

f- La tension V_{in} reste-t-elle suffisante pour alimenter le microcontrôleur et le processeur BLE ?

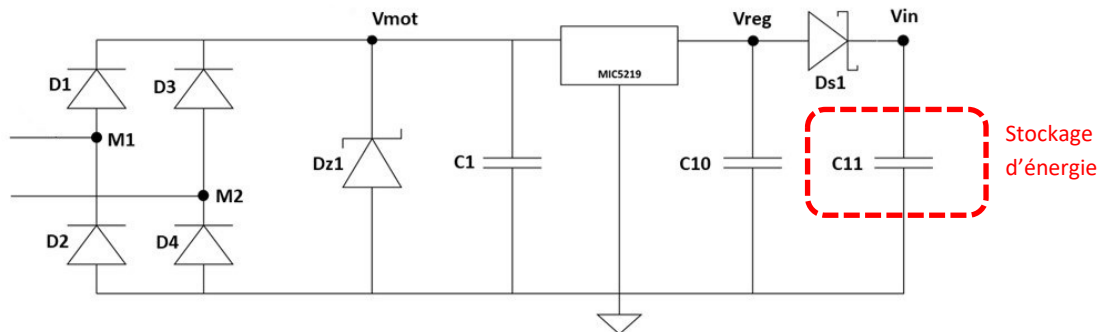


Pour déterminer la solution de stockage à utiliser, il est avant tout nécessaire d'estimer les besoins énergétiques lors cet état de pause.

Question 5 : Evaluation des besoins

- a- Donnez, à partir du diagramme des exigences, la durée Δt pendant laquelle la solution de stockage doit alimenter le microcontrôleur.
- b- Donnez le courant absorbé I_{abs} par le microcontrôleur en utilisant son mode « Low Power Run » pendant l'état de pause. Voir la documentation en Annexe 3.
- c- Calculez la quantité d'électricité Q_{abs} nécessaire pour alimenter le microcontrôleur pendant l'état de pause en Coulomb (C).

Compte tenu de la faible quantité d'énergie à stocker, un simple condensateur chimique peut assurer cette fonction. Un condensateur C11 est donc présent pour se charger lors de la phase de fonctionnement du pompage et se décharger lors de la phase de pause pour fournir l'énergie nécessaire au microcontrôleur.



Question 6 : Evaluation de la quantité d'électricité stockée

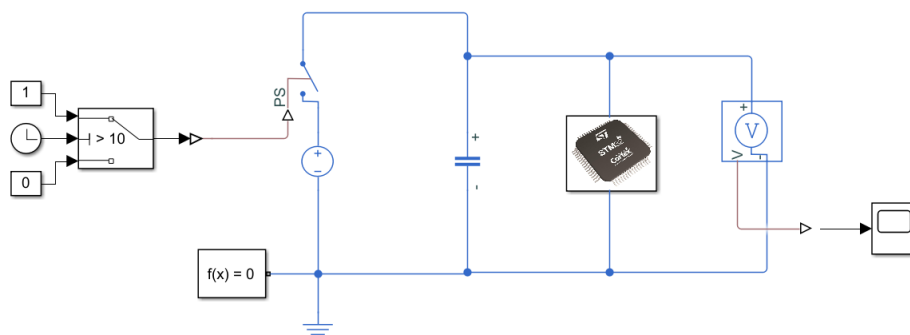
- a- Donnez la valeur de la capacité C du condensateur choisie dans le pompage à partir du diagramme de définition de blocs (cf Annexe 4).
- b- Déduisez-en la quantité d'électricité stockable Q_{stock} dans ce condensateur en C.

Question 7 : Validation de la solution

- a- Le condensateur choisi peut-il stocker une quantité d'électricité suffisante pour alimenter le microcontrôleur pendant la phase de pause et la tension disponible à la fin de la pause est-elle suffisante ?

Pour permettre au microcontrôleur STM32 de fonctionner, le condensateur doit fournir une tension minimale de 1,65 V (cf Annexe 1). Il faut donc vérifier que lors de la décharge du condensateur, la tension à ses bornes soit suffisante durant la durée totale de pause.

- Ouvrez le modèle Matlab-Simulink « [Hydrao_Alim2_Rxxx.slx](#) ».





Annexe 1 : Extrait de la documentation technique des composants électroniques

- Microcontrôleur STM32 : tension d'alimentation (V_{DD}) et valeurs limites

Table 18. Voltage characteristics

Symbol	Definition	Min	Max	Unit
$V_{DD}-V_{SS}$	External main supply voltage (including V_{DDA} , V_{DDIO2} , V_{DD}) ⁽¹⁾	-0.3	4.0	V
V_{IN} ⁽²⁾	Input voltage on FT and FTf pins	$V_{SS}-0.3$	$V_{DD}+4.0$	
	Input voltage on TC pins	$V_{SS}-0.3$	4.0	
	Input voltage on BOOT0	V_{SS}	$V_{DD}+4.0$	
	Input voltage on any other pin	$V_{SS}-0.3$	4.0	

Table 21. General operating conditions

V_{DD}	Standard operating voltage	BOR detector disabled	1.65	3.6	V
		BOR detector enabled, at power-on	1.8	3.6	
		BOR detector disabled, after power-on	1.65	3.6	

- Processeur Bluetooth LE BLENRG-MS : tension d'alimentation et valeurs limites

Table 6. Absolute maximum ratings

Pin	Parameter	Value	Unit
5, 19, 24, 26, 28	DC-DC converter supply voltage input and output	-0.3 to +3.9	V
12, 29	DC voltage on linear voltage regulator	-0.3 to +3.9	V
1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 25, 27, 30, 31, 32	DC voltage on digital input/output pins	-0.3 to +3.9	V
13, 14, 15, 16	DC voltage on analog pins	-0.3 to +3.9	V
17, 18, 22, 23	DC voltage on XTAL pins	-0.3 to +1.4	V
20, 21 ⁽¹⁾	DC voltage on RF pins	-0.3 to +1.4	V
T_{STG}	Storage temperature range	-40 to +125	°C
$V_{ESD-HBM}$	Electrostatic discharge voltage	±2.0	kV

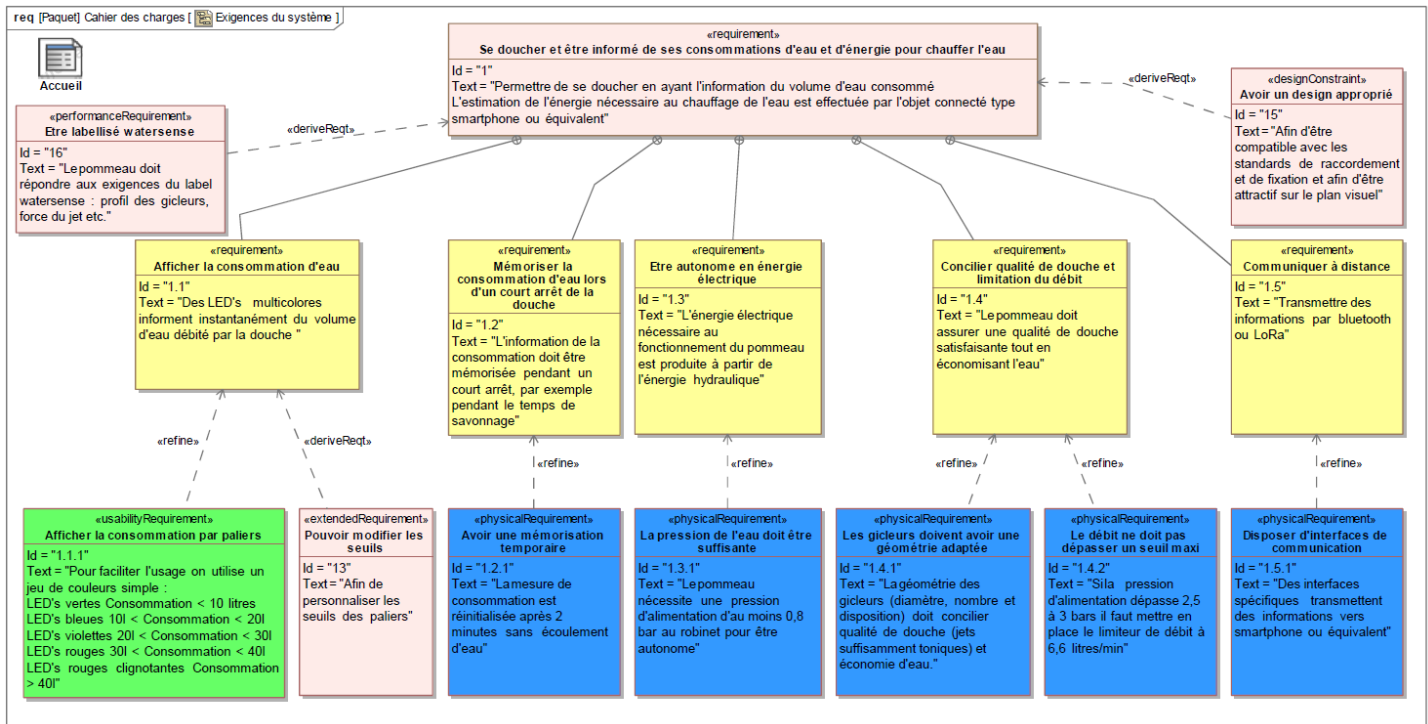
1. +8 dBm input power at antenna connector in standard mode, +11 dBm in high power mode, with given reference design.

Table 8. Recommended operating conditions

Symbol	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_{BAT}	Operating battery supply voltage	1.7	—	3.6	V
T_A	Operating ambient temperature range	-40	—	+85	°C



Annexe 2 : Diagramme des exigences du pommeau de douche Hydrao



Annexe 3 : Consommation du microcontrôleur STM32L051

**Table 5. Functionalities depending on the working mode
(from Run/active down to standby) (continued)⁽¹⁾**

IPs	Run/Active	Sleep	Low-power run	Low-power sleep	Stop	Standby
					Wakeup capability	Wakeup capability
Consumption $V_{DD}=1.8$ to 3.6 V (Typ)	Down to $140 \mu A/MHz$ (from Flash memory)	Down to $37 \mu A/MHz$ (from Flash memory)	Down to $8 \mu A$	Down to $4.5 \mu A$	$0.4 \mu A$ (No RTC) $V_{DD}=1.8$ V	$0.28 \mu A$ (No RTC) $V_{DD}=1.8$ V
					$0.8 \mu A$ (with RTC) $V_{DD}=1.8$ V	$0.65 \mu A$ (with RTC) $V_{DD}=1.8$ V
					$0.4 \mu A$ (No RTC) $V_{DD}=3.0$ V	$0.29 \mu A$ (No RTC) $V_{DD}=3.0$ V
					$1 \mu A$ (with RTC) $V_{DD}=3.0$ V	$0.85 \mu A$ (with RTC) $V_{DD}=3.0$ V



Annexe 4 : Diagramme de définition de blocs du pommeau de douche Hydrao

