

## **Sujet d'épreuves de la 48<sup>e</sup> Compétition Nationale des Métiers**

# **MÉTIER N°16 ELECTRONIQUE**

### **MODULE A CONCEPTION DE CIRCUITS**

Soumis par :

Louis LEFEBVRE, Expert National WorldSkills France

Dominique CHATEAU, Expert Adjoint WorldSkills France

Référence du sujet : WSFR48CNAT-16-A

Révision du sujet : 02

Date de diffusion : C1 - 16/10/2025

## EXPLICATION DU MODULE

DUREE TOTALE DE L'ÉPREUVE

4 heures

DIFFUSION DU SUJET

Découvert le jour de la compétition :  
C1 - 16/10/2025

## DESCRIPTION DU PROJET

Qu'est-ce que le temps ? Au-delà de l'une des grandeurs dont vous serez sûrement à court au cours des épreuves, le temps est une notion difficilement définissable, sujette aux plus grands débats des communautés scientifique et philosophique depuis des milliers d'années. Ce temps rythme pourtant le quotidien de toute l'humanité, et les avancées technologiques se targuent de toujours le mesurer de façon plus fine. Depuis l'avènement des technologies numériques, la maîtrise précise de l'écoulement du temps est même devenue un enjeu stratégique, tant pour le bon fonctionnement des machines (cadencement et synchronisation) que pour la souveraineté des Hommes (géolocalisation et navigation, météorologie, précision atomique pour la recherche et l'industrie...).

L'importance de la mesure de l'écoulement du temps ne date évidemment pas de l'apparition des technologies numériques : on en retrouve notamment le besoin depuis des siècles dans l'agriculture ou les rites religieux. Ce qui a significativement changé, en revanche, est la façon de se placer dans le temps et de dater les événements : parfois fonctions de la hauteur du soleil dans le ciel, parfois des cycles de la lune, parfois seulement de la volonté politique ou, aujourd'hui, calculés très précisément grâce aux fréquences des rayonnements électromagnétiques des électrons transitant entre les niveaux d'énergie des atomes de césium 133 par rapport à un événement religieux de référence survenu il y a plus de deux mille ans dont la date est incertaine, divers calendriers et conventions se sont succédé au fil des civilisations. Si l'humain usuel a seulement besoin de regarder sa montre et son calendrier au quotidien, nous vous proposons par ce sujet de découvrir certaines propriétés invraisemblables des conventions de temps et d'entrevoir la difficulté pour les historiens de dater correctement les événements du passé au regard des évolutions de notations.

Ainsi, le projet que vous réaliserez tout au long de la compétition est une carte électronique de calcul et de transmission pour un serveur de temps, appelée « *SyncOrSink* ». La carte que vous développerez aura pour fonction de mesurer le temps et de transmettre à un utilisateur ou à un équipement distant un horodatage, c'est-à-dire la date et l'heure à un instant précis.

Note : tout au long du document, le terme <REGION> est à remplacer par le trigramme associé à la région du compétiteur. Exemple : pour le compétiteur Auvergne Rhône-Alpes, le nom « 48\_CNAT\_16\_Electronique\_<REGION> » doit être remplacé par « 48\_CNAT\_16\_Electronique\_ARA ».

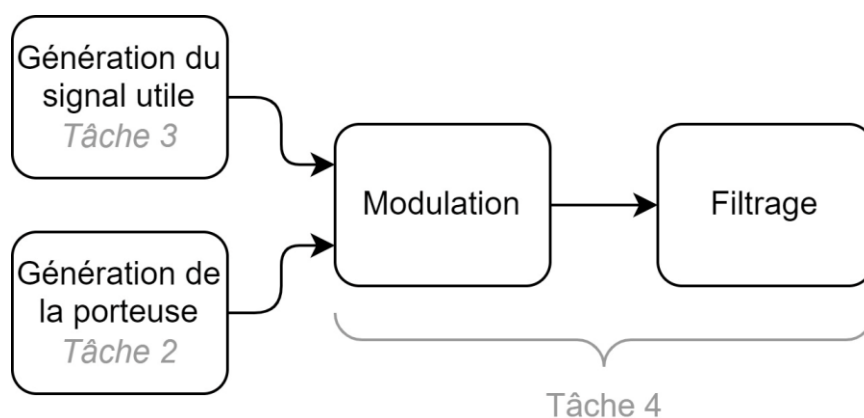
Région	Trigramme
Auvergne Rhône-Alpes	ARA
Bretagne	BRE
Hauts-de-France	HDF
Normandie	NOR
Nouvelle-Aquitaine	NAQ
Occitanie	OCC
Sud – Provence-Alpes-Côte-d'Azur	SUD
Sud – Provence-Alpes-Côte-d'Azur   Parcours +	WPL

## DESCRIPTION DU MODULE

Dans le cadre du module A portant sur l'évaluation des compétences en conception de fonctions et de circuits électroniques, il s'agira de concevoir et dimensionner trois fonctions analogiques du circuit final. Ce module est constitué de trois tâches indépendantes : un questionnaire de culture générale en électronique (tâche 1) et deux tâches de dimensionnement et simulation de fonctions électroniques.

Afin de transmettre ses données aux équipements distants, la carte *SyncOrSink* doit disposer de deux supports de transmission : un support physique (ligne série) et un support sans fil. Dans ce module, il est demandé au compétiteur de dimensionner un circuit de modulation d'amplitude permettant la transmission des données par les ondes. Ce circuit de modulation sera composé de trois fonctions :

- Une fonction de génération de la porteuse (tâche 2)
- Une fonction de génération du signal utile (tâche 3)
- Une fonction de modulation de la porteuse par le signal utile (tâche 4)
- Une fonction de filtrage du signal modulé pour éliminer le bruit (tâche 4)



### Note

Pour les tâches 2, 3 et 4, sauf mention contraire, toutes les résistances devront être prises dans la série E24, et tous les condensateurs dans la série E48 dont les valeurs standard sont fournies en annexes.

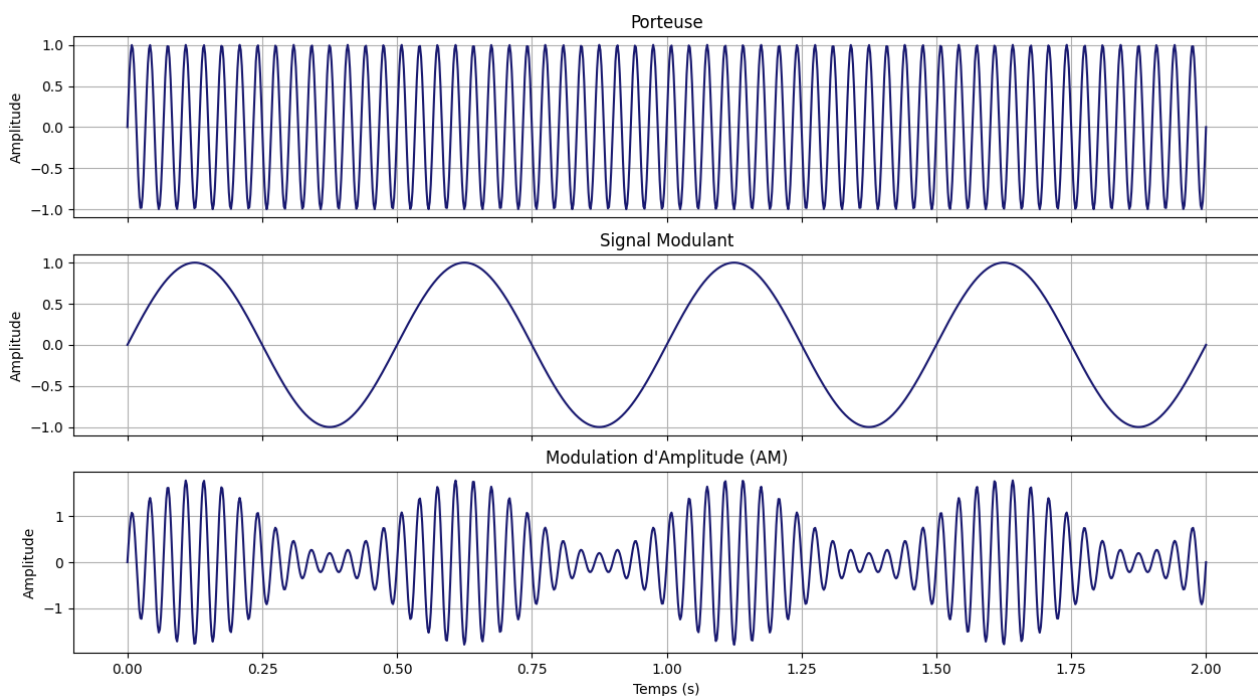
Les tâches sont indépendantes et peuvent être réalisées dans n'importe quel ordre.



## Qu'est-ce que la modulation d'amplitude ?

En télécommunications, un signal « utile » (transportant une information) est rarement adapté à la transmission directe par les ondes entre un émetteur et un récepteur : la modulation est le processus par lequel le signal utile est transformé en une forme adaptée au canal de transmission. La modulation consiste ainsi à transposer une information basse fréquence vers une onde de fréquence plus élevée<sup>[1]</sup> (généralement une sinusoïde) appelée « porteuse » en faisant varier les paramètres (amplitude, fréquence, phase) de cette porteuse.

La modulation d'amplitude est le plus simple et le plus ancien procédé de modulation d'un signal<sup>[2]</sup> : il consiste à faire varier l'amplitude de la porteuse en fonction du signal « modulant » (signal utile) contenant l'information à transmettre.



<sup>1</sup> Un signal utile est susceptible de contenir des fréquences qui ne se propagent pas efficacement sur de longues distances par voie radio. Pour transmettre ces informations sur des canaux de communication, il faut les « porter » sur une fréquence beaucoup plus élevée adaptée à la propagation, à la transmission et à la réception. La modulation permet, en plus, de maîtriser les paramètres de la forme d'onde transmise et de transmettre simultanément plusieurs signaux tout en bénéficiant d'une plus faible longueur d'onde et donc une antenne plus petite et plus efficace.

<sup>2</sup> La modulation d'amplitude a plusieurs inconvénients, notamment une faible efficacité énergétique, une grande sensibilité au bruit et une bande passante élevée (inefficace en terme de spectre). Son choix pour ce sujet est cependant motivé par sa simplicité de mise en œuvre par rapport aux autres techniques de modulation et sa lisibilité (une onde modulée en amplitude est plus aisément analysable à l'œil nu qu'une onde modulée en fréquence ou en phase).

## TÂCHE 1 – QCM

Dans cette tâche, il est demandé au compétiteur de répondre au questionnaire « **WSFR48CNAT-16-A.1 – Questionnaire de culture générale en électronique** ». Ce questionnaire est un questionnaire à choix multiples. Pour chaque question, le compétiteur doit cocher la ou les cases correspondant au(x) choix correct(s). Une question peut avoir plusieurs choix corrects et a toujours au moins un choix correct.

La réponse du compétiteur est considérée valide si elle est exacte et complète. Une réponse partiellement juste (une partie des choix corrects, mais pas tous) ou partiellement fausse (au moins un choix incorrect) n'apporte pas de point, mais n'en retire pas. Une question sans réponse du compétiteur n'attribue pas de point, mais n'en retire pas.

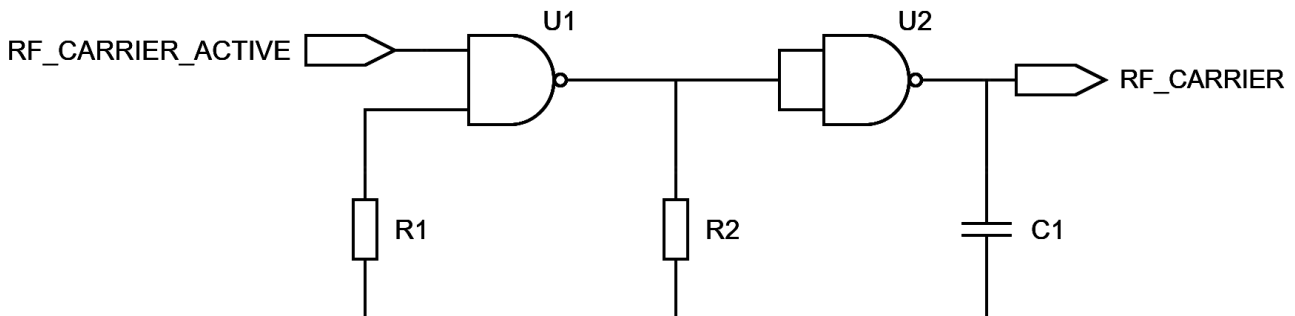
Pour toutes les questions, on considère les systèmes présentés comme idéaux. Les diagrammes présentés doivent être considérés comme exacts et complets. Il n'est pas demandé au compétiteur d'imaginer ou d'extrapoler le comportement d'un système à partir des documents fournis.

### Livrables attendus

- Questionnaire « *WSFR48CNAT-16-A.1 – Questionnaire de culture générale en électronique* » complété

## TÂCHE 2 – GENERATION DE LA PORTEUSE

Dans cette tâche, il est demandé au compétiteur de dimensionner et simuler le circuit de génération de la porteuse. La porteuse RF\_CARRIER générée doit être un signal périodique d'amplitude 5 V, de valeur minimale 0 V et de fréquence 250 kHz. De manière générale, les porteuses utilisées dans le domaine des télécommunications sont sinusoïdales, mais la fréquence choisie et la nature de l'utilisation de la porteuse dans le cadre de ce module permettent d'approximer cette sinusoïde par un signal carré de même fréquence. Le circuit de génération de la porteuse proposé est le suivant :



Soit un signal RF\_CARRIER\_ACTIVE booléen (0 V à l'état bas ; 5 V à l'état haut) activant ou désactivant la génération de la porteuse. Pour cet exercice, on considèrera RF\_CARRIER\_ACTIVE un signal pulsé de période 200  $\mu$ s, de rapport cyclique 50% et de durée de changement d'état 1 ns.

Signal RF\_CARRIER attendu lorsque RF\_CARRIER\_ACTIVE à l'état bas : amplitude = 0 V.

Signal RF\_CARRIER attendu lorsque RF\_CARRIER\_ACTIVE à l'état haut :

- Fréquence fondamentale : 250 kHz  $\pm$  5%
- Rapport cyclique : 50%  $\pm$  1%
- Amplitude crête-à-crête : 5 V  $\pm$  10%
- Valeur minimale : 0 V

Pour cela, le compétiteur doit :

- Dimensionner les composants R1, R2 et C1 pour obtenir une porteuse répondant au cahier des charges du montage.
- Simuler le schéma grâce à LTSpice sur une durée d'une milliseconde.

**Note :** U1 et U2 sont des portes NAND 74HC00, de tension de basculement  $V_{DD}/2$ , avec  $V_{DD} = 5$  V la tension d'alimentation des portes NAND. A l'état initial, on suppose C1 déchargé et RF\_CARRIER à l'état bas (0V).

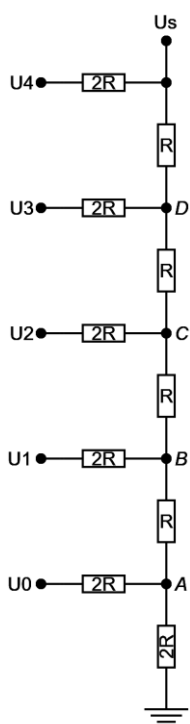
### Livrables attendus

- Fichier « 48\_CNAT\_16\_Electronique\_<REGION>-A\_2-simu.asc » comprenant le schéma réalisé, les composants dimensionnés ainsi qu'une directive (commande) de simulation fonctionnelle permettant d'exécuter la simulation sur une durée d'une milliseconde.
- Capture d'écran « 48\_CNAT\_16\_Electronique\_<REGION>-A\_2-RF\_CARRIER-AMPL » prouvant le profil de l'amplitude du signal de sortie RF\_CARRIER en fonction du temps.
- Capture d'écran « 48\_CNAT\_16\_Electronique\_<REGION>-A\_2-RF\_CARRIER-FREQ » prouvant la fréquence fondamentale du signal de sortie RF\_CARRIER.
- Aucune preuve ou justification des choix techniques n'est attendue de la part du compétiteur.

## TÂCHE 3 – GENERATION DU SIGNAL UTILE

Dans cette tâche, il est demandé au compétiteur de calculer les paramètres du circuit de génération du signal utile transmis par la carte *SyncOrSink* aux équipements distants. On souhaite que le signal transmis soit paramétrable, c'est-à-dire que l'on puisse, par conception logicielle ultérieure, modifier les paramètres de ce signal : amplitude, fréquence, phase, valeur de représentation des états... Pour cela, il est demandé au compétiteur d'établir l'équation de sortie d'une fonction de conversion numérique  $\rightarrow$  analogique et d'en déduire les valeurs numériques à écrire par la carte *SyncOrSink* pour générer le signal utile paramétré.

Les réponses aux questions ( $Q_n$ ) posées dans le sujet doivent être complétées sur le questionnaire « WSFR48CNAT-16-A.3 – Réponses tâche 3 ». La précision numérique attendue pour chaque réponse est indiquée sur le questionnaire.



### Convertisseur numérique $\rightarrow$ analogique

Soit le réseau R/2R de conversion numérique  $\rightarrow$  analogique à cinq entrées ci-contre dont l'équation de sortie est  $U_s = \sum_{n=0}^4 k_n U_n$ . En utilisant la méthode de votre choix, calculez les paramètres  $k_n$  de cette fonction (Q01).

En considérant  $U_0 = U_1 = \dots = U_4 = 5 \text{ V}$ , donnez la résolution de ce convertisseur (Q02), ainsi que les tensions minimale  $U_{s\_min} \neq 0$  et maximale  $U_{s\_max}$  délivrables en sortie  $U_s$  de ce convertisseur (Q03).

### Génération du signal utile adapté

Soit une mémoire programmable permettant d'enregistrer 64 valeurs 8 bits, telle que les entrées  $E_{i \in \mathbb{N} \cap [0;5]}$  adressent la valeur à écrire sur les sorties  $S_{i \in \mathbb{N} \cap [0;7]}$ . Les sorties  $S_{i \in \mathbb{N} \cap [0;7]}$  valent 0 V à l'état bas et 5 V à l'état haut, et cette mémoire adresse les bits de poids faible sur les indices  $i = 0$ .

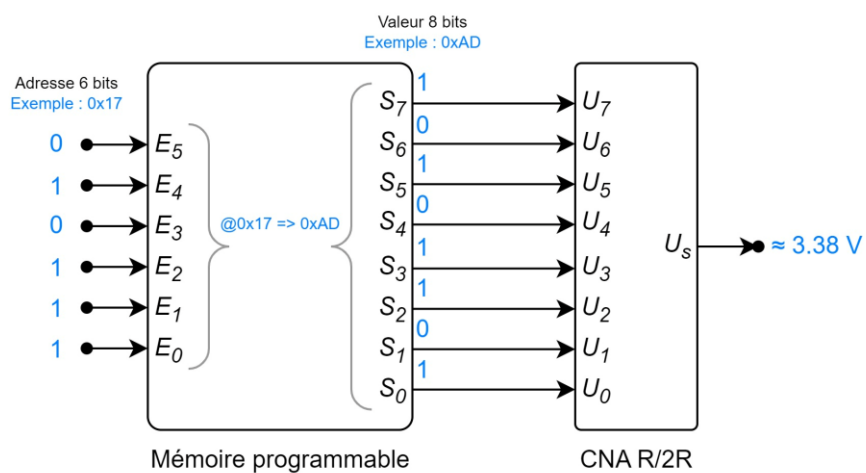
Par exemple, si la valeur  $0xAD$  est enregistrée dans la mémoire programmable à l'adresse  $0x17$ , l'adresse  $E = 0x17 = \{1,1,1,0,1,0\}$  produira la sortie  $S = 0xAD = \{1,0,1,1,0,1,0,1\}$  (voir schéma page suivante).

En extrapolant l'équation du réseau R/2R calculé précédemment en un réseau R/2R à huit entrées et en vous appuyant sur la table des allocations mémoire décrite page suivante, déterminez les éléments suivants :

- (Q04) Quelle est la résolution du réseau R/2R à huit entrées ?
- (Q05) Quelle valeur la mémoire doit-elle écrire sur la sortie S pour obtenir 3.34 V ?
- (Q06) Quelle est la tension  $U_s$  si  $S = 0x34$  ?
- (Q07) Quelle est la tension  $U_s$  si  $S = 0xFF$  ?
- (Q08) D'après la table des allocations mémoire, quelle est la tension  $U_s$  si  $E = 0x2B$  ?
- (Q09) D'après la table des allocations mémoire, quelle adresse E permet d'obtenir un signal de sortie  $U_s \approx 2.051 \text{ V}$  ?
- (Q10) D'après la table des allocations mémoire, quelles adresses  $E_{bas}$  et  $E_{haut}$  permettent respectivement de configurer un état bas du signal utile au plus proche de 1 V, et un état haut au plus proche de 5 V ?

### Livrables attendus

- Questionnaire « WSFR48CNAT-16-A.3 – Réponses tâche 3 » complété



**Table des allocations mémoire (hexadécimal)**

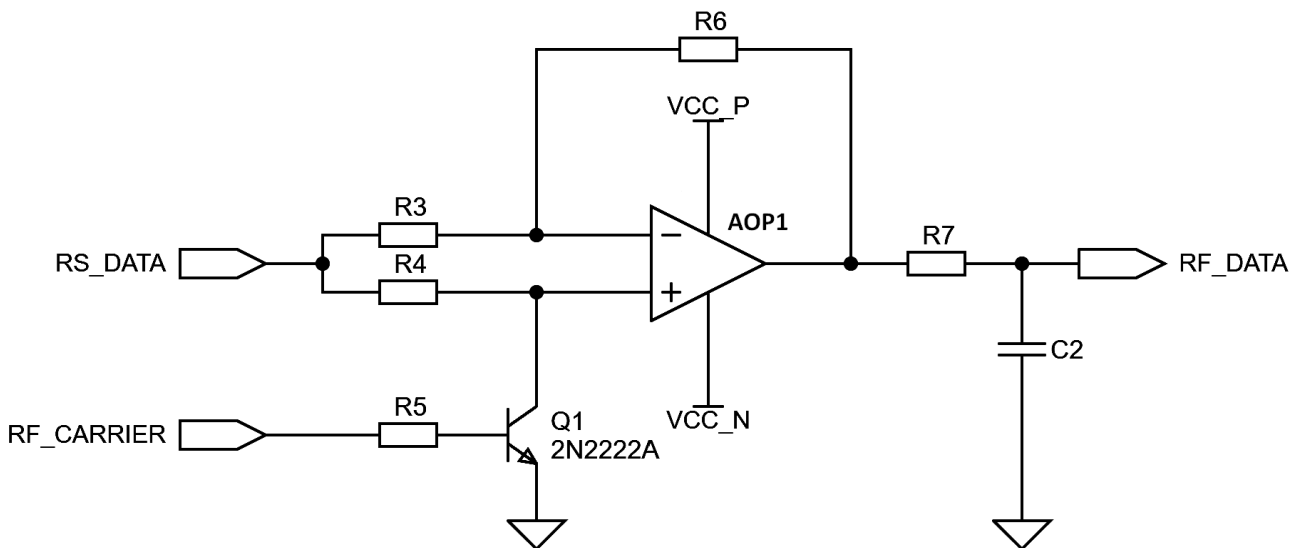
Adresse	+0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9	+A	+B	+C	+D	+E	+F
0x00	AD	2A	C7	8E	30	83	75	90	3B	6B	52	0D	38	52	5D	02
0x10	44	4B	11	1F	54	4A	DE	AD	BE	EF	BF	D1	F1	12	E5	2F
0x20	79	D1	F3	72	08	FF	0C	9E	F5	55	71	83	9A	B5	A0	1C
0x30	07	51	D2	EA	34	69	18	BC	55	81	D5	15	C0	E7	C2	65



## TÂCHE 4 – MODULATION ET FILTRAGE

Soit un signal utile RS\_DATA carré bivalent représentant des données émises sur une ligne série à une vitesse de 9600 bauds. L'état bas de ce signal est positionné à 1 V et l'état haut à 5 V.

Dans cette tâche, il est demandé au compétiteur de dimensionner et simuler le circuit de modulation et de filtrage permettant la modulation de la porteuse RF\_CARRIER générée en tâche 2 par un signal utile RS\_DATA généré en tâche 3. Le circuit de modulation proposé est le suivant :



Signal RF\_DATA attendu :

- Fréquence fondamentale : 250 kHz
- Amplitude crête-à-crête à l'état haut : 10 V
- Amplitude crête-à-crête à l'état bas : 2 V
- Tension moyenne : 0 V

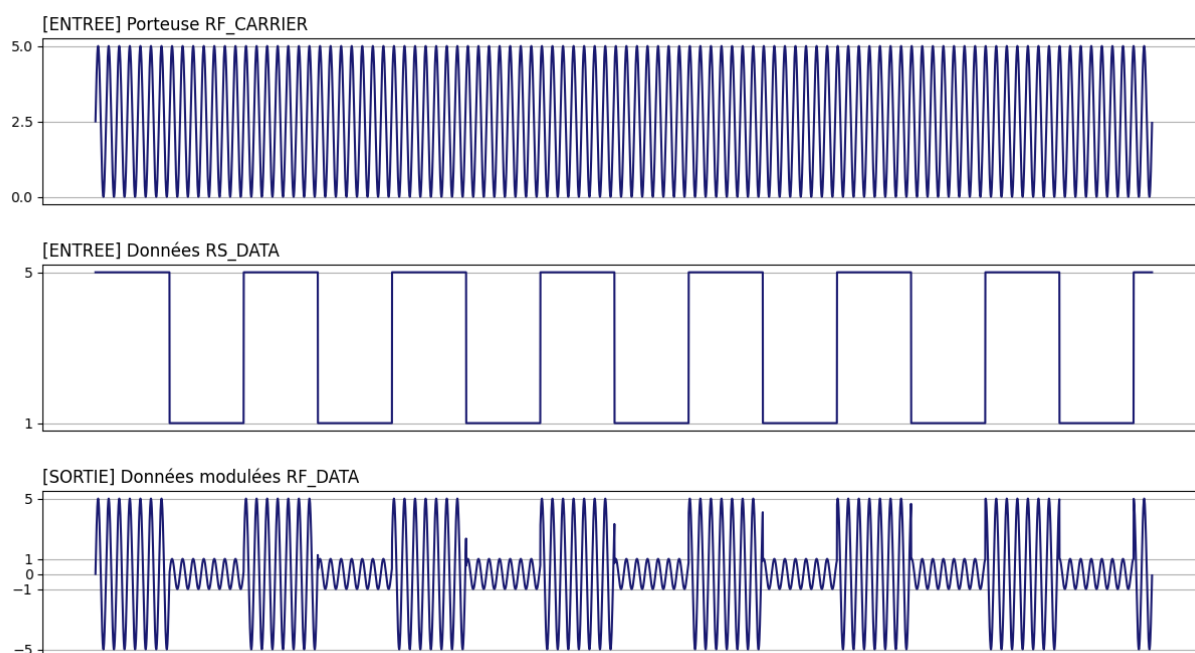
Pour cela, le compétiteur doit :

- Choisir un amplificateur opérationnel AOP1 adapté aux contraintes du circuit parmi la liste de propositions suivantes dont les documentations techniques sont fournies en annexes :
  - TLV379
  - INA210-Q1
  - LT1722IS5
  - AD8410A
  - LMH6401
  - LTC6419
- Dimensionner les résistances R3, R4, R5 et R6 pour obtenir une modulation répondant au cahier des charges du montage.
- Dimensionner les composants R7 et C2 pour obtenir un filtre passe bas de fréquence de coupure  $f_c = 320 \text{ kHz} \pm 5\%$ . On prendra R7 dans la série E24 1kΩ ou E24 10kΩ, et C2 dans la série E48.
- Simuler le schéma grâce à LTSpice sur une durée d'une milliseconde.

**Note :** le signal RS\_DATA peut être simulé comme un signal pulsé alternant les états hauts et bas, de durée de changement d'état 1 ns. La relation entre débit et valence est  $D = R \times \log_2(V)$ , avec  $D$  le débit en *bits/s*,  $R$  la rapidité de modulation en *bauds* et  $V$  la valence (c'est-à-dire le nombre d'états possibles d'un signal transmis) en *symboles/ baud*.

**Note :** le choix est laissé au compétiteur d'utiliser le circuit de la tâche 2 pour générer la porteuse RF\_CARRIER, ou de simuler ce signal. Dans les deux cas, il est attendu que le signal RF\_CARRIER soit un signal périodique d'amplitude 5 V, de valeur minimale 0 V et de fréquence 250 kHz.

**Indice :** il est demandé au compétiteur d'obtenir le profil signal de sortie RF\_DATA présenté ci-dessous.



### Livrables attendus

- Fichier « 48\_CNAT\_16\_Electronique\_<REGION>-A\_4-simu.asc » comprenant le schéma réalisé, les composants dimensionnés ainsi qu'une directive (commande) de simulation fonctionnelle permettant d'exécuter la simulation sur une durée d'une milliseconde.
- Capture d'écran « 48\_CNAT\_16\_Electronique\_<REGION>-A\_4-RF\_DATA-AMPL » prouvant le profil du signal de sortie RF\_DATA.
- Capture d'écran « 48\_CNAT\_16\_Electronique\_<REGION>-A\_4-RF\_DATA-FREQ » prouvant la fréquence fondamentale du signal de sortie RF\_DATA.
- Aucune preuve ou justification des choix techniques n'est attendue de la part du compétiteur.

# LISTE DES ANNEXES

Annexes applicables à ce module :

Identifiant	Nom
<b>Documents de compétition</b>	
01	Liste des annexes de compétition
02	Planning CNAT 48 - Electronique
03	Liste du matériel autorisé
04	Barème global – Electronique
05	Barème résumé – Electronique – Module A
<b>Manuels d'utilisation</b>	
13	Abréviations et unités
14	LTSpice – Manuels d'utilisation
<b>Documentations techniques et normes</b>	
20	Séries E24 et E48
21	Documentation technique 74HC00
22	Documentation technique TLV379
23	Documentation technique INA210-Q1
24	Documentation technique LT1722
25	Documentation technique AD8410A
26	Documentation technique LMH6401
27	Documentation technique LTC6419