

# Fiche 5 : Implants cochléaires des différents fabricants

## I. Généralités sur le réglage des implants cochléaires

Le réglage d'un implant cochléaire consiste à adapter la stimulation électrique envoyée au nerf auditif via les électrodes de l'implant en fonction des perceptions du patient. Il repose sur :

- **Détermination des seuils** de perception et de confort pour chaque électrode (niveaux T et C ou THR et MCL selon les marques).
- **Création d'une "map"** personnalisée via un logiciel de programmation propriétaire.
- **Trois étapes essentielles** : télémetrie, mesure des seuils et test en live.

**Logiciels de réglage :**

- Medel : MAESTRO
- Cochlear : Custom Sound
- AB : Target CI
- Oticon : Digimap (désormais obsolète)

## II. MED-EL

Processeurs récents : SONNET 2, SONNET 2 EAS, RONDO 3, RONDO 2, DUET 2, OPUS 2

### 1) Stratégies :

- **HD-CIS** : Résolution temporelle élevée.  
Codage uniquement basé sur l'enveloppe du son (sans codage de la structure fine).  
Très bon pour la compréhension de la parole dans le silence.

**Limites** : Moins performant dans la musique ou les sons graves. Perception des hauteurs de sons limitée.

- **FS4, FS4p** : A pour objectif d'améliorer la perception des sons graves et de la musique en restituant les variations fines du signal (fine structure), c'est-à-dire les détails rapides du son que l'enveloppe seule ne suffit pas à transmettre.

**Permet une stimulation simultanée de deux électrodes** (stimulation parallèle)  
ce qui :

- Réduit le temps de stimulation** global.
- Améliore la fluidité** du signal.
- Compense la diaphonie** entre électrodes (via CIC – Channel Interaction Compensation).

**Remarque** : FS4p est **souvent utilisée chez les adultes actifs**, notamment en présence de bonnes capacités cognitives et une attente élevée en qualité sonore.

### 2) Réglage basé sur l'anatomie et couverture complète de la cochlée

MED-EL utilise des données morphologiques individuelles pour adapter la carte de stimulation ("map") à la forme réelle de la cochlée du patient.

Grâce à l'**outil OTOPLAN** (logiciel de planification chirurgicale), le chirurgien ou l'audiologiste mesure la longueur de la cochlée du patient à partir d'un scanner.

Le logiciel peut ensuite calculer la tonotopie individuelle (distribution des fréquences le long de la cochlée) et proposer une attribution précise des fréquences à chaque électrode.

Cela permet de respecter la logique fréquentielle naturelle de l'oreille et de réduire les distorsions (ex. : évite qu'un son aigu soit perçu comme grave ou inversement).

Ce concept est renforcé par le design des électrodes FLEX Series, longues et souples, qui peuvent couvrir la cochlée dans son intégralité (jusqu'à 31 mm), d'où le terme "Complete Cochlear Coverage".

### 3) Réglages spécifiques chez MED-EL

- **Volume à 100 %** : Lors du premier réglage, le volume global est souvent paramétré à 100 % car :

-Le système de stimulation est progressif (ramp-up progressif après l'activation).

-Cela permet une réserve de dynamique maximale que le patient peut moduler subjectivement.

**Remarque** : ce volume n'est pas perçu comme excessif car le seuil de confort (MCL) est précisément calibré.

- **Maplaw à 1000** : Le Maplaw est un paramètre propre à MED-EL qui contrôle la courbe de compression entre les seuils THR et MCL.  
Il détermine comment les sons faibles à forts sont traduits en stimulations électriques.  
Une valeur de 1000 représente une courbe logarithmique douce, proche de la perception physiologique naturelle.  
Une valeur plus basse rendrait la courbe plus compressée (sons faibles perçus plus fort), mais cela est rarement utilisé en routine.

- **THR = 8-10 % du MCL** : THR (Threshold) : niveau minimum de stimulation pour être perçu. MCL (Most Comfortable Level) : niveau de stimulation jugé confortable.

La règle chez MED-EL est que **THR  $\approx$  8 à 10 % de MCL** pour garantir :

-Une **bonne dynamique** auditive.

-Une **progression naturelle** du volume perçu.

-Une **absence de perception spontanée** des bruits internes du processeur (artefacts si trop proches).

- **Durée de pulse ajustable** : La durée de l'impulsion électrique (pulse width) peut être modulée :
  - Pour adapter l'intensité sans changer l'amplitude.
  - Pour mieux recruter certains neurones auditifs si les seuils sont élevés.
  - Cela joue un rôle dans le confort et la perception des détails sonores.
- **ASM 3.0 – Automatic Sound Management** : ASM 3.0 est le système de traitement automatique du son développé par MED-EL pour ses processeurs récents (SONNET 2, RONDO 3).

#### **Fonctionnalités :**

**-Réduction du bruit du vent** : un algorithme spécifique coupe les basses fréquences perturbées par le vent, utile en extérieur.

**-Réduction du bruit ambiant** : filtrage adaptatif des bruits constants de fond (ventilation, voiture, etc.).

**-Réduction des bruits transitoires** : amortit les sons brusques (claquement, chute d'objet) pour le confort.

**-Directionnalité adaptative** : Microphones qui se focalisent automatiquement vers la source sonore dominante (ex : interlocuteur).

Mode "naturel" : équilibre ambiance et parole.

Mode "adaptatif" : accentue fortement la direction frontale si nécessaire.

**-Datalogging** : Enregistre les conditions d'écoute quotidiennes (environnements, durée d'utilisation, programmes activés).

Accessible pour les processeurs SONNET 2 et RONDO 3 via le logiciel MAESTRO.

Aide à objectiver l'usage réel et ajuster les réglages ou la rééducation.

### III. Cochlear

Processeurs : Nucleus 7/8, Kanso 2 – EAS disponible avec CP1000 EAS

#### 1) Stratégies

Les implants Cochlear utilisent des stratégies de codage électro-acoustique qui visent à convertir les signaux sonores en stimulations électriques adaptées à la cochlée du patient.

- **ACE (Advanced Combination Encoder)** : Stratégie par défaut utilisée aujourd'hui sur la majorité des patients équipés de processeurs Nucleus (CP1000, CP1110, Kanso 2...).

**-Principe** : Basée sur le codage spectral (comme CIS), avec une sélection des "maxima" : Le signal est filtré en 22 bandes (correspondant aux 22 électrodes).

À chaque cycle de stimulation, seules les 8 à 12 bandes les plus intenses (les "maxima") sont stimulées.

Cela permet de transmettre l'information la plus pertinente tout en limitant les interférences (diaphonie).

**-Avantages** : Très efficace pour la parole, y compris dans le bruit. Rapide (jusqu'à 1800 stimulations par seconde). Réduction de la charge cognitive grâce à la sélection des maxima. Stimulation entrelacée évitant la stimulation simultanée de deux électrodes.

**-Paramètres ajustables** : Nombre de maxima (généralement 8 à 12). Fréquence de stimulation. Largeur d'impulsion (pulse width) selon les niveaux de seuil (T) et de confort (C).

- **MP3000** : Une variante **énergétiquement optimisée** d'ACE, proposée par Cochlear sur certains processeurs.

**-Principe** : Basée sur ACE, mais avec une **pondération dynamique** des maxima :

Les maxima ne sont pas sélectionnés uniquement sur l'intensité, mais selon un **modèle perceptif** inspiré de l'audition naturelle.

Moins de stimulation est envoyée si le système estime que cela **ne modifie pas la perception finale**.

**-But** : **réduire la consommation énergétique** sans perte significative d'intelligibilité.

**-Avantages : Moins énergivore** (améliore l'autonomie du processeur). Comparable à ACE en termes de performance dans des conditions standards.

**-Limitations :** Peu utilisé aujourd'hui car les gains sont marginaux avec les batteries modernes. Non recommandé si la compréhension dans le bruit est une priorité.

- **SPEAK (Spectral PEAK) :** Ancienne stratégie historique, aujourd'hui peu utilisée mais encore présente dans certains logiciels pour cas particuliers.

**-Principe :** Très proche d'ACE dans le concept. Le signal est divisé en 20-22 bandes.

6 à 10 pics spectro-temporels sont sélectionnés à chaque cycle (les "peaks").

Stimulation à basse fréquence de rafraîchissement (entre 200 et 600 Hz).

**-Avantages :** Moins énergivore. Bien toléré par certains patients âgés ou sensibles à une stimulation rapide.

**-Limitations :** Moins performant dans le bruit. Moins de finesse temporelle → moins bon pour la musique ou les sons complexes.

**Remarque :** Stratégie remplacée par ACE sauf cas particuliers (intolérance à ACE par exemple).

## 2) Réglages spécifiques chez Cochlear

Les implants Cochlear utilisent la stratégie ACE comme codage principal, et le réglage repose sur plusieurs paramètres essentiels pour adapter la stimulation électrique aux perceptions auditives du patient.

- **T et C : seuils de stimulation :**

**-T = Threshold** (seuil de perception) : C'est le niveau minimum de courant électrique qu'un patient peut percevoir sur chaque électrode. Il est mesuré individuellement pour chaque électrode.

S'il est mal réglé (trop bas), certains sons faibles ne seront pas perçus → perte d'intelligibilité.

**-C = Comfort** (ou MCL : Most Comfortable Level) : C'est le niveau maximum confortable, celui que le patient peut entendre sans gêne ou douleur.

**Trop élevé :** risque de gêne. **Trop bas :** manque de dynamisme et de clarté.

Ensemble, les valeurs T et C définissent la dynamique électrique (l'équivalent de l'intensité sonore perçue), entre son le plus faible et son le plus fort.

- **Nombre de maxima : généralement entre 8 et 12** : Maxima = nombre de canaux les plus importants (en énergie sonore) sélectionnés à chaque cycle de stimulation. Cochlear utilise jusqu'à 22 électrodes dans la cochlée, mais seulement 8 à 12 maxima sont utilisés à chaque instant.

-Pourquoi : Cela permet de réduire la surcharge neuronale (évite la diaphonie) tout en préservant l'information utile à la compréhension de la parole. C'est le principe clé de la stratégie ACE (Advanced Combination Encoder).

-Ajuster le nombre de maxima permet d'optimiser l'intelligibilité en fonction du patient : **Trop peu** = perte d'informations. **Trop** = surcharge et confusion sonore.

- **Largeur d'impulsion** (pulse width) : paramètre ajustable = **durée du stimulus** électrique envoyé à chaque électrode. Elle est exprimée en microsecondes ( $\mu$ s).

-Utilité : Augmenter la largeur permet d'atteindre le seuil de perception avec moins d'intensité électrique, **utile si les seuils C sont élevés**. Certaines électrodes nécessitent une stimulation plus "longue" pour être efficaces.

Réduire la largeur peut affiner la stimulation et la rendre plus précise, mais demande un meilleur recrutement neuronal.

**C'est un levier important** pour adapter le confort d'écoute, notamment chez les patients **avec des malformations, fibroses** ou sensibilités particulières.

- **Fonctionnalités :**

**-Compatibilité bimodale** : Cochlear optimise la synergie entre implant cochléaire (IC) et appareil auditif du côté opposé (si audition résiduelle).

Grâce à la plateforme technologique Smart Bimodal™ : Synchronisation automatique du volume, des programmes, et du traitement du son entre IC et prothèse (par exemple avec des appareils Resound compatibles).

Perception plus naturelle et équilibrée dans les deux oreilles.

**-Bluetooth intégré** : Processeurs récents comme le **Nucleus 7, Nucleus 8, Kanso 2** ont une connectivité Bluetooth Low Energy : Permet de streamer directement le son du téléphone, de la TV ou d'un ordinateur vers l'implant.

Appels téléphoniques, musique, visioconférences sans accessoire supplémentaire.

Cela améliore la compréhension en situation réelle, et renforce l'autonomie sociale du patient.

**-Application smartphone** (Nucleus Smart App) : Application gratuite disponible sur iOS et Android. Permet d'ajuster le volume, changer de programme. Suivre l'utilisation de l'implant (heures d'écoute, environnement sonore). Localiser le processeur s'il est perdu. Recevoir les notifications de maintenance.

**-Datalogging avancé** : Le système enregistre automatiquement des données d'utilisation : Temps de port quotidien. Environnements sonores rencontrés (calme, bruit, parole, musique). Temps passé en streaming ou en mode directionnel.

Ces données sont accessibles par l'audioprothésiste ou l'ORL via le logiciel Custom Sound. Elles permettent d'ajuster le réglage de façon personnalisée (si le patient porte peu le processeur, si une stratégie n'est pas efficace, etc.).

## IV. Advanced Bionics (AB)

Processeurs : Naída CI M90, Q90, Marvel CI – compatible CROS

### 1) Stratégies :

AB met l'accent sur la **richesse spectrale** et la **haute résolution temporelle** de la stimulation. Les stratégies sont conçues pour offrir un son **détaillé**, en particulier pour la musique et la parole dans les environnements complexes.

- **HiRes (High Resolution)** : c'est la stratégie de base introduite par AB pour améliorer la précision temporelle.

**-Fonctionnement** : Codage **de l'enveloppe du signal** sur 16 à 22 canaux (en fonction de la configuration). Très **haute fréquence de stimulation** (jusqu'à 83 000 impulsions par seconde). **Large bande passante**, jusqu'à 10 000 Hz. Utilise une **stimulation séquentielle rapide** sur chaque électrode.

**-Avantages** : Bonne intelligibilité dans le silence. Meilleure perception des transitions rapides. Grande dynamique sonore.

**-Limites** : Pas de codage fin de la structure spectrale → perception dans le bruit ou de la musique limitée.



- **HiRes Optima** : Une version **optimisée énergétiquement** de HiRes.

**-Fonctionnement** : Même principe que HiRes, **mais avec moins de cycles de stimulation**, sélectionnés intelligemment. **Moins de courant consommé** → permet d'**économiser la batterie** sans perte significative de performance.

**-Avantages** : **Autonomie prolongée**. Performances similaires à HiRes standard pour la parole.

**-Indication** : Patients utilisant peu le streaming. Utilisation en routine quand les ressources sont limitées (enfants, anciens modèles).

- **HiRes Fidelity 120** : Stimulation virtuelle avec 120 points spectraux. C'est la **stratégie la plus avancée d'AB**, conçue pour **enrichir le spectre sonore** avec **plus de finesse dans le codage fréquentiel**.

**-Fonctionnement** : Un implant cochléaire a **16 électrodes physiques** (chez AB).

Grâce à la technique du **current steering** (ou « guidage de courant »), AB peut créer **des électrodes virtuelles** :

>Deux électrodes voisines sont **stimulées simultanément**.

>Le ratio de courant est modulé pour que **le pic de stimulation se situe entre les deux électrodes**.

Cela crée des points de stimulation intermédiaires, jusqu'à 120 positions tonotopiques uniques → d'où le nom Fidelity 120.

**-Avantages** : **Très haute résolution spectrale**. Meilleure perception de la **musique** (hauteurs de sons, timbres). Meilleure performance dans le **bruit complexe**, grâce à un codage plus précis des indices spectraux.

**-Conditions nécessaires** : Le patient doit avoir une **cochlée bien conservée**, avec une **bonne population de neurones**.

Peut-être contre-indiqué si l'on observe une **intolérance à la stimulation large** (ex. : sensations anormales, recrutement facial).

## 2) Réglages spécifiques chez AB

- **T et M : les niveaux de stimulation.** Chez AB, les réglages se font avec deux niveaux clés :

-T = Threshold (seuil de perception). C'est le niveau minimal de stimulation détectable par le patient. Il doit être défini pour chaque électrode individuellement.

-M = Most Comfortable Level. C'est le niveau de stimulation électrique jugé confortable par le patient. Il remplace le "C" (comfort) utilisé dans d'autres marques comme Cochlear.

**Remarque :** Ensemble, T et M définissent la plage dynamique : c'est-à-dire l'intensité sonore que le patient peut percevoir entre le plus faible et le plus fort sans inconfort.

- **Stimulation triphasique :** pour limiter les effets secondaires. La stimulation triphasique est une particularité d'AB. Elle consiste à envoyer une impulsion électrique en trois phases au lieu de deux (biphasique) :

-Phase 1 : positive

-Phase 2 : négative (inverse de la première)

-Phase 3 : compensatrice, de faible amplitude, pour neutraliser les charges résiduelles

**Utilité :** Réduit les risques d'effets secondaires comme les contractures faciales involontaires (recrutement du nerf facial). Améliore le confort chez les patients sensibles ou avec anatomie particulière.

- **Stimulation paramétrable :** AB offre une grande flexibilité de réglage des paramètres de stimulation, notamment :

-Largeur d'impulsion (pulse width) : ajustable pour moduler la perception sans augmenter l'intensité.

-Fréquence de stimulation : variable en fonction du besoin du patient (ralentie en cas de fatigue, accélérée pour perception plus riche).

-Niveau de courant par électrode.

-Possibilité de désactiver certaines électrodes si elles provoquent des effets indésirables.

**Remarque :** Cette personnalisation est très utile dans les cas complexes (malformations cochléaires, restes auditifs partiels, cochlées ossifiées...).

- **Fonctionnalités :**

**-Électrocochléographie (EchoG)** peropératoire : L'implant AB permet d'enregistrer une EchoG pendant la chirurgie, c'est-à-dire une réponse bioélectrique du nerf auditif lors de l'insertion de l'électrode.

Cela permet : De vérifier le bon fonctionnement du nerf auditif. De s'assurer que l'électrode est bien positionnée et que la cochlée n'a pas été traumatisée. De préserver l'audition résiduelle en ajustant la technique chirurgicale en temps réel.

Très utile dans les centres experts pour une implantation atraumatique.

**-Bluetooth universel :** Les derniers processeurs Marvel CI intègrent une connectivité Bluetooth classique (universelle). Cela signifie qu'ils peuvent se connecter : Aux smartphones Android et iPhone directement. Aux ordinateurs, téléviseurs, assistants vocaux sans accessoire intermédiaire.

Streaming direct de musique, appels, vidéos, GPS, etc.

Contrairement à d'autres marques qui utilisent des protocoles propriétaires (ex : Cochlear avec Apple MFi ou Resound), **AB utilise une connectivité universelle**, ce qui le rend plus compatible avec tous les appareils Bluetooth.

**-Couplage bimodal** AB + Phonak. Advanced Bionics appartient au groupe Sonova, qui détient également Phonak. Cela permet une intégration bimodale intelligente entre :

Un implant cochléaire AB (Marvel CI) et un appareil auditif Phonak (par exemple, Audeo P, Naída Link M...).

**Fonctions disponibles :** Streaming simultané bilatéral (IC + prothèse). Réglages synchronisés entre les deux oreilles. Partage de données environnementales pour adapter automatiquement le traitement du son.

Très utile pour les patients en implantation unilatérale, car cela optimise la perception binaurale.

## V. Oticon Medical (Cochlear)

Processeur : Neuro 2, compatible Digisonic SP / Neuro ZTI

### 1) Stratégie :

La **stratégie FineHearing** est utilisée par **Oticon Medical** (aujourd'hui intégré à Cochlear™), dans les implants cochléaires **Neuro ZTI**. Elle se distingue par une approche originale du codage sonore, avec une tentative de **reconstitution de l'audition naturelle**, en particulier pour les sons graves.

- **Objectif** : Reproduire **de manière plus naturelle** la perception auditive en **combinant** :

-Un **codage spectral classique** (enveloppe sonore)

-Avec un **codage temporel fin** (fine structure), **synchronisé à l'entrée sonore**

- **Principe** : FineHearing repose sur deux composantes principales :

-**Codage de l'enveloppe du signal (standard)** :

Comme dans la stratégie CIS ou ACE, le signal acoustique est **décomposé en bandes fréquentielles**.

Pour chaque bande, on extrait l'**enveloppe du signal**, c'est-à-dire son amplitude générale.

Cette enveloppe est utilisée pour **moduler la stimulation électrique** sur les électrodes correspondantes.

Cela permet de transmettre les **informations spectrales globales** (utile pour la parole).

-**Codage de la fine structure (fine temporal structure)** :

Pour les **fréquences graves (en particulier < 1 000 Hz)**, FineHearing **synchronise les impulsions électriques** avec le **signal sonore d'origine**, en suivant précisément ses **variations temporelles** (phase-locking).

Cela permet de transmettre : Le **rythme fin** de la voix, la **hauteur musicale**, les **modulations naturelles** des sons.

Cette stimulation est dite “**synchronisée avec l’entrée acoustique**”, contrairement aux systèmes classiques qui sont asynchrones.

- **Avantages :**

- Meilleure perception des **sons graves** grâce au codage temporel précis dans les basses fréquences.
- Intelligibilité **améliorée en environnement calme** grâce à une restitution naturelle de la prosodie, des intonations.
- Meilleure appréciation de la **musique** grâce à une restitution des timbres, des notes et du rythme.
- Moins de fatigue auditive grâce à une perception plus fluide et moins “robotique”.

- **Limitations :**

- Ne fonctionne **que si les neurones auditifs périphériques** sont suffisamment préservés, notamment dans l’apex cochléaire.
- Moins documenté en comparaison des stratégies ACE ou HiRes.
- Oticon Medical étant en transition vers Cochlear, la stratégie FineHearing **pourrait être amenée à disparaître** à terme.

## 2) Réglages :

- **Logiciel de réglage : DigiMap**

C’était le logiciel propriétaire utilisé pour :

- Définir les **niveaux de seuil (THR)** et de **confort (MCL)** sur chaque électrode.
- Régler les **paramètres de stimulation** (intensité, fréquence, largeur d’impulsion).

DigiMap est aujourd’hui **obsolète** (plus développé ni mis à jour), depuis l’intégration chez Cochlear.

- **Principes de réglage :**
  - **THR (threshold)** : Seuil minimal de perception pour chaque électrode.
  - **MCL (most comfortable level)** : Niveau confortable sans gêne, ajusté individuellement par canal.
  - **Durée d'impulsion** : Paramétrable dans DigiMap, selon la tolérance et le niveau de recrutement.
  - **Codage** : Basé sur la stratégie **FineHearing**, codage temporel dans les basses fréquences.
  - **Nombre de canaux** : Jusqu'à 20 électrodes (contacts), tous activables ou non.
  - **Pas de stimulation parallèle** : La stratégie reste **séquentielle**, sans current steering
- **Particularités :**
  - Pas de **datalogging** avancé (contrairement à Cochlear et AB).
  - Pas de **Bluetooth intégré**.
  - Réglages très **manuels** : chaque canal devait être vérifié un par un.
  - Les réglages étaient souvent **plus longs** à effectuer, mais assez **stables dans le temps**.
  - Absence d'**adaptation automatique à l'environnement sonore** (ex. : pas d'algorithmes type SCAN ou ASM).
- **Transition vers Cochlear** : Il n'y a **pas encore de nouveau logiciel officiellement disponible** pour faire le réglage des implants Neuro ZTI avec les outils Cochlear. Le développement d'un **pont logiciel** ou d'un **processeur rétrocompatible** est en cours.

Point	Situation actuelle Oticon (2024)
EAS (stimulation électroacoustique)	✗ Non disponible
Compatibilité avec processeurs Cochlear	🔄 En cours de développement
Suivi des patients Neuro ZTI	✓ Assuré par Cochlear
Nouveaux patients implantés Oticon	✗ Plus d'implantation prévue
Stratégie FineHearing	✓ Toujours active (Neuro 2)

## VI. Types d'électrodes des implants cochléaires

- **Objectifs communs :**

- Stimulation tonotopique précise
- Insertion atraumatique
- Adaptation à l'anatomie
- Minimiser les risques de trauma

- **MED-EL :**

- FLEX Series : FLEX20 à FLEXSOFT (31 mm)
- Technologie FLEX Tip, câblage ondulé
- Indications : hypoplasie → 12 mm, préservation : FLEX28 ou FLEXSOFT
- Position : scala tympani (latéral), OTOPLAN pour plan préop.

- **Cochlear :**

- CI612, CI622, CI632 (pérmodiolaire, rechargeable, Slim Modiolar)
- 22 contacts sur la rampe
- CI632 : en cas de risque facial
- CI24RE : malformations

- **Advanced Bionics (AB) :**

- Slim J (droite, 23 mm), MidScala (pérmodiolaire, stylet, 16 contacts)
- Stimulation HiFocus
- Monitoring : EchoG, NRI, ESRT

- **Oticon :**

- ZTI EVO : droite, 20 contacts, 20 mm
- En transition vers Cochlear

## VII. Comparaison des fabricants

### 1) Comparaison des fonctionnalités principales :

Caractéristiques	MED-EL	Cochlear	AB	Oticon
Codage temporel fin	FS4p	ACE	HiRes 120	FineHearing
Bluetooth intégré	Oui (Sonnet 2)	Oui (Nucleus)	Oui (Marvel)	Non
EAS disponible	Oui	Oui	Oui	Non
Réglage anatomique	Oui	Partiel	Non	Non
Monitoring peropératoire	Non	Oui	Oui	Non
Directionnalité adaptative	ASM 3.0	SCAN	SoundWave	-
Datalogging complet	Sonnet 2	Nucleus	Target	-

### 2) Comparaison des stratégies de réglages :

Stratégie	HD-CIS	FS4	FS4p	ACE	MP3000	SPEAK	HiRes	HiRes Optima	HiRes Fidelity 120	FineHearing
Fabricant	MED-EL	MED-EL	MED-EL	Cochlear	Cochlear	Cochlear	Advanced Bionics	Advanced Bionics	Advanced Bionics	Oticon Medical
Codage fine structure	Non	Oui (4 canaux apicaux)	Oui + stimulation parallèle	Non	Non	Non	Non	Non	Oui (current steering)	Oui (sons graves synchronisés)
Nb de canaux / maxima	Tous	4/12	4/12	8-12 maxima	Variable	6-10	16	16 (optimisé)	Jusqu'à 120 (virtuels)	20
Type de stimulation	Séquentiel, constante	Séquentielle + phase-lock	Parallèle optimisée	Séquentielle + sélection maxima	ACE avec sélection perceptuelle optimisée	Séquentielle lente	Séquentielle rapide	Séquentielle allégée	Stimulation virtuelle interpolée	Synchronisée à l'entrée sonore
Vitesse de stimulation	Haute	Modérée	Modérée à rapide	Très rapide (jusqu'à 1800 Hz)	Rapide	Lente (200-600 Hz)	Très rapide (jusqu'à 83 000 pps)	Rapide, optimisée	Très rapide	Modérée
Avantages principaux	Simplicité, bonne compréhension en silence	Perception des sons graves, musique	- de distortion, + performance dans le bruit	Très bon dans le bruit, stratégie standard	Moins énergivore, efficace en usage quotidien	Bonne tolérance, basse consommation	Haute résolution temporelle, bonne intelligibilité	Autonomie prolongée, performances proches de HiRes	Perception enrichie, utile pour musique et bruit complexe	Perception naturelle, bonne prosodie, utile en musique



### 3) Comparaison des électrodes :

Marque	Type principal	Forme	Longueur (mm)	Position	Indications clés
MED-EL	FLEX Series	Latéral	20-31	Scala tympani	Audition résiduelle, cochlée longue
Cochlear	CI622/CI632	Droite / périmodiolaire	20-25	ST / modiolus	Stimulation faciale, ossification
Advanced Bionics	Slim J / MidScala	Droite / midscala	15-23	ST / midscala	Insertion assistée, cochlée étroite
Oticon	ZTI EVO	Droite	~20	Scala tympani	Usage restreint, transition Cochlear

## VIII. Points clés à retenir

Chaque marque a sa philosophie :

- Medel : respect cochléaire, codage temporel
- Cochlear : efficacité vocale, outils complets
- AB : richesse spectrale
- Oticon : simplicité

Le choix dépend de l'anatomie, du profil auditif, de la bimodalité et des attentes technologiques.