

	DIFFUSION RESTREINTE Note technique : Performances du Convertisseur ARINC 429/Ethernet	Référence: DP076570NTE019_00 Date: 11/05/2023 Page : 1 / 12
OBJET : Performances du convertisseur ARINC 429/Ethernet		
REDACTEUR : T. TOURRES	DIFFUSION : Restreinte	PROJET : AVSIMAR

1. INTRODUCTION

Cette note technique a pour but de documenter les performances du Convertisseur A429/Ethernet afin de justifier la conformité avec les exigences de performance des spécifications.

Certaines mesures ont dû être effectuées avec un logiciel embarqué instrumenté spécifiquement pour ces mesures de performances, et ces instrumentations ne feront pas partie des versions déployées. C'est pourquoi ces mesures et justifications sont décrites dans le présent document et ne font pas partie d'une suite de test exécutée sur les versions déployées.

2. PASSERELLE

Les exigences de performances sur les temps de passerellisation (issus de la STB DGT 2001544 ind F) sont les suivantes

STB_A429-ETH	PERF	001	02	OBL
--------------	------	-----	----	-----

Le temps de passerellisation d'un message ARINC429 vers Ethernet devra être

- de moins d'une milliseconde pour 98 % des messages passerellisés,
- de moins de 3 millisecondes pour 99.999% des messages passerellisés.

Le temps de traversée est mesuré entre :

- la fin de la circulation du message sur ARINC429,
- et le début de circulation du message sur Ethernet.

STB_A429-ETH	PERF	002	02	OBL
--------------	------	-----	----	-----

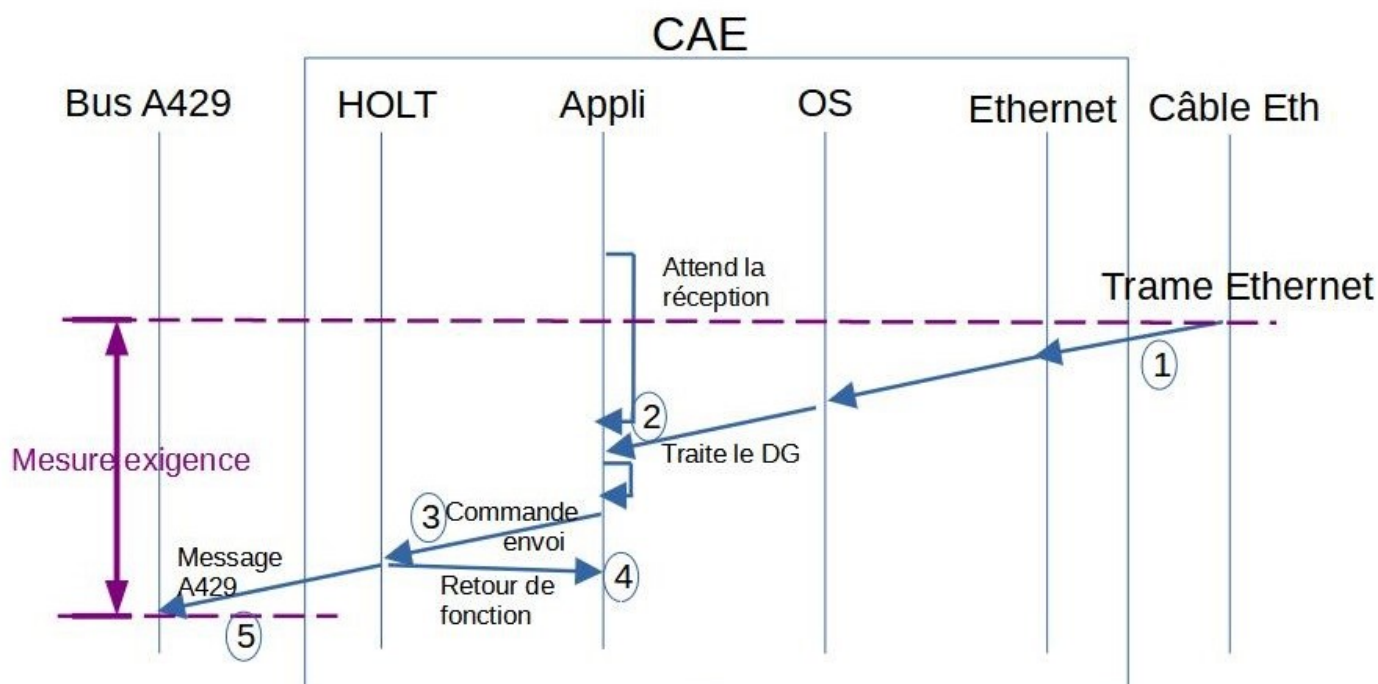
Le temps de passerellisation d'un message Ethernet vers ARINC429 devra être

- de moins d'une milliseconde pour 98 % des messages passerellisés,
- de moins de 3 millisecondes pour 99.999% des messages passerellisés.

Le temps de traversée est mesuré entre :

- la fin de la circulation du message sur Ethernet,
- et le début de circulation du message sur ARINC429.

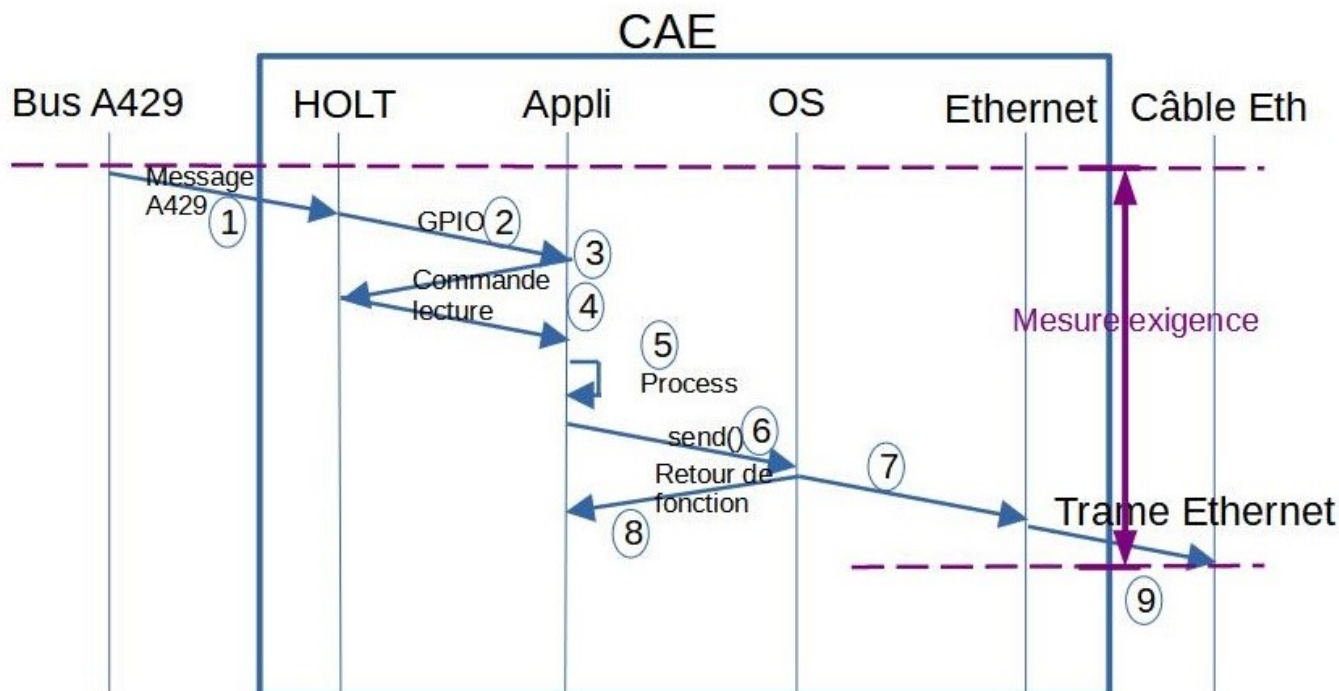
2.1. ETAPES DE PASSERELLE E->A



1. La trame Ethernet entre dans le CAE : elle est lue par le système Linux qui le dispatche vers l'application de passerelle en attente
2. L'application de passerelle est réveillée et traite la trame
 - Le traitement consiste en vérifier l'origine (@IP et DG ID) de la trame avant de, pour chaque message(s) contenu(s), envoyer la commande d'envoi au HOLT HI-3593 pour envoi sur le bus
 - Au sein de la problématique de « traversée » des messages, c'est le premier messages A429 issu d'un DG donné qui est considéré pour la mesure du temps de traversée.
3. L'application de passerelle envoie au HOLT HI-3593 la commande d'envoi du message A429
4. La fonction d'envoi de la commande retourne et rend la main à l'application
5. Le message A429 sort du CAE sur le bus
 - Note : le HOLT HI-3593 est configuré pour automatiquement envoyer instantanément un message A429 venu alimenter sa FIFO de transmission via la « commande d'envoi »

La mesure de performance doit donc porter sur le temps passé entre les étapes 1 et 5.

2.2. ETAPES DE PASSERELLE A->E



1. Message A429 entre dans le CAE : il est lu et enregistré par le composant HOLT HI-3593
2. Le HOLT HI-3593 indique l'arrivée du message au travers de signaux GPIO d'interruption (« R1INT ») et flag (« R1FLAG »).
3. L'application de passerelle est réveillée par le système pour traiter l'événement.
4. L'application de passerelle envoie la commande de lecture au HOLT HI-3593 et lit le message
5. L'application de passerelle traite le message
 - Si le message doit être concaténé dans un DataGroup (DG) mais que celui-ci n'est pas complet, le traitement s'arrête ici.
 - Si le message complète un DG, celui-ci va être envoyé sur Ethernet.
 - Au sein de la problématique de « traversée » des messages, seuls les messages A429 provoquant un envoi sur Ethernet sont considérés (temps de traversée mesuré).
6. L'application utilise une API du Système Linux pour envoyer le DG par Ethernet (« send() »)
7. Linux traite l'envoi de la trame Ethernet
8. Linux retourne le résultat de l'envoi à l'application
9. La trame Ethernet sort du CAE et transite sur le câble

La **mesure de performance** doit donc porter sur le temps passé entre les étapes 1 et 9.

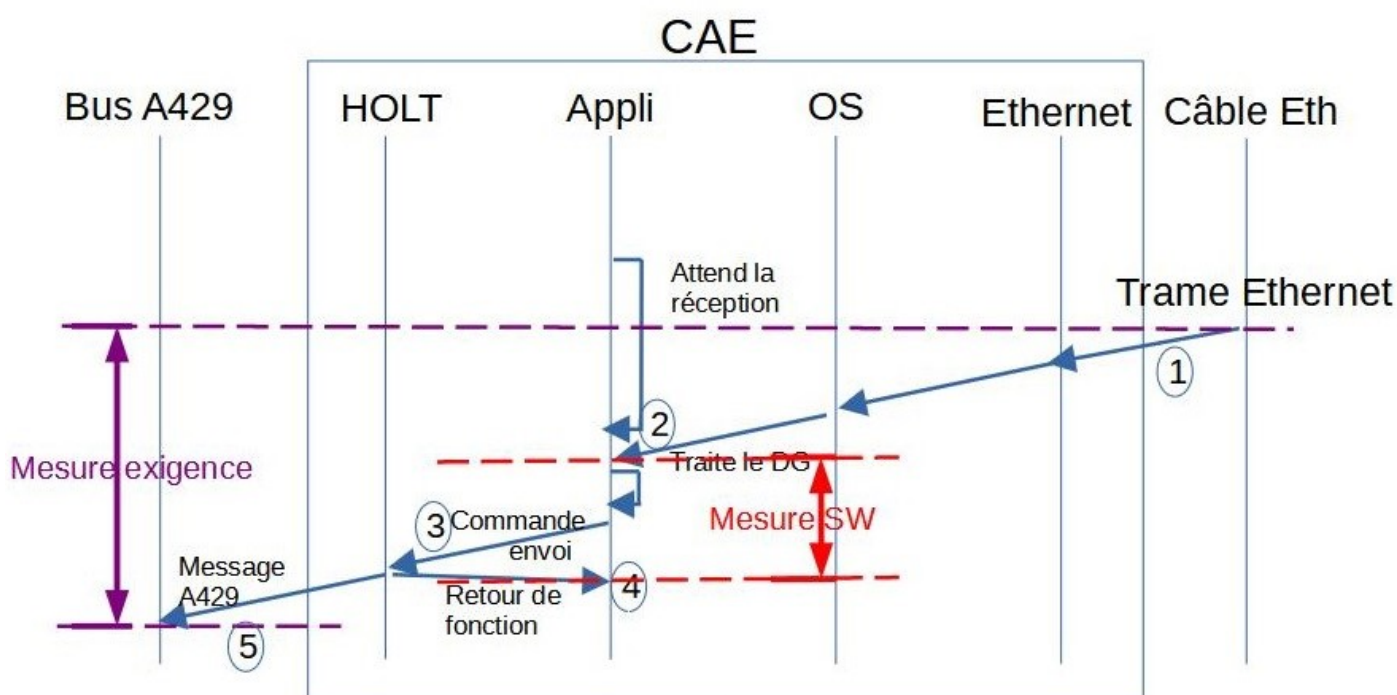
3. MESURES

Afin de valider l'exigence statistique, il est nécessaire d'effectuer un grand nombre de mesures afin d'établir la proportion des temps de traversée qui dépassent les seuils spécifiés (1ms et 3ms).

L'objectif étant donc d'automatiser un relevé de temps de traversée pour chacun des messages passerellisés, c'est l'application de passerelle qui a été instrumentée afin de chronométrer ces temps de traversée.

3.1. MESURE LOGICIELLE ET AUTOMATISATION

3.1.1. PASSERELLE E->A

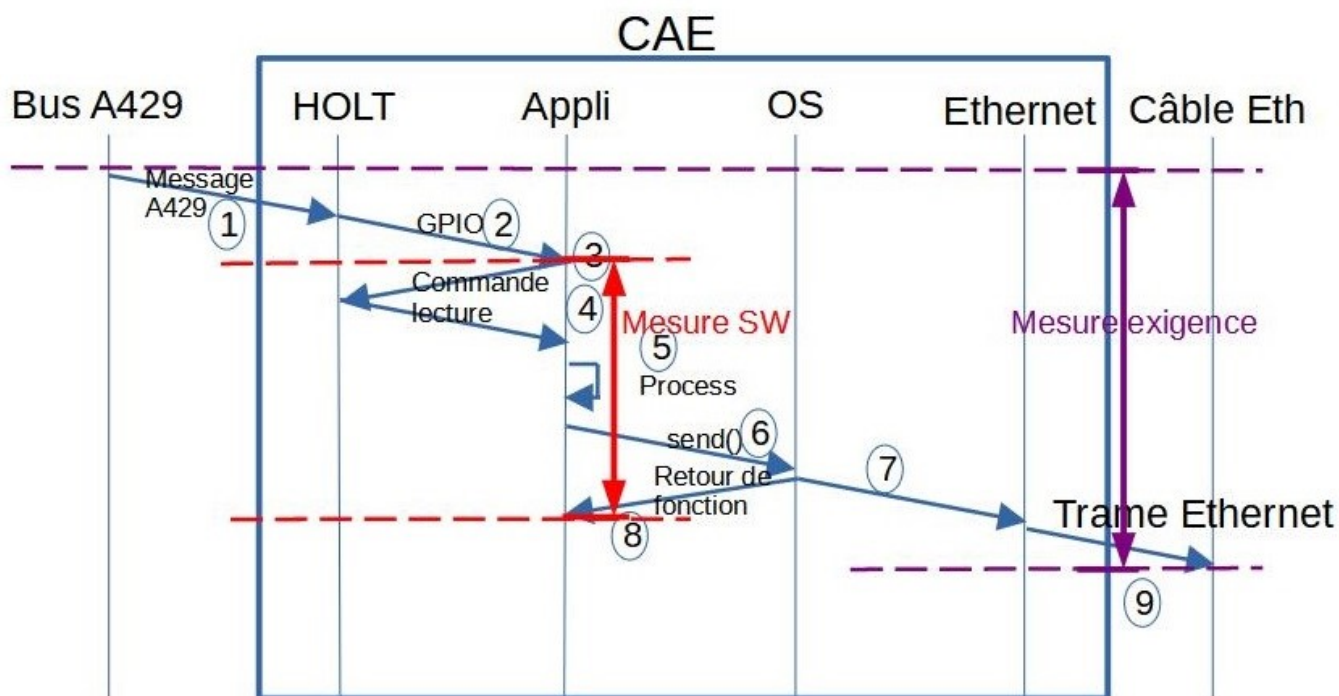


Reprenant la description des étapes du chapitre 2.1, le logiciel est en mesure de calculer le temps entre les étapes 2 et 4.

Afin de couvrir le même temps que la mesure attendue par l'exigence il faudra aussi prendre en compte :

- Avant : le temps entre le moment où la trame entre dans le CAE (PHY Ethernet) et le moment où l'OS rend la main à l'application de passerelle
- Après : le temps entre le retour de la fonction exécutant la commande d'envoi (HOLT) et l'émission effective du message A429 sur le bus

3.1.2. PASSERELLE A->E



Reprenant la description des étapes du chapitre 2.2, le logiciel est en mesure de calculer **le temps entre les étapes 3 et 8**.

Afin de couvrir le même temps que la **mesure attendue par l'exigence** il faudra aussi prendre en compte :

- Avant : le temps entre le moment où le message entre dans le CAE (FIFO Rx du HOLT HI-3593) et le moment où l'OS rend la main à l'application de passerelle suite à l'interruption GPIO du HOLT
- Après : le temps entre la requête de l'application auprès de l'OS et l'émission effective de la trame sur l'interface Ethernet

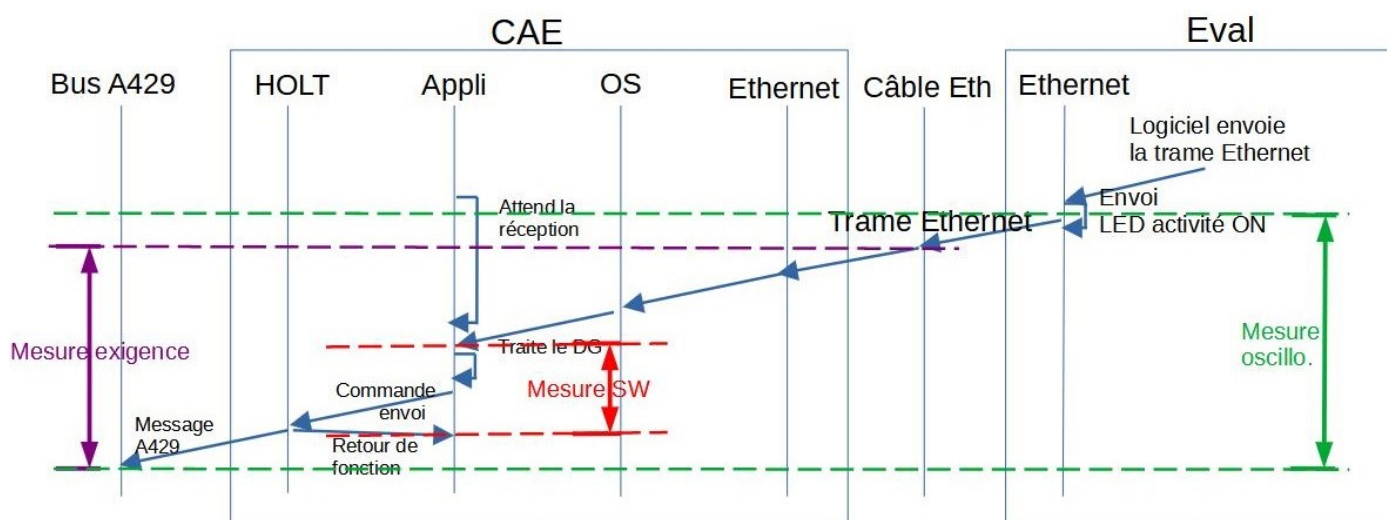
3.2. MESURE MATERIELLE ET CARACTERISATION

Afin de caractériser les temps manquant à la mesure logicielle, nous avons effectué des mesures physiques au bornes extérieures du CAE à l'aide d'un oscilloscope.

Du côté du bus A429, l'oscilloscope permet simplement de visualiser le message transitant sur le bus. Notre point de mesure correspond donc exactement à l'attendu de l'exigence.

En revanche du côté de l'Ethernet, l'oscilloscope ne permet pas aussi simplement de voir le message transiter du fait d'un signal actif ininterrompu sur l'interface, même en l'absence de message fonctionnel. Nous avons donc choisi de plus simplement interfacier le CAE à une carte d'évaluation (STM32MP157F-EV1) disposant et donnant accès à une LED d'activité de son PHY Ethernet. L'activation de cette LED nous a servi comme point de mesure indiquant le transit de la trame Ethernet observée.

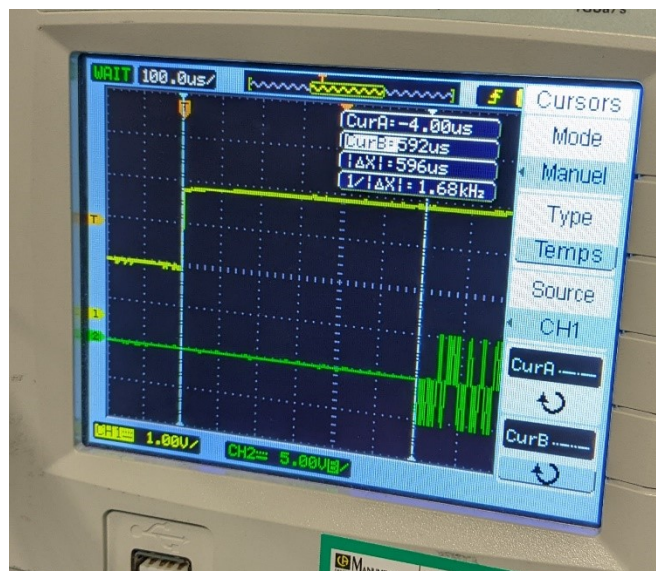
3.2.1. PASSERELLE E->A



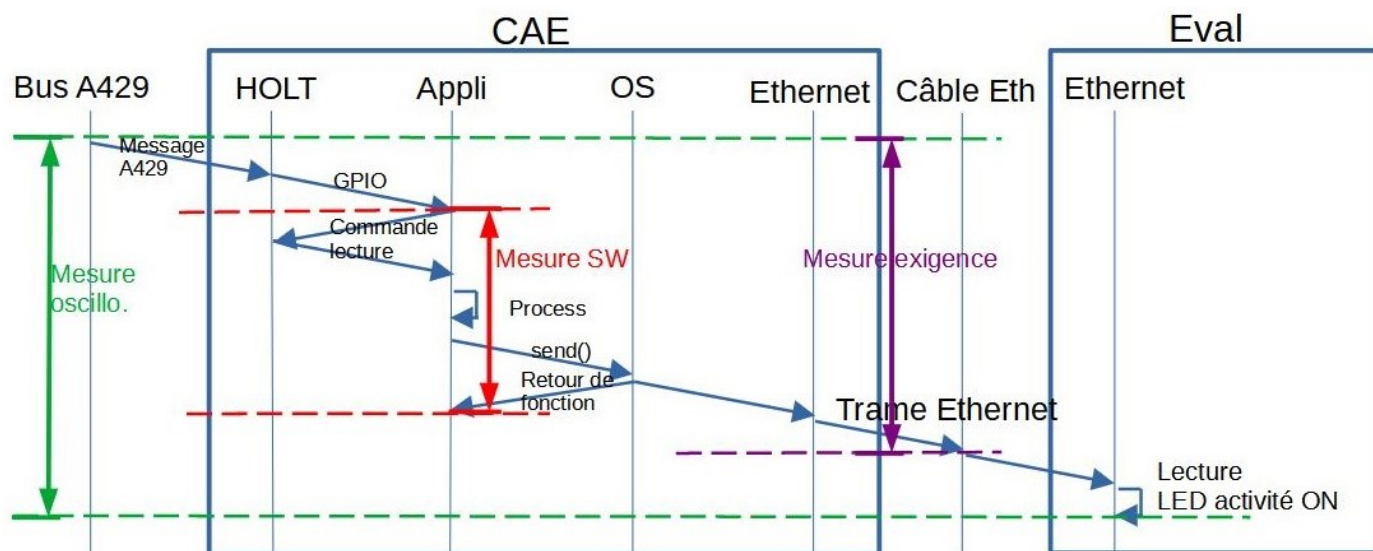
La mesure à l'oscilloscope englobe la mesure attendue par l'exigence.

Dans le sens E->A, cette mesure inclue aussi un surcoût dans le sens où le point de départ correspond au début de l'envoi de la trame par la carte d'évaluation, alors que la mesure d'exigence considère en point de départ le moment de l'entrée du dernier bit de data de la trame au sein du CAE.

Cependant, cette mesure permet aussi d'inclure les durées manquantes à la mesure logicielle, c'est-à-dire le temps de traitement de la trame Ethernet entrante (par le PHY Ethernet et l'OS du CAE jusqu'à l'application) et le temps de traitement de l'envoi du message A429 par le HOLT HI-3593.

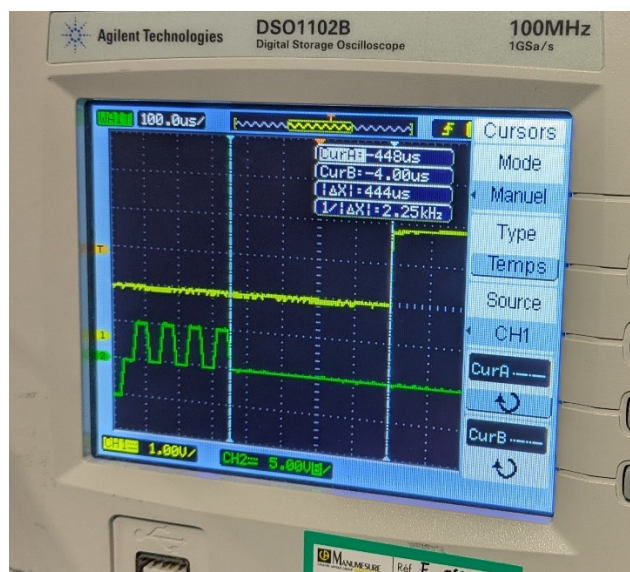


3.2.2. PASSERELLE A->E



De la même manière, la mesure à l'oscilloscope englobe la mesure attendue par l'exigence.

A nouveau, cette mesure inclue aussi un surcoût dans le sens où le point d'arrivée correspond à l'arrivée de la trame sur la carte d'évaluation.



3.3. MISE EN ŒUVRE DE LA MESURE LOGICIELLE AUTOMATIQUE

Grace aux mesures matérielles présentées précédemment, nous avons pu caractériser la différence entre la mesure matérielle et la mesure logicielle.

En effectuant des mesures dans les deux sens, et utilisant des DataGroup Ethernet contenant 1 message A429 encapsulé mais aussi des DG contenant 3 messages A429, nous avons obtenus les résultats suivants (en microsecondes) :

Nb Msgs A429	A->E			E->A		
	oscillo	logiciel	delta	oscillo	logiciel	delta
1 A429	472	342	130	548	191	357
	460	337	123	552	194	358
	464	331	133	980	597	383
	504	374	130	616	243	373
	504	368	136	576	189	387
	468	333	135	552	195	357
	440	330	110	568	193	375
	516	373	143	572	193	379
	500	361	139	604	206	398
	460	331	129	564	188	376
	468	329	139	560	190	370
	412	292	120	600	194	406
	440	313	127	568	192	376
3 A429	424	309	115	572	192	380
	404	299	105	572	192	380
	396	293	103	576	189	387
	448	332	116	548	190	358
	420	301	119	556	192	364
	424	315	109	568	189	379
	404	332	72	568	189	379
	424	304	120	568	194	374
	400	285	115	580	194	386
			MAX			MAX
			143			406

On peut noter que la 3^{ème} mesure dans le sens E->A fait apparaître une occasionnelle mesure notablement supérieure aux autres (~ +400usec). Cependant, on peut voir que cet écart apparaît aussi dans la mesure logicielle. Cela indique bien que les écarts occasionnels dans le temps de traitement des messages sont causés par des aléas logiciels (scheduling, processus système...) qui sont justement mesurés par la mesure automatisée (logicielle).

On remarque que le delta [temps oscillo] – [temps logiciel] est relativement constant, indiquant que les traitement exclus de la mesure automatique logicielle sont constants en termes de durée.

Nous avons donc pris la valeur maximale de ces deltas mesurés afin de les ajouter à la mesure logicielle. C'est le résultat de cette somme qui sera utilisée par l'application pour compter le nombre de traitements de message dont le temps de traversée dépasse les seuils d'exigence (1ms et 3ms).

3.3.1. EXECUTION DU TEST DANS L'ENVIRONNEMENT LOGICIEL

	DIFFUSION RESTREINTE Note technique : Performances du Convertisseur ARINC 429/Ethernet	Référence: DP076570NTE019_00 Date: 11/05/2023 Page : 9 / 12
---	---	--

L'exécution du test se fait au travers de l'IHM de test lancé par l'invite de commande Windows.

Au préalable, le logiciel de la carte doit être stoppée avant d'être relancée. Cette action se met en place via la liaison série.

Pour cela, il faut exécuter via PuTTY la commande « killall appSW » puis « /opt/appSW --debug ».

Une fois ceci fait, le test de passerellisation peut-être effectué. Les résultats des tests apparaitront dans la fenêtre PuTTY après un certain temps (environ 4 minutes pour les premières remontées).

4. RESULTATS

- Config CAE1 **DP076570FCL026 V02**

config CAE1 ~21 heures SN 01							
A->E				E->A			
	total	>1ms	>3ms		total	>1ms	>3ms
nb msg	9250000	487	17	nb msg			
moyenne	349,03 usec	0,00526%	0,00018%	moyenne	N/A		
exigence		2,00000%	0,00100%	exigence			
average_usec_morethan3ms	12525 usec						

config CAE1 ~6 heures SN 01							
A->E				E->A			
	total	>1ms	>3ms		total	>1ms	>3ms
nb msg	2925000	173	4	nb msg			
moyenne	349,77 usec	0,00591%	0,00014%	moyenne	N/A		
exigence		2,00000%	0,00100%	exigence			
average_usec_morethan3ms	12890 usec						

- Config CAE2 **DP076570FCL026 V02**

config CAE2 ~12 heures SN 01

A->E				E->A			
	total	>1ms	>3ms		total	>1ms	>3ms
nb msg	2 800 000	199	5	nb msg	4 400 000	1884	19
moyenne	402,8 usec	0,00711%	0,00018%	moyenne	492,14 usec	0,04282%	0,00043%
exigence		2,00000%	0,00100%	exigence		2,00000%	0,00100%
average_usec_mor rethan3ms	12201 usec				6131 usec		

config CAE2 ~6 heures SN 04

A->E				E->A			
	total	>1ms	>3ms		total	>1ms	>3ms
nb msg	1 300 000	99	2	nb msg	2 050 000	1196	33
moyenne	402,08 usec	0,00762%	0,00015%	moyenne	494,72 usec	0,05834%	0,00161%
exigence		2,00000%	0,00100%	exigence		2,00000%	0,00100%
average_usec_mor rethan3ms	11845 usec				3506 usec		

config CAE2 ~7 heures SN 04

A->E				E->A			
	total	>1ms	>3ms		total	>1ms	>3ms
nb msg	1 525 000	125	1	nb msg	2 400 000	1437	159
moyenne	401,5	0,00820%	0,00007%	moyenne	492,29 usec	0,05988%	0,00663%
exigence		2,00000%	0,00100%	exigence		2,00000%	0,00100%
average_usec_mor rethan3ms	13902 usec				9238 usec		

config CAE2 ~10 heures SN 04

A->E				E->A			
	total	>1ms	>3ms		total	>1ms	>3ms
nb msg	2 050 000	152	2	nb msg	3 225 000	1637	133
moyenne	402,36	0,00741%	0,00010%	moyenne	492,49 usec	0,05076%	0,00412%
exigence		2,00000%	0,00100%	exigence		2,00000%	0,00100%
average_usec_mor rethan3ms	9316 usec				9316 usec		

config CAE2 ~9 heures SN 04

A->E				E->A			
	total	>1ms	>3ms		total	>1ms	>3ms
nb msg	2 050 000	155	3	nb msg	3 225 000	1678	29
moyenne	402,36	0,00756%	0,00015%	moyenne	491,69 usec	0,05203%	0,00090%

	DIFFUSION RESTREINTE Note technique : Performances du Convertisseur ARINC 429/Ethernet	Référence: DP076570NTE019_00 Date: 11/05/2023 Page : 12 / 12
exigence2,00000%0,00100% average_usec_mothan3ms13036 usec	exigence2,00000%0,00100% 11476 usec	

config CAE2 ~6 heures SN 04							
A->E				E->A			
	total	>1ms	>3ms		total	>1ms	>3ms
nb msg	1 275 000	96	1	nb msg	2 025 000	1297	164
moyenne	402,79	0,00753%	0,00008%	moyenne	492,58 usec	0,06405%	0,00810%
exigence		2,00000%	0,00100%	exigence		2,00000%	0,00100%
average_usec_mothan3ms	11989 usec				9046 usec		